

ПОИСК И АНАЛИЗ ВСПЫШЕК НА ОБРАТНОЙ СТОРОНЕ СОЛНЦА — ВОЗМОЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ СОБЫТИЙ В СОЛНЕЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧАХ

Д.В. Рожкова

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
dariarozhkova@icloud.com

SEARCH AND ANALYSIS OF FLARES ON THE FAR SIDE OF THE SUN, WHICH WERE POSSIBLE SOURCES OF EVENTS IN SOLAR ENERGETIC PARTICLE

D.V. Rozhkova

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
dariarozhkova@icloud.com

Аннотация. Представлены результаты поиска событий в солнечных космических лучах (СКЛ) источником которых были вспышки на обратной стороне Солнца. Для анализа были использованы каталоги известных солнечных вспышек на обратной стороне Солнца по наблюдениям космических аппаратов STEREO и HEND/Mars Odyssey, а также каталог событий в СКЛ по данным WIND/EPACT. За период с 2003 по 2013 г. было отобрано пять вспышек — кандидатов для дальнейшего исследования.

Ключевые слова: вспышки на обратной стороне Солнца, солнечные космические лучи, события в солнечных космических лучах.

Abstract. This paper presents the results of the search for events in solar energetic particles (SEP), originating from flares on the far side of the Sun. For analysis, we used the catalogues of known solar flares on the far side of the Sun, according to observations by the STEREO and HEND/Mars Odyssey spacecraft. We also used the catalogue of events in SEP, based on the WIND/EPACT data. We selected 5 solar flares, which occurred from 2003 to 2013, for further research.

Keywords: solar flares, solar energetic particles, events in solar cosmic rays.

ВВЕДЕНИЕ

Солнечные космические лучи (СКЛ) представляют собой поток заряженных частиц высоких энергий (в основном протонов и электронов), распространяющихся из источника в атмосфере Солнца в межпланетное пространство. Энергии электронов в потоках СКЛ от сотен килоэлектронвольт, а протонов от десятков мегаэлектронвольт. Резкие возрастания потока частиц СКЛ называются событиями в СКЛ. В настоящее время выделяют два типа событий в СКЛ — импульсивные и длительные. Импульсивные события короткие, длятся меньше одного дня, и характеризуются низкой интенсивностью и многочисленностью. Длительные события могут продолжаться несколько дней и на порядки более интенсивны (особенно потоки протонов в них), чем импульсивные события. Считается, что это явление инициируется солнечными вспышками. Большинство событий в СКЛ можно связать с солнечными вспышками на видимой стороне Солнца. Это дает возможность понять механизм ускорения и распространения частиц в таких событиях, что важно для предсказания влияния солнечных событий на гелиосферу.

Однако некоторые события могут быть связаны с солнечными вспышками на обратной стороне Солнца. В работе [de Nolfo et al., 2019] анализировались солнечные вспышки с гамма-излучением по данным FERMI LAT и события в СКЛ. Авторам удалось найти всего две вспышки, которые произошли за лимбом и были связаны с событиями в СКЛ. Интересным примером является вспышка, которая произошла на обратной стороне Солнца 1 сентября 2014 г. В каталоге событий в СКЛ WIND/EPACT [<http://newserver.stil.bas.bg/SEPcatalog>] временной профиль данного события в СКЛ выглядит как плавно

растущая функция, что может являться характерной особенностью для этого типа событий в СКЛ. Расширение списка событий в СКЛ, связанных с солнечными вспышками на обратной стороне, позволит лучше понять как механизмы ускорения, так и то, как распространяются частицы, ускоренные в атмосфере Солнца.

ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

Информацию о вспышках на обратной стороне Солнца в данном исследовании была получена из двух источников. Первый — каталог вспышек, наблюдавшихся на обратной стороне Солнца по наблюдениям космического аппарата (КА) STEREO-B [Chertok et al., 2015]. Авторы проанализировали наблюдения с января 2010 г. по сентябрь 2014 г., всего в работе представлено 66 вспышек и у всех вспышек определены точные координаты. Второй источник — каталог жестких рентгеновских вспышек на Солнце, зарегистрированных с околомарсианской орбиты Mars Odyssey/HEND в 2001–2016 гг., из работы [Лившиц др., 2017]. Поскольку каталог создан на основе одномерных наблюдений, то положение вспышек на обратной стороне Солнца отсутствует.

Данные о событиях в СКЛ были взяты из Catalog of Solar Energetic Particles and Related Phenomena, составленного по данным WIND/EPACT [<http://newserver.stil.bas.bg/SEPcatalog>]. Информация о корональных выбросах массы (КВМ) была взята из SOHO LASCO CME Catalog [https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list].

Были использованы следующие критерии отбора:

- 1) событие в СКЛ не должно иметь вспышку-источник в каталоге;
- 2) разница по времени между началом солнечной

Вспышки— кандидаты источников событий в СКЛ

Дата и время вспышки	Положение вспышки	Угловая ширина (градусы) / скорость КВМ (км/с)	Дата и время КВМ	Событие в СКЛ
21.10.2003 18:44:53	за восточным лимбом (?)	118/ 720	21.10.2003 19:54:05	22.10.2003 13:26
22.09.2012 02:58:53	—	89/ 774	22.09.2012 03:24:05	22.09.2012 10:30
04.06.2011 07:06	N15 W144	Гало/1407	04.06.2011 06:48:06	2011-06-04 18:44
04.06.2011 21:51	N17 W148	Гало/ 2425	04.06.2011 22:05:02	2011-06-05 07:41 или 00:07
02.11.2013 04:26	N03W139	Гало/ 828	02.11.2013 04:48:05	2013-11-02 19:23

вспышки-кандидата и началом события в СКЛ должна быть не более суток;

3) солнечная вспышка должна сопровождаться КВМ. Наличие или отсутствие КВМ проверяется по каталогу. Момент КВМ должен совпадать с началом вспышки или быть зафиксирован сразу после нее. Результаты отбора представлены в таблице.

ВЫВОДЫ

Данным критериям удовлетворили пять солнечных вспышек, которые произошли на обратной стороне Солнца. У всех связанных с ними событий СКЛ наблюдается характерный медленный подъем потоков частиц (электронов и протонов). По типу все эти события СКЛ можно отнести к длительными. Заметим, что тип коронального выброса в большинстве случаев был гало и все КВМ обладали высокими скоростями. Эти наблюдательные факты можно использовать как дополнительные критерии при будущих исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лившиц М.А., Зимовец Д.В., Головин Д.В. Каталог жестких рентгеновских вспышек на Солнце, зарегистрированных с околомарсианской орбиты Mars Odyssey/HEND в 2001–2016 г. *Астрономический журнал*. 2017. Т. 94, № 9. С. 778–792.

Chertok I.M., Belov A.V., Grechnev V.V. A simple way to estimate the soft X-ray class of far-side solar flares observed with STEREO/EUVI. *Solar Phys.* 2015. Vol. 290. P. 1947–1961.

de Nolfo G.A., Bruno A., Ryan J.M., et al. Comparing long-duration gamma-ray flares and high-energy solar energetic particles. *Astrophys. J.* 2019. Vol. 879. Article id. 90. 17 p.

URL: <http://newserver.stil.bas.bg/SEPCatalog> (дата обращения 20 июня 2022 г.).

URL: https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list (дата обращения 20 июня 2022 г.).