ПРЕДВСПЫШЕЧНАЯ ДИНАМИКА МИКРОВОЛНОВОГО И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ СОЛНЦА

Бакунина И.А.¹, Мельников В.Ф.², Моргачев А.С.³

¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Нижний Новгород, Россия

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

³Нижегородский государственный университет, Нижний Новгород, Россия

PREFLARE DYNAMICS OF MICROWAVE AND ULTRAVIOLET RADIATION IN ACTIVE REGIONS OF THE SUN

Bakunina I.A.¹, Melnikov V.F.², Morgachev A.S.³

¹National Research University Higher School of Economics, Nizhny Novgorod, Russia

²Pulkovo Observatory of RAS, St.-Petersburg, Russia

³Lobachevsky State University, Nizhniy Novgorod, Russia

Spatial dynamics of microwave radiation of active regions before big flares, as well as the fine structure of active sources of ultraviolet (EUV) radiation are studied. The non-stationarity of the spatial distribution of radio brightness in certain areas of five active regions has been established. It is shown that the spatial dynamics of microwave sources correlates well with the position and appearance of bright EUV loops seen in the “hot” lines 94A and 131A. From a joint analysis of EUV and microwave maps, it is revealed that 1) the emergence of non-stationary microwave sources occurs simultaneously with the ignition of a system of intersecting EUV loops (X-structures); 2) a big flare occurs after a few hours at the site of the ignition of intersecting UV loops.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-31-34

Сравнительный анализ пространственной динамики микроволнового и ультрафиолетового излучения исследован нами на примере активной области NOAA 12673 в работе [1], где была обнаружена сильная нестационарность пространственного и временного распределения радиояркости в течение нескольких часов перед вспышкой класса M1.2 (05:36) 4 сентября 2017 г. Это, вероятнее всего, было обусловлено быстрым всплытием магнитного потока, описанного в [2]. Нами было показано, что перестройка пространственной структуры радиоизлучения происходила в месте возникновения вспышки, где также было обнаружено возгорание системы перекрещивающихся петель в крайнем ультрафиолетовом (КУФ) излучении, в «горячих» линиях 94А и 131А, которое отражает наличие высокотемпературной плазмы ($T = 6$ млн К и $T = 20$ млн К) и свидетельствует о продолжительных (несколько часов) процессах энерговыделения, происходящих в активной области задолго до мощной вспышки [1].

Целью данной работы является проверка обнаруженных предвспышечных проявлений в микроволновом и ультрафиолетовом диапазоне для других вспышечно-активных областей.

Анализ наблюдений

В данной работе на основе наблюдений на Радиогелиографе Нобеяма (NoRH) (17 ГГц) и AIA/SDO (94A и 131A) выполнен анализ четырех новых активных областей (NOAA) в дни, когда рентгеновские вспышки класса М происходили спустя несколько часов после начала наблюдений на NoRH: NOAA 11261 (02.08.2011), 11302 (25.09.2011), 12192 (22.10.2014), 12242 (17.12.2014) Все эти активные области в данные дни наблюдений имели сложную бета-гамма-дельта конфигурацию магнитного поля.

Исследование выполнено на основе радиокарт Солнца, полученных на радиогелиографе Нобеяма на частоте 17 ГГц с двумерным пространственным разрешением 10"–15", с временным интервалом между изображениями 1 минута и временем усреднения 10 сек, а также на основе данных наблюдений AIA/SDO в КУФ диапазоне 94A и 131A с пространственным разрешением ~1.5".

Активная область NOAA 11261 появилась на диске Солнца с уже развитой сложной магнитной структурой, произвела 27 вспышек рентгеновского класса С и 4 вспышки класса М. Нас интересовала пространственная динамика излучения в интервале несколько часов перед вспышкой класса М1.4 (05:19) 2 августа 2011 г.

Рис. 1.

В месте расположения поперечной КУФ петли, которая видна сразу с момента начала наблюдений на NoRH, начинается вспышка М1.4. (см. рис. 1, где интенсивность радиоизлучения (контуры) наложена на карту УФ 94A). Как показал анализ, временные профили радиоизлучения, особенно в месте расположения пересекающихся УФ-петель, демонстрируют сильную нестационарность.

В активной области NOAA 11302 (25.09.2011) пересекающиеся КУФ петли также появляются именно там, где позднее инициируется вспышка

М4.4 (02:27). На рис. 2 показаны изображения этих пересекающихся петель (Х-структуры) в северо-восточной части активной области (стрелка на магнитограмме). Контуры показывают распределение круговой поляризации (параметр Стокса V) на 17 ГГц. Новый поперечный источник в ультрафиолете появляется за ~2 часа до вспышки М4.4. Данная область демонстрирует так же, как и в случаях NOAA 11261 (02.08.2011) и NOAA12673 (04.09.2017), сильную нестационарность во времени микроволнового излучения до начала вспышки.

Рис. 2.

В самом начале наблюдений **активной области NOAA 12192** (22.10.2014) уже видны системы пересекающихся КУФ петель (рис. 3: наложение круговой поляризации (параметр Стокса V), 17 ГГц, на AIA/SDO 131 Å). Именно здесь происходят две вспышки: М 8.7 (01:16) и М 2.7 (05:11).

Рис. 3.

Аналогично, в активной области NOAA 12242 до вспышки M8.7 (04:25) наблюдаются X-структуры в КУФ излучении. Это видно на Рис.4, где ситуация до вспышки показана на верхней панели (наложение контуров интенсивности радиоизлучения на 17 ГГц на КУФ изображение системы ярких петель в линии 131А), а ситуация на фазе окончания вспышки показана на нижней панели (наложение контуров круговой поляризации на 17 ГГц на КУФ изображение в линии 131А).

Рис. 4.

Таким образом, исследовав пространственную динамику микроволнового (17 ГГц) и КУФ (94 и 131 А) излучения пяти активных областей перед вспышками класса М, мы можем полагать, что появление горячих скрещивающихся КУФ петель за несколько часов до вспышки, за которым иногда следует пространственная перестройка радиоисточника (АО 12673, [1]), может служить предвестником предстоящей вспышки.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ №№ 18-02-00856, 17-52-80064 и Программы фундаментальных исследований РАН 12 "Вопросы происхождения и эволюции Вселенной".

Литература

1. Мельников В.Ф., Бакунина И.А., Моргачев А.С. и др. // Труды XXI Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца: "Солнечная и солнечно-земная физика – 2018". СПб, 2018, сс. 275-278.
2. Verma M. // Astronomy & Astrophysics, 2018, V. 612, A101.