

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРЫ И МЕРЫ ЭМИССИИ В АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ 11429 ПО ДАННЫМ AIA/SDO

Е.В. Милютина

ANALYSIS OF TEMPERATURE AND EMISSION MEASURE IN THE ACTIVE REGION 11429 FROM AIA/SDO DATA

E.V. Milyutina

Целью данной работы является исследование изменений, происходящих в активных областях на Солнце до, во время и после вспышек с помощью пространственного распределения таких параметров плазмы, как мера эмиссии и электронная температура. Была исследована вспышка 8 марта 2012 г. в активной области 11429 с максимумом около 08:40 UT. Мы использовали наблюдения в вакуумном ультрафиолете (ВУФ), полученные с использованием инструмента AIA/SDO в линиях 94, 131, 171, 193, 211, 335 Å. Для определения электронной температуры и меры эмиссии метод [Aschwanden et al., 2011] был протестирован и применен к данной вспышке. Обнаружено, что петля, соединяющая ядра будущей вспышки, имела повышенную температуру по сравнению с окружающей активной областью во время предвспышечной фазы. Обсуждаются достоинства и недостатки данного метода для исследования динамики развития солнечных вспышек.

The purpose is to study evolution of the solar active region with the help of the spatial distribution of plasma parameters (the emission measure and the electron temperature) before, during and after solar flares. The solar flare under study was occurred on 8 March 2012 in active region 11429, and the maximum was about 08:40 UT. We used EUV observations in 94, 131, 171, 193, 211, 335 Å lines obtained by AIA/SDO. The technique for calculating the electron temperature and emission measure suggested in [Aschwanden et al, 2011] was tested and it was applied to observations of the flare. During the pre-flare phase, we revealed the higher temperature of the loop connecting kernels of a future flare. The advantages and disadvantages of the current technique for studying the flare evolution are discussed.

Введение

Температура и мера эмиссии являются важными параметрами, характеризующими состояние плазмы солнечной атмосферы. Основным источником этой информации является наблюдение в термочувствительных спектральных линиях в вакуумном ультрафиолете (ВУФ) [Aschwanden et al., 2011; Шестов и др., 2010] или в области мягкого рентгена [Кера et al., 2006]. Пространственное распределение плотности плазмы в зависимости от температуры необходимо для создания численных самосогласованных моделей, устанавливающих ясную и однозначную связь между такими параметрами, как плотность, температура и магнитное поле. Численные модели необходимы для интерпретации наблюдений как активных областей, так и динамических процессов, таких как солнечные вспышки. Согласно современным представлениям о структуре солнечной атмосферы, температура и мера эмиссии в отличие от величины магнитного поля не поддаются методам экстраполяции. С началом регулярных наблюдений инструмента Atmospheric Imaging Assembly (AIA), на борту космической обсерватории SDO (Solar Dynamics Observatory) появилась возможность получать пространственное распределение температуры и меры эмиссии с высоким временным и пространственным разрешением.

В данной работе мы провели исследование изменений, происходящих в активных областях на Солнце до, во время и после вспышек с помощью пространственного распределения таких параметров плазмы, как мера эмиссии и электронная температура.

Метод определения параметров и полученные результаты

Для определения электронной температуры и меры эмиссии был использован метод, предложенный

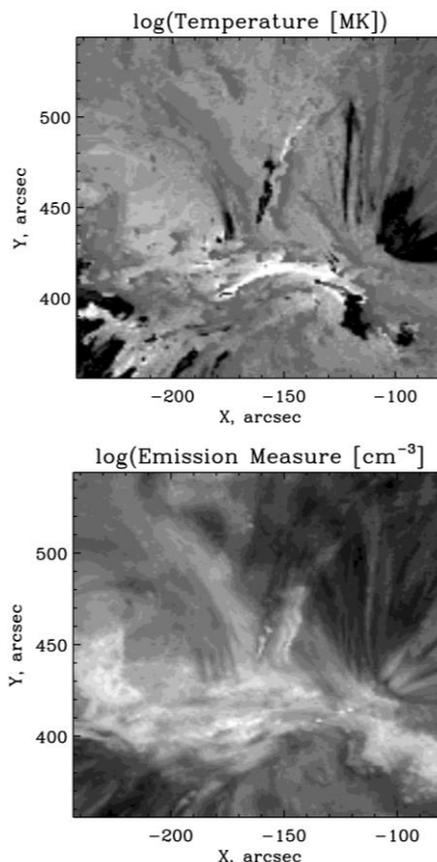


Рис. 1. Карты температуры и меры эмиссии во время предвспышечной фазы (08:33 UT).

в [Aschwanden et al., 2011]. Он использует наблюдения в ВУФ, полученные с инструмента AIA/SDO в полосах вблизи линий 94, 131, 171, 193, 211, 335 Å. Известно, что каждая из этих ВУФ-линий формируется в основном ионами, имеющими определенную температуру. Поэтому максимум распределения излучения в этих

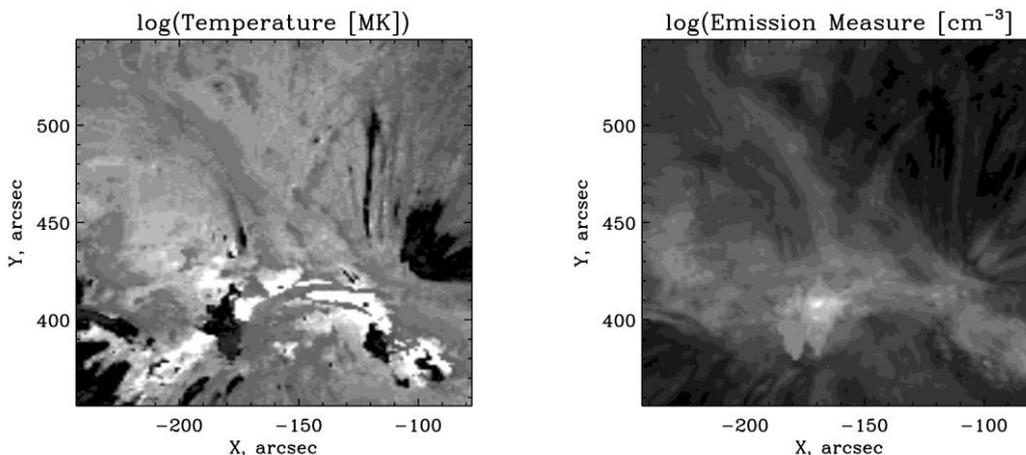


Рис. 2. Карты температуры и меры эмиссии во время пика вспышки (08:41 UT).

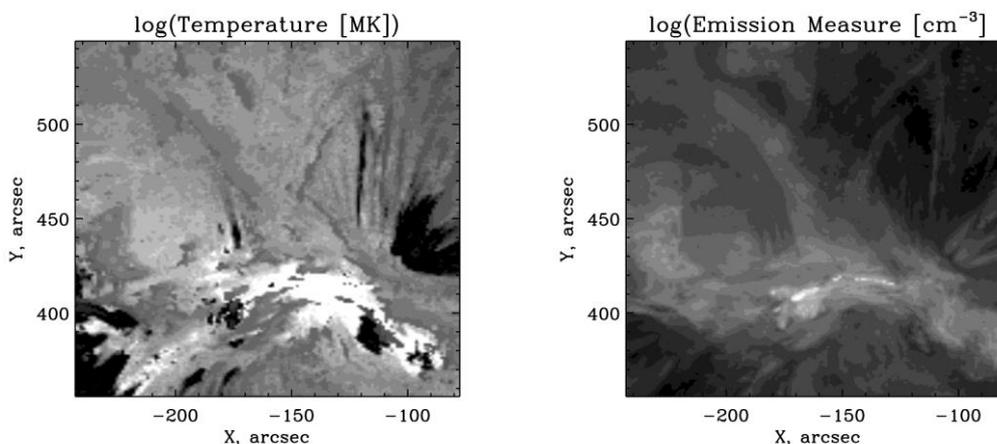


Рис. 3. То же после вспышки (08:46 UT).

линиях соответствует плазме определенной температуры. Таким образом, зная интенсивность в нескольких ВУФ-полосах для каждого элемента изображения (в нашем случае пиксель) и предполагая, что функция распределения концентрации плазмы в зависимости от температуры имеет форму функции Гаусса, мы можем определить электронную температуру, при которой в данной области излучает максимальное число частиц [Aschwanden et al., 2011]. Для полученной температуры мы можем определить объемную меру эмиссии – произведение квадрата среднего числа электронов в единице объема на объем излучающей среды.

Используемый нами алгоритм реализован в виде программного обеспечения на интерактивном языке IDL. В ходе работы была написана дополнительная процедура, которая позволяет использовать программное обеспечение, созданное авторами метода. Мы протестировали работу метода на примере события 15 февраля 2011 г. (00:00 UT). Результаты тестирования полностью совпали с результатами, представленными в статье [Aschwanden et al., 2011].

В качестве объекта исследования была выбрана вспышка 8 марта 2012 г. в активной области 11429 с максимумом около 08:40 UT. Особенностью данного события была регистрация субсекундных колебаний в микроволновом диапазоне на значительном рас-

стоянии от основного ядра вспышки [Zhdanov et al., 2013].

Заключение

К достоинствам использованного метода можно отнести быстроту расчетов и возможность вычисления пространственного распределения меры эмиссии и температуры. Однако метод имеет несколько недостатков. Используемые функции Гаусса для описания дифференциальной меры эмиссии не соответствуют реальной картине [Шестов и др., 2010], что вносит ошибку в определение параметров. Кроме того, из-за того, что используются изображения, полученные в разные моменты времени (от 0 до 11 с), несмотря на совмещение изображений, могут наблюдаться артефакты, но это может быть также и плюсом при выявлении динамики быстрых процессов.

При исследовании активной области 11429 до, во время и после вспышки было обнаружено следующее.

Петля, соединяющая ядра будущей вспышки, имела повышенную температуру по сравнению с окружающей активной областью во время предвспышечной фазы.

Изменения температуры и меры эмиссии в петле указывают на связь основного источника вспышки и места, где наблюдались субсекундные колебания.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (государственное соглашение № 8407).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Шестов Ф., Кузин С.В., Урнов А.М. и др. Диагностика температуры солнечной плазмы во вспышках и активных областях по линиям спектрального диапазона 280–330 Å в эксперименте СПИРИТ/КОРОНАС // Письма в АЖ. 2010. Т. 36, № 1. С. 46–60.

Aschwanden M.J., Boerner P., Schrijver C.J., Malanushenko A. Automated temperature and emission measure analysis of coronal loops and active regions observed with AIA/SDO // Solar Phys. 2011. V. 283, iss. 1. P. 5–30.

Кера А., Sylwester J., Sylwester B., et al. Determination of differential emission measure from X-ray solar spectra registered by RESIK aboard CORONAS-F // Solar System Res. 2006. Т. 40, N 4. P. 294–301.

Zhdanov D.A., Kashapova L.K., Altyntsev A.T., et al. Microwave quasi-periodic radio pulsations in the 2012 March 08 Solar Flare. // Central European Astrophys. Bull. 2013. V. 37. P. 563–572.

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия