

ВЛИЯНИЕ ЭКЗОПЛАНЕТ НА ВСПЫШЕЧНУЮ АКТИВНОСТЬ ЗВЕЗД

Горбачев М.А.^{1,2}

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

²*Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия*

IMPACT OF EXOPLANETS ON THE FLARE ACTIVITY OF STARS

Gorbachev M.A.^{1,2}

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

²*Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia*

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-67-70>

Flares are one of the most prominent indicators of the magnetic activity of stars. In the era of exoplanet research, analyzing the flare activity of host stars is of great interest, as flares can have a significant impact on the possibility of life forming. This article presents research into the possible influence of exoplanets on the flare activity of stars. Using NASA's exoplanet database and observations from the TESS observatory, 1518 stars with exoplanet orbits of up to 30 days were selected. By analyzing the available light curves with a time resolution of 120 seconds, we were able to identify 471 flares on 60 stars. The recorded flares have an energy range from 10^{30} to 10^{36} Erg. In addition, 77 symmetric short-term brightness peaks were detected in 64 stars. This is explained by an asteroids moving across the image of the stars.

The dependence of flare activity on the gravitational potential created by planets near stars and other parameters of the interaction of stars and exoplanets is investigated. Conclusions are drawn about the possible impact of exoplanets on the flare activity of stars.

Звездные вспышки являются наиболее яркими представителями множества различных явлений, обусловленных магнитной активностью звезд. В эпоху исследования экзопланет анализ вспышечной активности звезд-хозяев представляет большой интерес, поскольку вспышки могут оказывать существенное влияние на возможность формирования жизни [1, 2]. При этом особого внимания заслуживает изучение возможного влияния экзопланет на вспышечную активность звезд.

Благодаря развитию современных технологий и реализации таких проектов, как Kepler [3] и TESS [4], мировое научное сообщество получает доступ к беспрецедентно длительным рядам непрерывных наблюдений с высоким временным разрешением для большого числа объектов. С учетом объема накопленных данных с момента запуска в 2018 году обсерватории TESS, становится возможным статистически рассмотреть вероятность влияния экзопланет на вспышечную активность звезд-хозяев.

Выборка объектов основывалась на базе данных NASA [5] по экзопланетам, как наиболее полном источнике данных такого рода. Отбирались звезды только с подтверждёнными экзопланетами, у которых период

обращения не превышал 30 суток. Подходящие кандидаты были проверены на наличие доступных кривых блеска телескопа TESS с 2-минутным временным разрешением. В результате конечная выборка составила 1518 звезд.

Вся работа по поиску, загрузке и первоначальной обработке кривых блеска осуществлялась с помощью пакета *lightkurve* [6]. К используемым данным применялся итеративный фильтр Савицкого-Голея, с целью минимизировать низкочастотную составляющую сигнала. В качестве вспышек отбирались только те высокоамплитудные события, для которых существуют 3 и более последовательные измерения, превышающие критерий 3σ . На рисунке 1 на верхней панели показана исходная кривая блеска для звезды AU Mic, на которой хорошо видны вспышечные события. На нижней панели продемонстрирована кривая блеска после учета тренда. Вспышки, превышающие уровень 3σ (черная горизонтальная линия), отмечены перекрестиями.

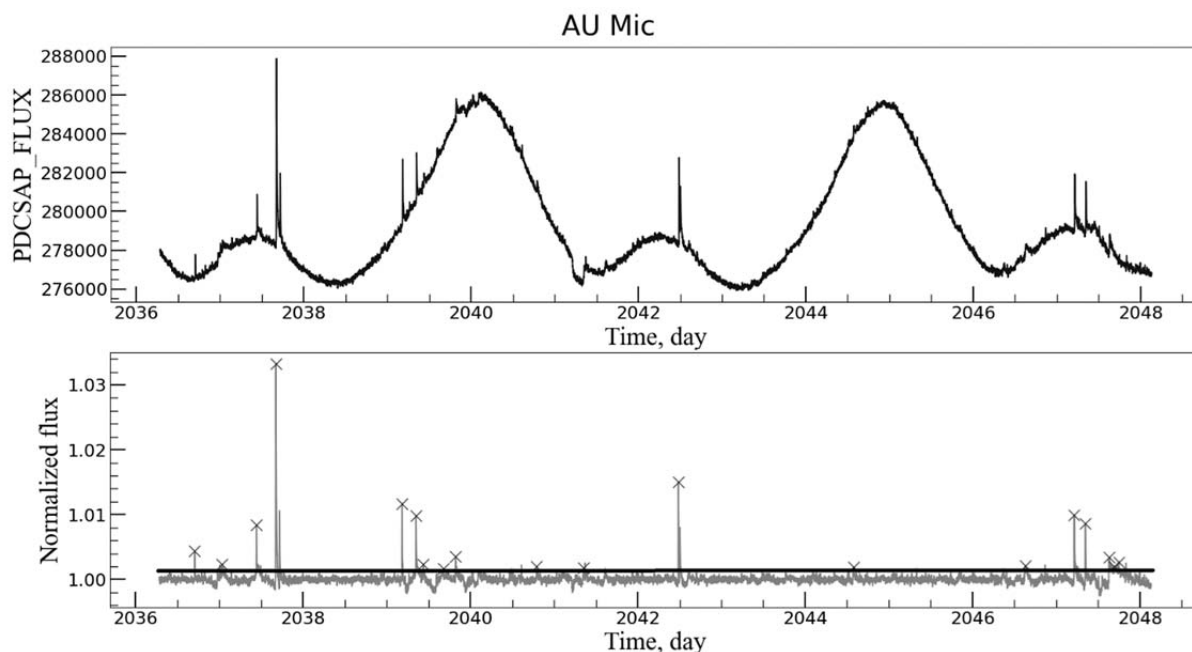


Рис. 1.

Энергия вспышек оценивалась согласно методу, описанному в работе [7]. Амплитуда вспышечного события определялась, как разница потоков между максимальным значением и уровнем спокойного состояния в момент максимума вспышки. Всего была обнаружена 471 вспышка на 60 звездах (4% от рассматриваемой выборки). Стоит отметить, что 278 вспышек (59%) приходится на 5 звезд: AU Mic – 67, HD 41004 B – 50, Proxima Cen – 105, YZ Cet – 28, DS Tuc A – 28. На рисунке 2 представлены наиболее характерные кривые блеска вспышек.

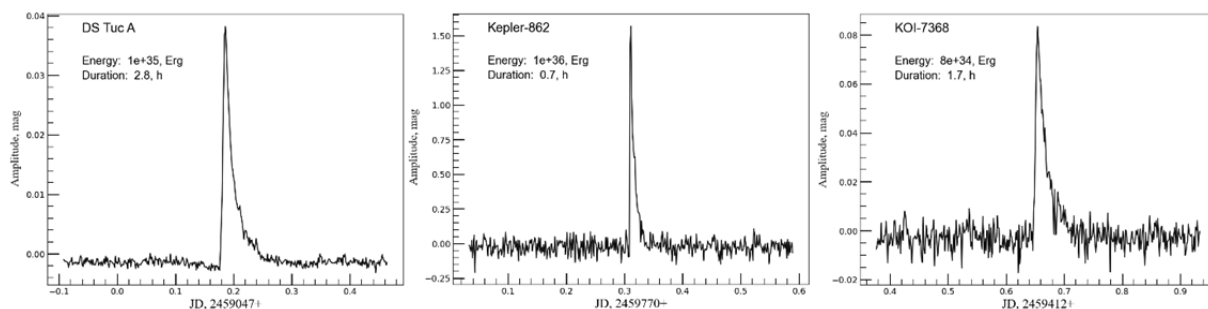


Рис. 2.

Хотя демонстрирует вспышечную активность лишь малая часть рассматриваемой выборки (4%), если посмотреть на распределение числа звезд в зависимости от периода обращения экзопланеты, то видно, что вспыхивают преимущественно звезды с периодом обращения экзопланет до 8 суток (рис. 3). Для данных по вспыхивающим звездам шкала оси ординат отложена на графике справа, и её масштаб увеличен в 10 раз.

Распределение вспышек по энергиям демонстрирует резкий спад на малых энергиях и плавное уменьшение в области высоких энергий (рис. 4). Резкий обрыв слева обусловлен алгоритмом выделения вспышек и трудностями с детектированием слабых вспышек.

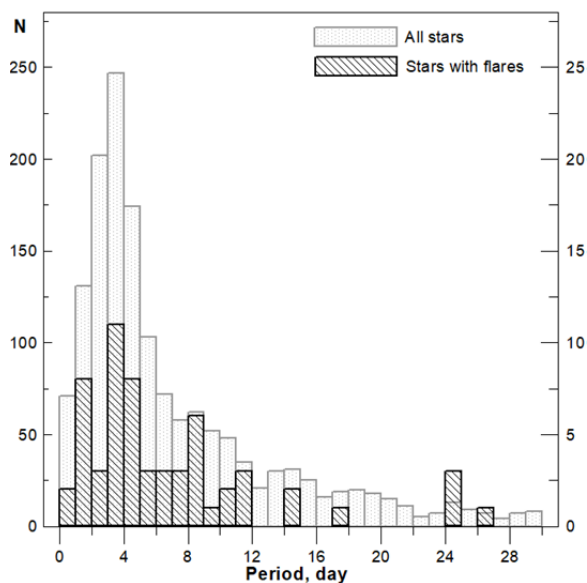


Рис. 3.

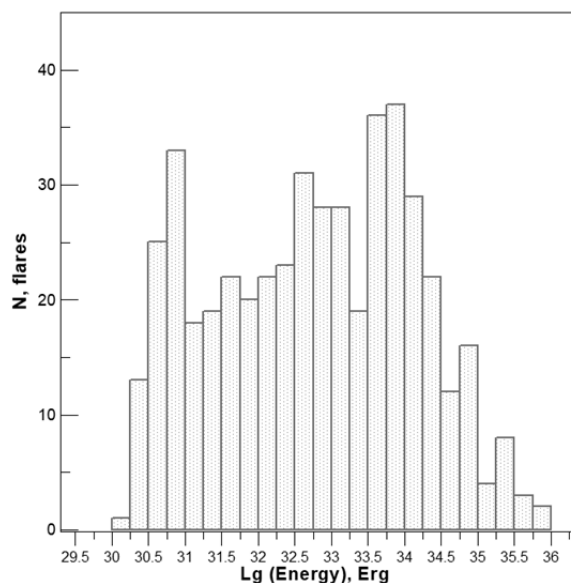


Рис. 4.

Рисунок 5 отображает зависимость энергии вспышки от амплитуды, выраженной в звездной величине TESS. Градиентом серого цвета показана температура (спектральный тип). Явно видны различные зависимости от цвета. При выполнении аппроксимации данных для каждой выборки по спектральному типу, можно получить максимальные и минимальные ограничения по энергии на детектируемые вспышки, а, зная амплитуду вспышки, оценить её энергию.

Наиболее важным индикатором возможного влияния экзопланет на вспышечную активность звезд-хозяев будет зависимость суммы энергий всех зарегистрированных на звезде вспышек от гравитационного потенциала, который создает планета на поверхности звезды (рис. 6). Как видно по рисунку, какой-либо четкой зависимости не наблюдается. Возможно присутствует очень слабая линейная зависимость.

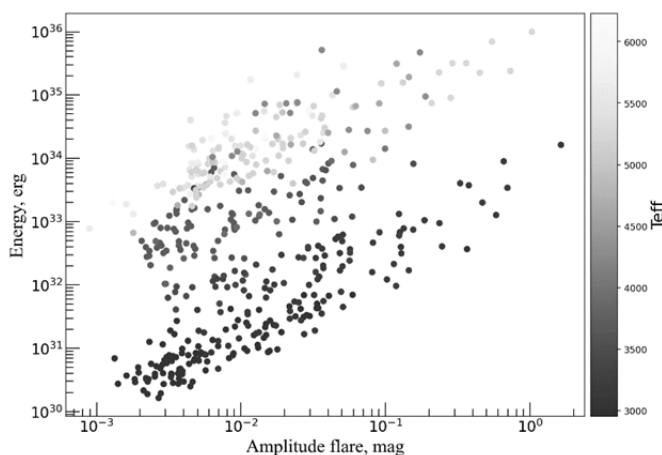


Рис. 5.

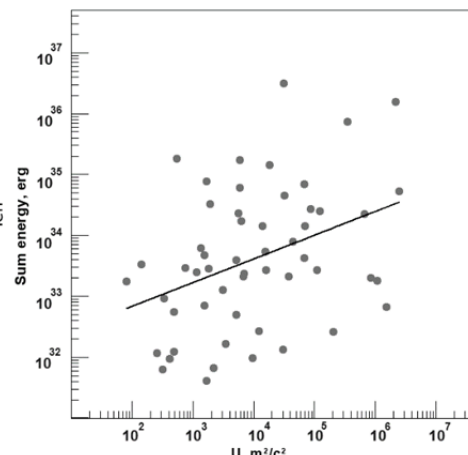


Рис. 6.

В ходе изучения вспышечной активности звезд с экзопланетами по данным проекта TESS было проанализировано 5509 кривых блеска 1518 звезд. На 60 звездах (~4% от общего числа звезд) зафиксирована 471 вспышка с энергиями в диапазоне от $1.64 \cdot 10^{30}$ до 10^{36} Эрг. 96 событий являются супервспышками с энергиями более 10^{34} Эрг. Наблюдается слабая зависимость суммы энергий зарегистрированных вспышек от гравитационного потенциала создаваемого планетой на поверхности звезды.

Работа частично выполнена за счет субсидии Минобрнауки РФ № FZSM-2023-0015, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.

Литература

1. *Airapetian, V.S. et al.* // Nature Geoscience, 2016, V.9. P.452-455.
2. *Atri D.* // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, 2017, V.465 P.34-38.
3. *Borucki W.J.* // Science, 2010, V. 327, P. 977.
4. *Ricker G.R., et al.* // Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, 2015, V. 1.
5. <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>
6. *Lightkurve Collaboration., et al.* // Astrophysics Source Code Library, 2018, record ascl:1812.013
7. *Günther M.N., et al.* // The Astronomical Journal, 2020, V. 159, P. 60.