ПОИСК ВСПЫШЕК У G-M КАРЛИКОВ ПО НАЗЕМНЫМ ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ БАЗАМ ДАННЫХ

Бондарь Н.И.¹, Кацова М.М.², Шляпников А.А.¹

¹*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Россия*

²*Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга
Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

SEARCH FOR FLARES ON G-M DWARFS FROM PHOTOMETRIC DATABASES

Bondar' N.I.¹, Katsova M.M.², Shlyapnikov A.A.¹

¹*Crimean Astrophysical Observatory RAS, Nauchny, Russia*

²*Sternberg State Astronomical Institute, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

We carried out a search for flares from an analysis of light curves of 12 active G, K and M dwarfs, compiled from the ground-based photometric databases for 2000-2020. Events of low-amplitude brightenings (up to 0.25^m), which could be possible flares, were revealed for 11 stars. The largest number of such brightenings was found in K dwarfs. Increases in V-magnitudes by 0.5^m or more, i.e. possible high-amplitude flares were rarely observed. They were found for two late M dwarfs and for one G star, BE Cet. Most of the probable flares are short-lived, 0.5–2 minutes, but there are a few flares with the duration of tens of minutes or more than an hour.

DOI: 10.31725/0552-5829-2020-25-28

Введение

Вспышки на звёздах нижней части главной последовательности являются нерегулярным, стохастическим явлением, и для их обнаружения требуется систематический многочасовой мониторинг блеска звёзд в течение ночи. Фотометрические базы All-Sky Automated Survey (ASAS) [1], Super-WASP (SW) [2], Kamogata Wide-field Survey (KWS, [<http://kws.cetus-net.org/~maehara/VSdata.py>]) содержат обширные данные с 2000 г. по настоящее время для большого числа звёзд. Нередко на кривых блеска, построенных по этим данным, заметны повышения яркости, которые при изучении систематической переменности обычно рассматриваются как вспышки или выбросы и исключаются из дальнейшего анализа данных.

В данной работе приведены результаты поиска возможных вспышек у 12 G-M активных карликов, их амплитуды и оценки длительности.

Объекты исследования и источники данных

Мы выбрали 12 G–M звёзд с высокой активностью, у которых $6.4^m < V < 13^m$. Наиболее яркими в выборке являются G звёзды. При отборе учитывалось, что ошибки данных возрастают как для слабых звёзд, так и для звёзд ярче 8^m . В каждую спектральную группу включено 4 звезды, две

G звезды, BE Cet и MN UMa, являются аналогами Солнца [3]. В группу K карликов включены активные звёзды типа BY Dra, V833 Tau и OU Gem. В группе M карликов – известные высокой вспышечной активностью звёзды AU Mic, EV Lac, YZ CMi, а также GJ 1243, у которой по внеатмосферным наблюдениям обнаружено большое число вспышек [4].

Ряды данных фотометрических каталогов ASAS, SW, KWS включают несколько серий сравнительно непрерывных наблюдений блеска, разделенных интервалами в десятки дней и более, что связано с сезонной видимостью объекта или другими обстоятельствами. В каталогах ASAS и KWS в даты наблюдений приведены одна или несколько оценок блеска. По этим каталогам можно установить дату возможной вспышки и оценить её амплитуду. В каталоге SW представлены результаты непрерывной регистрации блеска в дату наблюдений в течение нескольких часов с разрешением ~ 0.5 мин, что позволяет получить профиль возможной вспышки, определить момент максимума, её амплитуду и длительность.

Поиск возможных вспышек

Для исследуемых звёзд строились кривые блеска по всем данным каталога и для отдельных серий, а также фазовые кривые с периодом вращения, что позволяло учесть переменность, вызванную присутствием пятен.

Отбор событий с повышенным блеском, вызванным возможной вспышкой, выполнен согласно условию, что $\Delta V = V_{\max} - V_{\text{ср.}} > 2.5\sigma$, где $V_{\text{ср.}}$ – среднее значение блеска на временном интервале выбранной серии наблюдений (для данных каталога SW это время наблюдений в течение ночи), σ – стандартное отклонение рассмотренного ряда данных. В большинстве случаев к возможным вспышкам отнесены повышения яркости, зарегистрированные не менее чем в двух последовательных наблюдениях.

В группе G звёзд у HD 168443 (G6V, $V = 6.92$) и HD 4747 (G9V, $V = 7.16$) по каталогу ASAS найдены повышения блеска в пределах $3-4\sigma$ (2 и 4 события соответственно). Два события, превышающие 95% уровень, зарегистрированы у HD 168443 по каталогу KWS. У звезды BE Cet (HD 1835, G3V, $V = 6.39$) по данным этого каталога наблюдались 4 повышения блеска до 0.5^m в 2007–2009 гг. У другого аналога Солнца, звезды MN UMa (HD 97334, G1V, $V = 6.41$), вспышек не обнаружено.

У K-карликов число кратковременных событий повышения блеска на $0.05-0.2^m$ ($2.5-4\sigma$), возрастает. У OU Gem (K3V, $V = 6.75$) зарегистрировано 5 возможных вспышек по каталогу KWS и одна по данным ASAS. У BC Aгі (K1V, $V = 7.62$) 4 события по KWS, столько же событий у V869 Mon (K2V, $V = 7.17$) и около 6 поярчаний длительностью 0.5–2 мин с амплитудой $0.1-0.15^m$. Серия наблюдений звезды в 2019–2020 гг. приведена на рис. 1. По каталогу ASAS также выявлено 8 событий, когда поярчания превышали уровень 3σ . У V833 Tau (K2V, $V = 7.9$) по каталогу ASAS вы-

делено 5 событий с амплитудой $0.06\text{--}0.15^m$ ($2.5\text{--}6\sigma$), и 9 всплесков на $0.06\text{--}0.1^m$ по каталогу KWS. По каталогу SW выявлено 4 повышения блеска на

Рис. 1. Примеры регистрации вспышек по серии наблюдений у V869 Mon (каталог KWS), V833 Tau (со звездой сравнения, каталог SW) и YZ CMi (каталог ASAS).

составила 33 мин. Звезда GJ 1243 (M4, $m_{\text{кр}} = 12.7$) по данным *Кеплер* активно вспыхивающая [4]. На кривых блеска по каталогу SW мы нашли 9 случаев повышения яркости на $0.05\text{--}0.2^m$ при точности регистрации $0.01\text{--}0.02^m$. Одна из камер зарегистрировала поярчение на 0.1^m , которое длилось в течение 1.14 часа.

$0.06\text{--}0.1^m$, что при точности наблюдений 0.007^m позволяет уверенно говорить о регистрации малоамплитудных вспышек. Для подтверждения того, что регистрируемые повышения блеска являются вспышками, проведено сравнение кривых блеска звезды и звезды сравнения 1SWASP J043644.55+271519.3 на интервале развития вспышки. На рис. 1 (центральная панель) представлена вспышка с амплитудой 0.11^m длительностью около 1.6 часа.

Все 4 звёзды в группе M карликов известны как вспыхивающие. У YZ CMi (M4.5, $V = 11.22$) по каталогу ASAS мы нашли три случая возрастания блеска на $0.14\text{--}0.17^m$ и одно повышение на 0.5^m (рис. 1, нижняя панель). По каталогу KWS выявлено 7 случаев повышения блеска на $0.2\text{--}0.3^m$, что при стандартном отклонении $0.06\text{--}0.1^m$ составляет $3\text{--}4\sigma$, и в одну дату зарегистрировано поярчение на 0.67^m . У AU Mic (M1, $V = 8.63$) по каталогу ASAS вспышек не обнаружено, данные из SW имеют большие ошибки и не рассматривались, по каталогу KWS выделено 7 событий с поярчениями на $0.14\text{--}0.24^m$ относительно среднего значения, что соответствует $2.5\text{--}4\sigma$, и одно поярчение на 0.32^m . У EV Lac (M4, $V = 10.26$) по данным KWS одно событие с повышением блеска на 0.18^m (4σ) и одно значительное поярчение на 1.08^m , если это реальная вспышка, её длительность

Заключение

Изучение кривых блеска по трём наземным фотометрическим каталогам ASAS, SW,KWS у 12 G–M активных карликов показало, что только у одной звезды MN UMa (HD 97334, G1V) не было повышений блеска, превышающих 95% уровень значимости. У остальных звёзд выявлено по несколько случаев малоамплитудных (до 0.25^m) поярчений, которые, возможно, не являются классическим вспышкам, но кратковременными всплесками. Такие поярчения характерны для K-карликов, у исследованных нами звёзд этой группы отмечено наибольшее их число, 35 событий, но нет ни одной потенциальной вспышки большей амплитуды. У M карликов, учитывая меньшую точность наблюдений, к малоамплитудным мы относим поярчения до 0.3^m . В этой группе выявлено 27 таких событий. Повышений блеска на 0.5^m и более, т.е. возможные высокоамплитудные вспышки, наблюдались редко: у G звезды BE Cet и у M-карликов YZ CMi (2 события) и одно у EV Lac. Для подтверждения реальности вспышек важно провести совместный анализ кривых блеска исследуемых звёзд и звёзд сравнения.

Оценки длительности вспышек весьма приблизительны, в большинстве случаев не более 2 мин., у нескольких вспышек – десятки минут, у двух – более часа.

Наземные фотометрические базы данных могут быть использованы для статистических исследований вспышечной активности звёзд, но малоэффективны для изучения физических характеристик вспышек.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 19-02-00191). Авторы благодарны за возможность использования ресурса International Variable Star Index (VSX), поддерживаемого AAVSO, Cambridge, Massachusetts, USA.

Литература

1. *Pojmanski, G.* // Acta Astron., 1997, 47, 467.
2. *Butters O.W., West R.G., Anderson D.R., et al.* // Astron. Astrophys., 2010, 520, L10.
3. *Radick R.R., Lockwood G.W., Henry G.W., et al.* // ApJ, 2018, 855, 75.
4. *Hawley S.L., James R. A. Davenport J.R.A., et al.* // ApJ, 2014, 797, 121.