

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОБЫТИЙ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ
ВСПЫШКАМ, СВЯЗАННЫМ ПРОТОННЫМИ СОБЫТИЯМИ,
20.01.2005, 13.12.2006, 17.05.2012 и 10.09.2017, В МЯГКОМ РЕНТГЕНЕ
И РАДИОИЗЛУЧЕНИИ**

Шаховская А.Н.¹, Григорьева И.Ю.²

¹*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Республика Крым, Научный, Россия*

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

**RESEARCH OF EVENTS PRECEDING FLARES ASSOCIATED WITH
PROTON EVENTS, 20.01.2005, 13.12.2006, 17.05.2012 AND 10.09.2017,
IN SOFT X-RAY AND RADIO EMISSION**

Shakhovskaya A.N.¹, Grigoryeva I.Yu.²

¹*Crimean Astrophysical Observatory RAS, Nauchny, Republic of Crimea, Russia*

²*Main Astronomical (Pulkovo) Observatory RAS, St.-Petersburg, Russia*

The paper researches of events a week before four solar flares (X7.1, X3.4, M5.7 and X8.2) associated with fast massive CME with registration GLE69 (January 20, 2005), GLE 70 (December 13, 2006), GLE71 (May 17, 2012) and GLE72 (September 10, 2017). In the context of the idea of advance preparation (accumulation of free energy in the active region), histograms are presented: the number of radio bursts and the maximum flow (S.E.P.) per week in the active regions before the parent flares of the events GLE69, GLE70, GLE71 and GLE72. Information taken from daily reports services of the Space Weather Prediction Center (Dept. of Commerce, NOAA, Space Environment Center, USA). It was found that the weekly retrospective of the GLE69 event is very different from the other three periods, the predominance of radio bursts at high frequencies. A week before the events of GLE70, GLE71 and GLE72, radio bursts at the frequency of 245 are characteristic MHz associated with a series of small SXR flares

DOI: 10.31725/0552-5829-2022-307-310

При исследовании мощных явлений межпланетного масштаба (КВМ и МКВМ) и GLE, вызванных солнечными вспышками, чаще интересуются произошедшим событием, непосредственно с роста нетеплового излучения (в гамма-, HXR- и MW-диапазонах) [1–3]. Анализ SXR-излучения родительской вспышки, фактически, начинается тоже с момента его роста, предполагая, что всё может произойти внезапно и сразу [4, 5]. Такой подход может дать количественные оценки физических параметров (масса, скорость, линейный размер, энергия, величина магнитного поля, концентрация), получить характеристики спектра излучения, однако не отвечает на вопрос, как возникли исследуемые явления. В нашей работе предлагается обратить внимание на недельную ретроспективу теплового (GOES, SXR-) и нетеплового (RSTN, M(DM)W-) излучения на примере трех солнечных вспышек (X7.1, M5.7 и X8.2), связанных с быстрыми массивными

КВМ с регистрацией GLE69 (20 января 2005 года), GLE71 (17 мая 2012 года) и GLE72 (10 сентября 2017 года). В контексте идеи заблаговременной подготовки (накопления свободной энергии в активной области) представлены гистограммы: количество радиовсплесков и максимальный поток (с.е.п.)/RSTN-частота за неделю в активных областях до родительских вспышек событий GLE69, GLE71 и GLE72. Информация взята из ежедневных отчетов службы центра предсказания космической погоды (Dept. of Commerce, NOAA, Space Environment Center, USA).

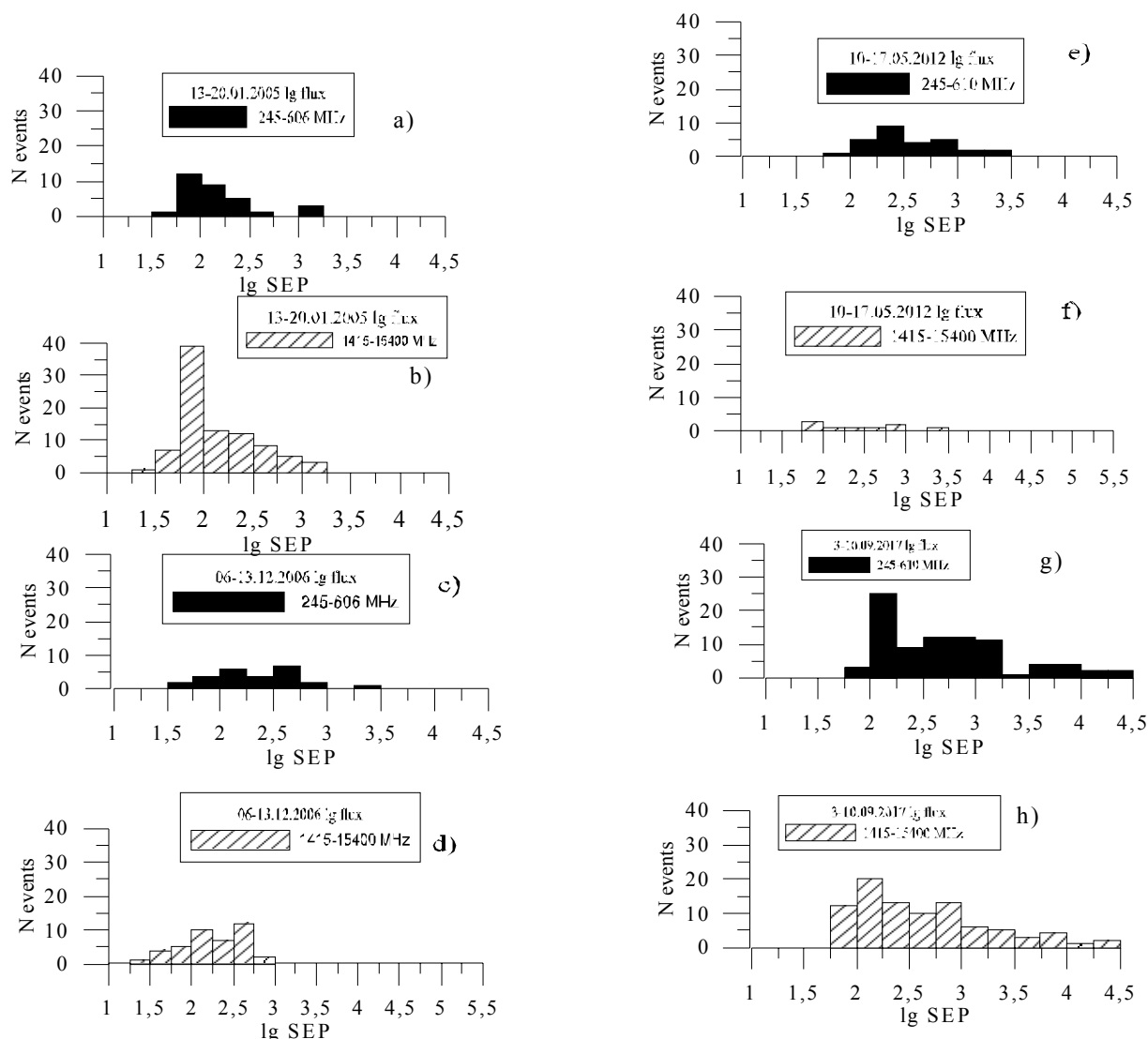


Рис. 1. Гистограммы логарифмов максимальной амплитуды радиовсплесков на разных частотах. Слева за неделю до событий 20.01.2005, сверху (сплошной черный цвет) для частот 245,410 и 606(a), а внизу (штриховка) для частот 1415, 2695, 4995, 8800 и 15400 МГц (b). По центру гистограммы радиовсплесков за неделю до события 17.05.2012, сверху (c), для низких частот, внизу для более высоких (d). Справа – аналогично за неделю до 10.09.2017 (e,f). Гистограммы выполнены в одном масштабе. Наибольшее число радиовсплесков было за период 3–10.09.2017, а наименьшее за 10–17.05.12.

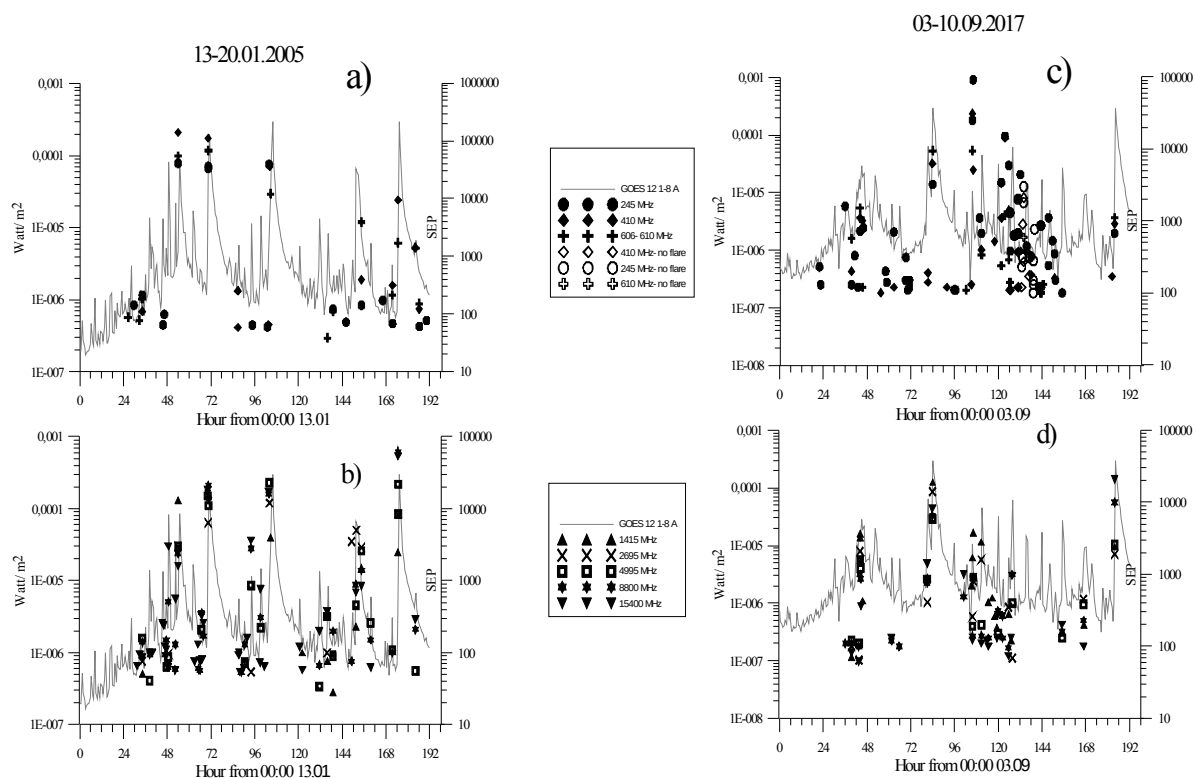


Рис. 2. Представлены диаграммы времени и максимальной амплитуды радиовсплесков за неделю до события 20.01.2005 (а, b на левых панелях) и за неделю до события 10.09.2017 (с, d правые панели) Серая сплошная линия – это поток SXR 1–8Å по наблюдениям спутника GOES. На верхних панелях (а, с) разными значками (легенда) радиовсплески на частотах 245, 410, 606 МГц, а на нижних (b, d) для частот 1415, 2695, 4995, 8800 и 15400 МГц. По оси абсцисс отложены часы, прошедшие от 00:00 13.01.2005 и от 00:03 03.09.2017. На верхней панели (с) пустыми значками обозначены радиовсплески, не ассоциированные с SXR-вспышками.

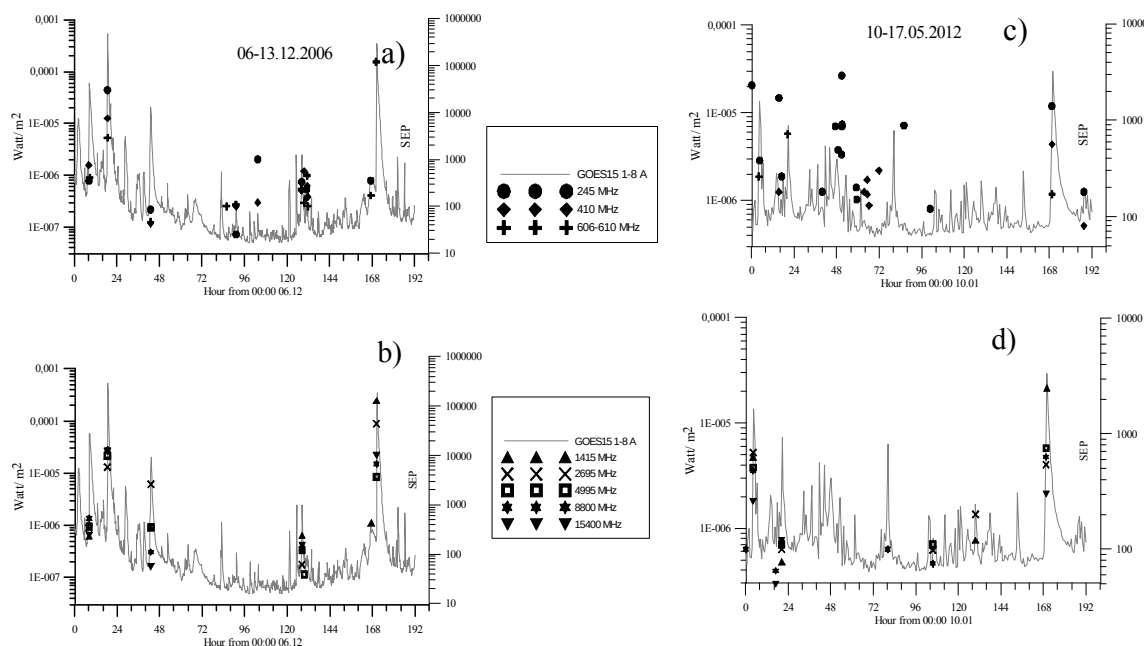


Рис. 3. Аналогичные диаграммы для недельной ретроспективы событий 13.12.2006 (левые панели а, b) и 17.05.2012. (правые с, d). Обозначения такие же, как на рисунке 2.

Недельная ретроспектива события 20.01.2005 сильно отличается от 3 других периодов, преобладанием радиовсплесков на высоких частотах, которые хорошо коррелируют с потоком мягкого рентгена. Для других периодов характерны радиовсплески на частоте 245 МГц, которым соответствуют серии относительно небольших SXR-вспышек. Особенно это можно наблюдать, исследуя события, предшествующие событию 10.09.2017. За два дня до данной вспышки множество радиовсплесков, причем часть из них не ассоциируется с SXR-вспышками, а другим соответствуют небольшие вспышки. По гистограммам за этот период также можно выделить преобладание небольших радиовсплесков на низких частотах.

Событиям 13.12.2006 и 17.05.2012 предшествовало значительно меньше радиовсплесков, но и в них прослеживается тенденция всплесков на низких частотах соответствующим сериям небольших SXR-вспышек. В 2006 году за 3 дня до рассматриваемого события, а в 2012 за 5 дней.

Преобладание радиовсплесков на высоких RSTN частотах: 4995 МГц, 8800 МГц, 15400 МГц во вспышках периода 13–20.01.2005 в АО 10720 по сравнению с периодом тремя другими периодами может быть интерпретировано как развитие вспышек на различных высотах в короне.

Литература

1. Mishev A.L. // *Advances in Space Research*, 2014, Vol. 54, Is3, 1, p. 528-535.
2. Karapetyan, G.G. // *Astroparticle Physics*, 2008, Vol. 30, Issue 5, p. 234-238.
3. Ming-Xian, Zhao and Gui-Ming Le // *Research in Astronomy and Astrophysics*, 2020, Vol. 20, N3, p.37-44.
4. Plainaki C. *et al.* // *Advances in Space Research*, 2009, Vol. 43, Is.4, P. 474-479.
5. Firoz K. A. *et al.* // *The Astrophysical Journal*, 2011, Vol. 743, N. 2 p.190-208.