

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ МИКРОВОЛНОВЫМ
И МЕТРОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ВСПЛЕСКА НА ФАЗЕ СПАДА
КРУГОВОЙ ВСПЫШКИ 22 МАЯ 2021 ПО ДАННЫМ СИБИРСКОГО
РАДИОГЕЛИОГРАФА И ИРКУТСКОГО РАДАРА
НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

**Мотык И.Д., Сетов А.Г., Шамсутдинова Ю.Н.,
Жданов Д.А., Кашапова Л.К.**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

**STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MICROWAVE AND
METER EMISSION OF THE BURST AT THE DECAY PHASE OF THE
CIRCULAR RIBBON FLARE ON MAY 22, 2021, ACCORDING TO THE
DATA OF THE SIBERIAN RADIOHELIOGRAPH AND THE IRKUTSK
RADAR OF INCOHERENT SCATTER**

**Motykh I.D., Setov A.G., Shamsutdinova Yu.N.,
Zhdanov D.A., Kashapova L.K.**

ISTP SB RAS, Irkutsk, Russia

We present the results of a short-time event occurred during the decay phase of circular ribbon flare on 22 May 2021 with maximum at 06:15:15 UT. The Irkutsk incoherent scatter radar detected the powerful but sharp burst at 161 MHz during the period 06:16:45-06:17:00 UT. The dynamic spectra e-Callisto confirmed its solar nature and identify it as the radio burst type III. We found a tiny response on the correlation plot of the Siberian Radioheliograph at 5.6 GHz, which temporally coincided the meter burst. Comparison of the temporal profiles at 161 MHz and at 5.6 GHz obtained from the imaging photometry confirmed the close relationship between the phenomena in two spectral ranges. The images at 5.6 GHz revealed that both the circular ribbon flare and the studied event took place in the same active region, but the event position was not coincided to the flare one. However, the microwave source of meter burst associated with the eruptive event (jet) seen in 171 Å image by SDO/AIA. Circular ribbon flares are often followed by various eruptive events, and this fact suggests a possible explanation of temporal coinciding between the flare and the burst. The flare could be the trigger of the energy release resulted in the bursts simultaneously detected in meter radio range and microwaves.

DOI: 10.31725/0552-5829-2022-213-216

Согласно стандартной модели вспышки ускоренные электроны, распространяясь от места первичного энерговыделения, могут стать источниками радиоизлучения как в метровом и дециметровом, так и в микроволновом диапазонах. Несмотря на различные механизмы излучения в метровом и микроволновом диапазонах, должна существовать взаимосвязь между двумя этими видами излучения. Особый интерес представляют короткоживущие и в тоже время мощные события. В данной работе мы пред-

ставляем результаты исследования связи между микроволновым и метровым излучением наблюдавшегося во время вспышки 22 мая 2021 года. Событие произошло во время фазы спада круговой вспышки класса C6.0 по GOES классификации с максимумом в 06:15:15 UT в активной области NOAA 12824. В отличие от «классической» двухленточной вспышки, круговая вспышка имеет сложную магнитную конфигурацию, представляющую собой куполообразную структуру, из вершины которой выходят магнитные линии. Эти магнитные линии формируют магнитную трубку, которая может соединять «купол» с удаленным источником или быть условно открытой. Такая топология вспышек часто приводит к инициированию периодических эруптивных событий [1]. Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР) [2] в период времени с 06:16:45 по 06:17:00 UT зарегистрировал всплеск на частоте 161 МГц. Согласно с наблюдениями спектрографа сети e-Callisto [3] в спектральном диапазоне 160-164 МГц в тот же период времени подтвердило солнечное происхождение зарегистрированного явления. Анализ корреляционной кривой на частоте 5.6 ГГц Сибирского радиогелиографа (СРГ) [4] показал наличие отклика в микроволновом диапазоне во время этого события.

Целью данной работы является локализация источника в микроволновом диапазоне, связанного со всплеском на 161 МГц и анализ его связи с солнечной вспышкой.

Для локализации данного всплеска были построены радиоизображения по данным СРГ на частоте 5.6 ГГц. Положение микроволнового источника круговой вспышки было сопоставлено с изображениями активной области в ультрафиолете (171, 304 и 1600 Å, AIA/SDO [5]) и магнитограммой (HMI/SDO [6]) (рис. 1, штриховой контур).

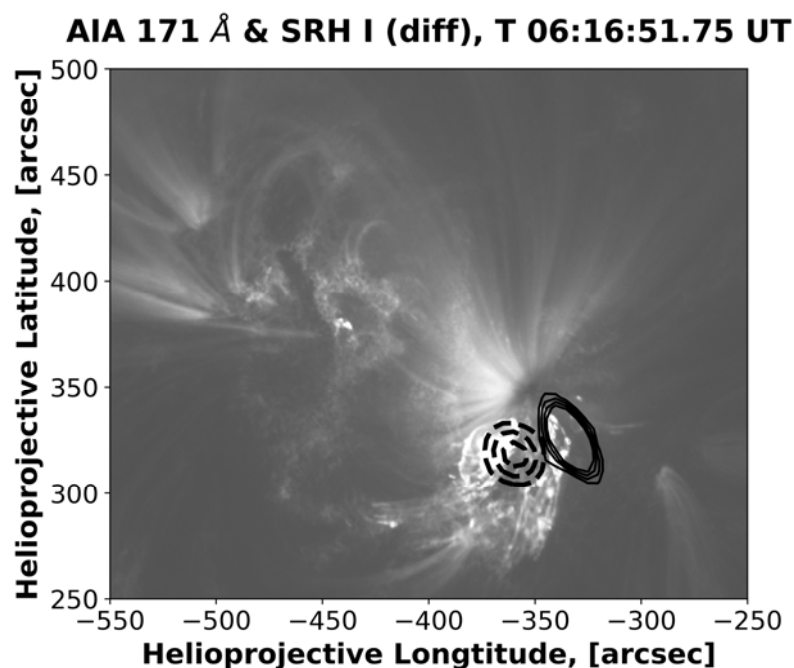


Рис. 1. Место расположения круговой вспышки (пунктирные линии) и радиовсплеска (сплошные линии). Контур наложен на изображение в ультрафиолете 171 Å, AIA/SDO.

Показано, что микроволновый источник совпадает с положением круговой вспышки. Чтобы выявить источник всплеска на фазе спада круговой вспышки, были построены разностные радиоизображения. Это позволило выявить положение нового микроволнового источника, существовавшего 06:16:45–06:17:00 UT. На рис. 1 представлены месторасположения вспышки и всплеска. Дальнейший анализ построенных радиоизображений показал, что вспышка и всплеск находятся в одной активной области, но пространственно не связаны. Поток, построенный для выделенного источника всплеска в микроволнах, согласуется с временными профилями в метровом диапазоне по данным других инструментов (рис. 2).

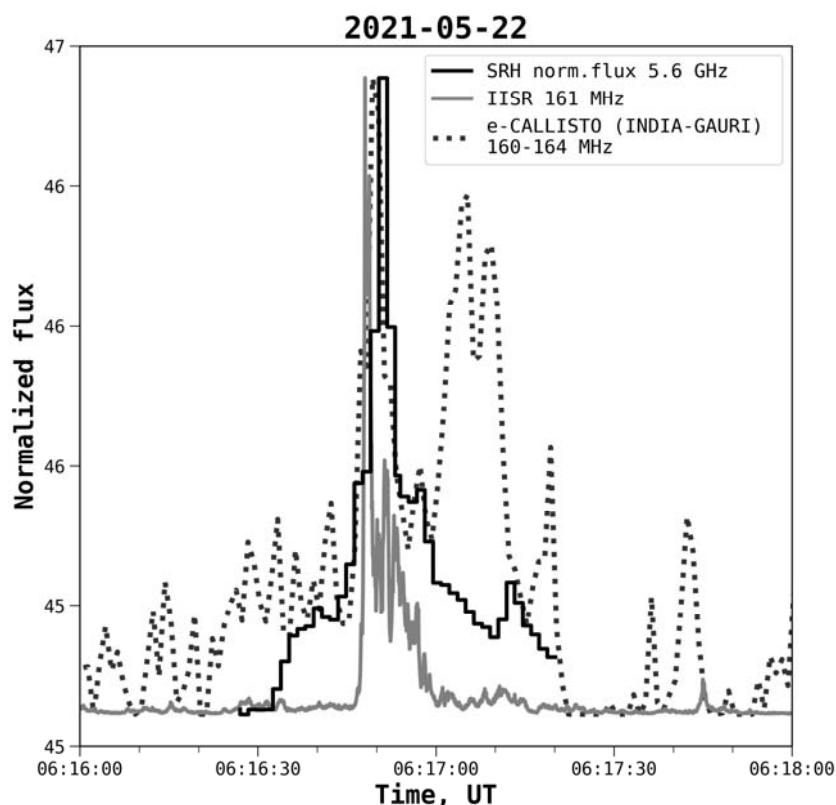


Рис. 2. Временные профили микроволнового и метрового излучения по наблюдениям ИРНР, СРГ и спектрографов сети e-Callisto.

Это подтверждает, что обнаруженный источник имеет солнечное происхождение, а не является инструментальным артефактом. И подтверждает корректность его локализации. Предварительный анализ динамических спектров e-Callisto указывают на то, что событие является радиовсплеском III типа. При этом изображения в полосе $171 \text{ \AA}$ показали, что выявленный источник микроволнового всплеска связан с эруптивным событием (джет), который также не был пространственно связан с круговой вспышкой.

На основании проделанного анализа анализ изображений на частоте 5.6 ГГц по данным СРГ и временного профиля потока, полученного с помощью пространственно разрешенной фотометрии, мы можем сделать вы-

вод о том, что локализация источник микроволнового всплеска, связанного с всплесками на частоте 161 МГц выполнена корректно, не смотря на слабый уровень сигнала в микроволновом диапазоне. Также было обнаружено, что всплеск в метровом диапазоне является радиовсплеском III типа. Нами показана связь исследуемого события с джетом, наблюдавшемся в этой же активной области одновременно с излучением в радио и микроволновом диапазонах. Анализ радиоизображений показал, что всплеск и круговая вспышка произошли в одной области, но не являются пространственно-связанными событиями. Возможно, процессы, произошедшие во время круговой вспышки, могли послужить триггером для исследуемого события. Ответ на этот вопрос может дать анализ топологии магнитного поля и сравнение динамики излучения в микроволновом и радиодиапазоне с динамикой в крайнем ультрафиолете.

Литература

1. *Ning, Z., Wang, Y., Hong, Z., and Li, D.* Detections of Multi-Periodic Oscillations During a Circular Ribbon Flare // *Solar Physics*. 2022. V. 297, N. 1, P 2-26.
2. *Сетов А.Г., Кушнарев Д.С., Васильев Р.В., Медведев А.В.* Длительные наблюдения солнечного потока в 2011-2019 гг. на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР) // *Солнечно-земная физика*. 2020. Т. 6, № 3. С. 33-39.
3. *Benz, A.O., Monstein, C., and Meyer, H.* Callisto A New Concept for Solar Radio Spectrometers // *Solar Physics*. 2005, V. 226, N. 1, P. 143-151.
4. *Лесовой С.В., Алтынцев А.Т., Кочанов А.А. и др.* Сибирский радиогелиограф: первые результаты // *Солнечно-земная физика*. 2017. Т. 3, № 1. С. 3–16.
5. *Lemen, J.R., Title, A.M., Akin, D.J., et al.* The Atmospheric Imaging Assembly (AIA) on the Solar Dynamics Observatory (SDO) // *Solar Physics*. 2012. V. 275, N. 1-2, P. 17-40.
6. *Scherrer, P.H., Schou, J., Bush, R.I., et al.* The Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) Investigation for the Solar Dynamics Observatory (SDO) // *Solar Physics*. 2012, V. 275, N. 1-2, P. 207-227.