Секция А. Астрофизика и физика Солнца. БШФФ-2024. С. 71–73.

УДК 537.86 DOI: 10.62955/0135-3748-2024-71

ЛИМБОВАЯ ВСПЫШКА С ПРЕРВАННОЙ ЭРУПЦИЕЙ

С.А. Полухина[1], Л.К. Кашапова[2]

[1]Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург, Россия,
s.a.polukhina.astro@gmail.com
[2]Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук,
Иркутск, Россия

LIMB FLARE WITH FAILED ERUPTION

S.A. Polukhina[1], L.K. Kashapova[2]

1Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia,
s.a.polukhina.astro@gmail.com
2Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Аннотация. Мы исследуем лимбовую вспышку класса M7.2 по GOES с прерванной эрупцией, произошедшую 12 июля 2023 года. Событие наблюдалось широким набором инструментов с пространственным разрешением в радио, ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах, что позволило проанализировать развитие топологии вспышки. SOL2023-07-12 T08:51:45UT отнесена к типу круговой вспышки, у которой не может быть полномасштабной эрупции.

Ключевые слова: солнечная вспышка, прерванная эрупция.

Abstract. We analyzed a limb flare of class M7.2 according to GOES with a failed eruption that occurred on July 12, 2023. The event was observed with a wide range of instruments with spatial resolution in radio, ultraviolet, and X-ray spectral ranges, allowing for the analysis of the flare's topology development. The SOL2023-07-12T08:51:45UT event is classified as a circular flare, which cannot produce a full-scale eruption.

Keywords: solar flare, failed eruption.

ВВЕДЕНИЕ

Солнечная активность, в частности солнечные вспышки, определяется развитием и структурой магнитного поля. В процессе развития вспышки происходит разогрев плазмы, что может привести к резкому росту газового давления, приводящего к выбросу плазмы — к эрупции. Если процесс был достаточно мощным, то в результате эрупции сгусток плазмы улетает в космическое межпланетное пространство, и мы наблюдаем корональный выброс массы. Но так бывает не всегда. Бывает частичная эрупция, в процессе которой улетает лишь часть вещества, а, например, протуберанец остается существовать. В некоторых случаях наблюдаемое движение вещества внезапно останавливается. Наиболее вероятные причины: 1) произошло торможение движения сгустка плазмы магнитным полем; 2) наблюдаемое движение являлось видимым эффектом, связанным с другим процессом, например постепенным нагревом или волновым процессом. Комбинация наблюдений в разных спектральных диапазонах позволяет понять физические причины «прерванной эрупции». В работе мы исследуем лимбовую вспышку класса M7.2 с прерванной эрупцией, произошедшую 12 июля 2023 г. в 8:51:45 по всемирному времени.

НАБЛЮДЕНИЯ И АНАЛИЗ

Событие SOL2023-07-12 T08:51:45UT наблюдалось широким набором инструментов с пространственным разрешением в радио, микроволновом и рентгеновском диапазонах, что позволило всесторонне проанализировать развитие топологии вспышки. Согласно наблюдениям в крайнем ультрафиолете (КУФ), эта вспышка имела признаки события с прерванной эрупцией: процесс остановки движения плазмы хорошо виден в ультрафиолетовом диапазоне по данным аппаратов SDO/AIA (131Å, 171Å).

В радиодиапазоне событие одновременно наблюдалось Сибирским радиогелиографом (СРГ) в диапазоне частот 3–24 ГГц и радиогелиографом Nançay (NRH) в дециметровом диапазоне. Характер излучения в дециметровом диапазоне позволяет оценить излучение верхней части короны и является хорошим индикатором возникновения и движения корональных выбросов. Микроволновый диапазон также позволяет проследить за выбросами плазмы. Таким образом, комбинация этих двух диапазонов позволит выявить, было ли движение плазмы и на какой высоте оно прекратилось.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Временной профиль вспышки SOL2023-07-12 T08:51:45UT имеет три пика в микроволновом диапазоне (рис. 1). Спектр для первого пика (08:51:45UT) гиросинхротронный, максимальная частота ~10.2 ГГц. На спектрах для третьего пика (08:81:02 UT) наблюдается интересная деталь: увеличение потока к низким частотам (рис. 2). Это могут быть плазменные колебания или еще один гиросинхротронный источник с более слабым магнитным полем.

Радиокарты для этого момента показывают появление нового сильного источника в центре петли и наличие источника со слабым магнитным полем у основания петли (рис. 3). Возможно, перерванная эрупция была связана с движением нагретой плазмы по этой высокой петле. Мы также наблюдаем два микроволновых источника с излучение на частотах выше 10.6 ГГц. Один из них расположен в ногах петли и связан с мощными магнитными

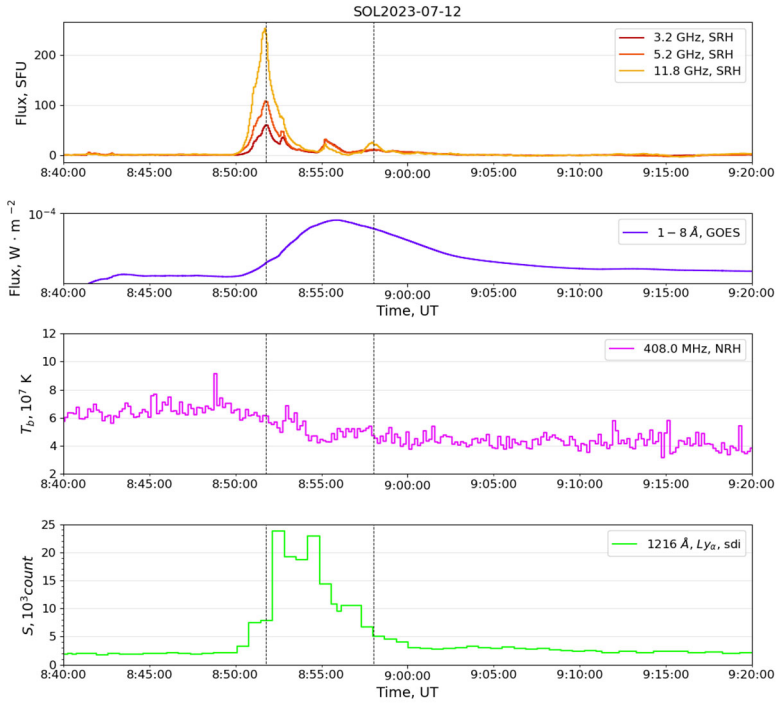

Рис. 1. Временные профили события SOL2023-07-12 T08:51:45UT. Первый и третий пик по данным Сибирского Радиогелиографа (SRH) отмечены штриховыми линиями

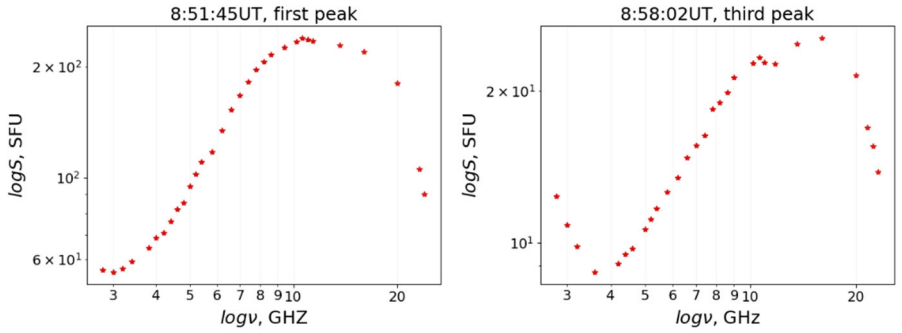

Рис. 2. Спектры события SOL2023-07-12T8:51:45UT по данным Сибирского радиогелиографа для первого и третьего пика. Данные решетки 12–24 ГГц сильно зашумлены

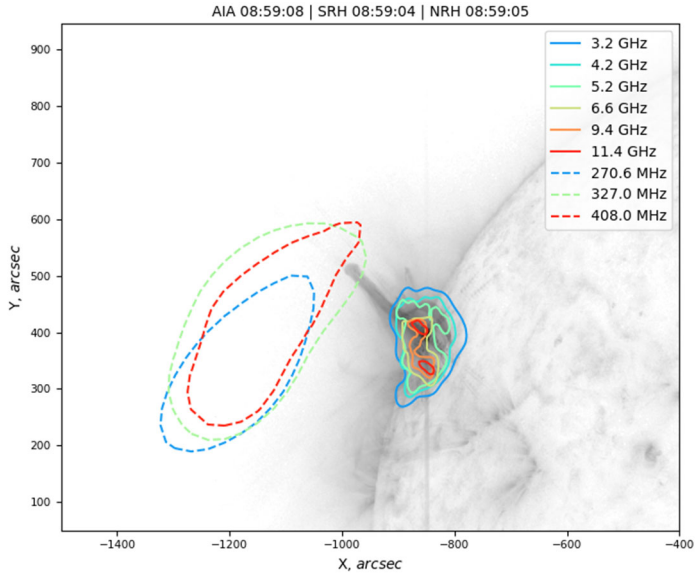

Рис. 3. Контуры радиокарт радиогелиографа Nançay (NRH) в дециметровом диапазоне (пунктиром) и Сибирского Радиогелиографа (SRH) (сплошные линии), наложенные на изображение в ультрафиолете (SDO/AIA) на момент времени после третьего пика по данным СРГ

полями. Наиболее вероятно это пятенный источник. Еще один такой источник расположен в центре «купола» и может указывать на место первичного энерговыделения ускоренных электронов. Одно из оснований вспышечной петли излучает на частотах до 5 ГГц. Этот источник находится в области, где отсутствуют сильные магнитные поля. Именно он может формировать ту низкочастотную часть спектра, которую мы видим на рис. 2 для третьего пика.

Проанализировав набор данных, мы обнаружили, что изучаемое событие имело конфигурацию круговой вспышки, магнитная морфология которой не допускает эрупции, за исключением джетов. Обсуждается возможная геоэффективность вспышки такого типа. Данные выводы являются предварительными и нуждаются в дальнейшей проверке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Filippov B.P. Failed Eruptions of Solar Filaments // Astron. Rep. 2020. V. 64. P. 272–279.

Mrozek T., Kołomański S., Gronkiewicz M. Catalog of Solar Failed Eruptions and Other Dynamic Features Registered by SDO/AIA // Astrophys. J. Suppl. Ser. 2020. V. 249, N 2. P. 21.

Altyntsev A., Lesovoi S., Globa M. et al. Multiwave Siberian Radioheliograph // Solar-Terr. Phys. 2020. V. 6, N 2. P. 30–40.

Dulk G. A. Radio Emission from the Sun and Stars // Ann. Rev. Astron. Astrophys. 1985. V. 23. P. 169–224.

Globa M., Lesovoi S. Calibration of Siberian Radioheliograph antenna gains using redundancy // Solar-Terr. Phys. 2021. V. 7, N 4. P. 98–103.

Wang H., Liu Ch. Circular Ribbon Flares and Homologous Jets // Astrophys. J. 2012. V. 760, N 2. P. 101.