

## ИЗМЕНЕНИЕ ВСПЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ЗВЕЗДЫ UV Ceti

Н.Д.МЕЛИКЯН<sup>1</sup>, В.С.ТАМАЗЯН<sup>2</sup>, А.Л.САМСОНЯН<sup>1</sup>

Поступила 3 июня 2011

Принята к печати 24 августа 2011

В работе проанализирована зависимость вспышечной активности известной вспышечной звезды UV Ceti от линейного расстояния между компонентами этой двойной системы. Показано, что ее вспышечная активность явно зависит от взаимного расстояния компонентов, тогда как у одиночных вспышечных звезд таких изменений не замечается.

Ключевые слова: *звезды: звезда UV Ceti*

1. *Введение.* Вспыхивающие звезды типа UV Ceti окрестности Солнца это красные карлики малых масс, принадлежащие общему галактическому полю. Характеризуются внезапными, быстрыми изменениями блеска с продолжительностью от несколько секунд до несколько часов и амплитудами изменения до  $\Delta m = 6^m$  и больше. Интенсивные эмиссионные линии в спектрах (M0-M7e) указывают на хромосферную активность этих звезд. Физические механизмы звездных вспышек до сих пор не вполне понятны.

Интерес к вспышечным звездам вырос после того, как В.А.Амбарцумян указал на генетическую связь этих звезд со звездами типа Т Тельца [1]. Позже эта связь была подтверждена Амбарцумяном [2] и Аро [3], которые предложили, что вспышечные звезды старше, чем звезды типа Т Тельца, а фаза вспышечной активности на эволюционной последовательности следует сразу после фазы звезд типа Т Тельца. В дальнейшем было показано также, что около 25% звезд типа Т Тельца в Орионе показывают вспышечную активность типа UV Ceti [4]. Следовательно, исследование вспышечных звезд продолжает играть весьма важную роль в изучении эволюции звезд малых масс.

В работе Аллен и Геррера [5] приводится список 93 хорошо известных вспышечных звезд типа UV Ceti, находящихся на расстоянии  $\leq 25$  пк от Солнца, для которых известны кинематические параметры и возраст [6], а также их расстояния, собственные движения и радиальные скорости [7]. По крайней мере 50 из них находятся в двойных и кратных системах, и пока трудно сказать какие из остальных 43 являются одиночными. Среди 491 переменной звезды, находящейся ближе 22 пк от Солнца, 111

являются вспыхающими звездами типа UV Ceti, 55 из которых входят в состав двойных и кратных систем [8]. Поэтому, естественно предположить, что двойственность или кратность в определенной степени является характерной чертой вспыхающих звезд в окрестности Солнца и может играть важную роль в наблюдаемых у этих звезд активных физических процессах.

Изменение силы гравитационного притяжения между двумя объектами может вызвать изменения физической активности на них. Достаточно только отметить наблюдаемые явления на Земле, вызванные Луной, или же подозрения, что изменение активности Солнца связано с орбитальным периодом Юпитера ( $P = 11.85920$  год) [9], орбита движения которой вокруг Солнца близка к круговой с эксцентриситетом  $e = 0.048775$ .

С этой точки зрения весьма интересным представляется исследование вспышечной активности в зависимости от взаимного расстояния компонентов у двойных вспыхающих звезд. Наличие такой зависимости было заподозрено еще в 60-х годах прошлого века [10], однако дальнейшие исследования с целью ее обнаружения не привели к желаемым результатам, в основном из-за отсутствия точных орбитальных элементов у слабых вспыхающих звезд.

В рамках сотрудничества астрономов Бюраканской обсерватории и Астрономической обсерватории "Р.М.Аллер" университета Сантьяго де Компостела (Испания) проводится работа по определению орбит двойных звезд и изучению зависимости их физической активности от взаимного положения компонентов двойных нестационарных звезд, в основном у молодых звезд типа Т Тау и вспыхающих звезд типа UV Ceti. Анализ данных одной из выбранных нами систем (CR Dra) не показал ощутимой корреляции между вспышечной активностью и расстоянием между компонентами [11], в то время как ранее такая зависимость была отмечена у двойной вспыхающей звезды FL Vir = Wolf 424 [12]. Интересно отметить, что рассмотренное ранее распределение частоты вспышек у UV Ceti позволило заподозрить его циклический характер с периодом 10-15 лет, похожим на таковую у Солнца с периодом 22 года [13].

**2. Результаты.** Двойная система UV Ceti была выбрана нами потому, что для нее имеется как исключительно богатая база наблюдательных данных, так и надежно рассчитанная орбита [14]. В периастре компоненты системы находятся на расстоянии менее 2 а.е., что является примерным пределом для взаимодействия магнитных полей компонент двойных систем [11].

В качестве меры вспышечной активности в работе будет использована величина  $N/T$  (частота вспышек), где  $N$  - число зарегистрированных вспышек, а  $T$  - общее эффективное время, в течение которого они

зарегистрированы. Для сравнения использованы те же распределения как для трех одиночных вспыхивающих звезд AD Leo, EV Lac и YZ CMi, так и двойных звезд CR Dra [11] и FL Vir [12], а также полученные ранее результаты для самой UV Ceti [13]. В табл.1 для каждой звезды приведены абсолютная визуальная звездная величина ( $M_v$ ), спектральный класс ( $Sp$ ), общее число зарегистрированных вспышек ( $N$ ), эффективное время наблюдений ( $T$ ), средняя частота зарегистрированных вспышек ( $N/T$ ) и среднеквадратичное отклонение ( $\sigma$ ) частоты вспышек.

Таблица 1

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ЗВЕЗД UV Ceti, YZ CMi, EV Lac И AD Leo

	UV Ceti	YZ CMi	EV Lac	AD Leo
$M_v$	14 <sup>m</sup> .78	12 <sup>m</sup> .29	11 <sup>m</sup> .73	10 <sup>m</sup> .87
Спектр. класс	M6e	M4.5e	M3.5e	M3.5e
$T$ (час)	1784	750	2309	696
$N$ (всп.)	1925	269	543	147
$N/T$ (всп./час)	1.08	0.36	0.24	0.21
$\sigma$	0.27	0.38	0.17	0.14

В работе использованы результаты наблюдений, полученные во многих обсерваториях мира и опубликованные начиная с 1965г., так как именно с этого времени и до начала 80-х гг. в рамках десятка международных кооперативных наблюдений проводились весьма активные исследования вспышек звезд в окрестности Солнца. Эти наблюдения выполнены на разных телескопах в основном электрофотометрическим методом, но с разной аппаратурой. Нами не использованы некоторые фотографические наблюдения, ошибки которых сильно отличались от фотоэлектрических. Даже при фотоэлектрических наблюдениях использование фотоумножителей разной чувствительности приводит к разным оценкам частоты вспышек, вследствие чего для одной и той же звезды у разных наблюдателей в один и тот же период наблюдений нередко получались разные частоты. Это приводит к увеличению разброса частоты вспышек во времени, так как наблюдательные данные довольно неоднородны. Поэтому они были использованы после применения к их распределению метода медианной фильтрации, что легко удаляет случайные колебания.

На рис.1а, б, с показаны кривые изменения расстояния между компонентами двойных систем UV Ceti (рис.1а), FL Vir (рис.1б) и CR Dra (рис.1с) в течение 1965-2000гг., для построения которых использованы расстояния и известные орбитальные элементы [11,14,15]. Орбитальные периоды этих трех систем значительно отличаются:  $P = 26.52$ (UV Ceti)

[14],  $P = 15.643$  (FL Vir) [15] и  $P = 4.04$  (CR Dra) [11]. Отметим, что максимальное и минимальное расстояния между компонентами этих систем также довольно разные - 8.29-1.95AU для UV Ceti, 5.26-2.86 AU для FL Vir и 2.96-2.10AU для CR Dra.

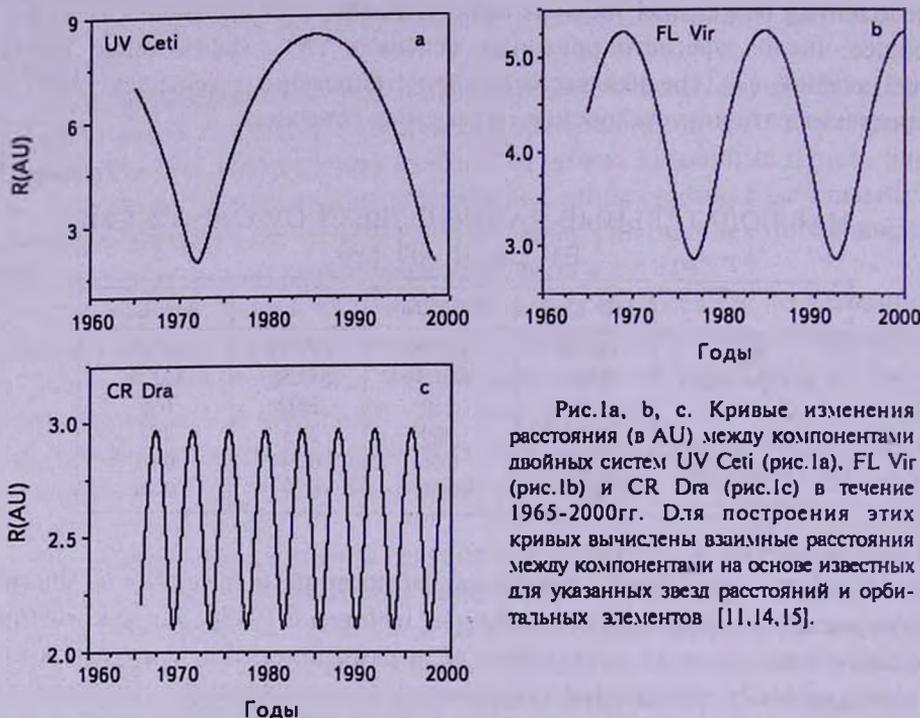


Рис.1а, б, с. Кривые изменения расстояния (в AU) между компонентами двойных систем UV Ceti (рис.1а), FL Vir (рис.1б) и CR Dra (рис.1с) в течение 1965-2000гг. Для построения этих кривых вычислены взаимные расстояния между компонентами на основе известных для указанных звезд расстояний и орбитальных элементов [11,14,15].

2.1. *UV Ceti*. Обе компоненты двойной системы UV Ceti являются вспыхивающими звездами. Орбитальный период составляет 26.5 лет, большая полуось орбиты составляет  $1''.95$ , ее наклон к лучу зрения равен 127 град., а эксцентриситет равен 0.62 (остальные элементы можно найти в [14]). На основе этих данных и известного параллакса ( $0''.381$ ) можно вычислить линейное расстояние между компонентами для любой эпохи наблюдений (см. рис.1). Рис.2а представляет его изменение (в AU) в период 1965-1980гг., а на рис.2б представлено распределение частоты вспышек за тот же период. Мы использовали наблюдательные данные за этот период, так как 90% данных для UV Ceti получены именно в течение этого времени. Из этих данных видно, что минимальное расстояние между компонентами (1.95AU) зарегистрировано 1-го декабря 1971г., а максимальное расстояние (8.29AU) - 2-го марта 1985г., с соответствующими радиальными скоростями -8.22 км/с и +1.95 км/с [14]. Следует помнить, что из-за довольно большого эксцентриситета орбиты взаимное движение компонент в апоастре значительно медленнее, чем в периастре, что увеличивает возможность получения

наблюдательных данных на этом участке орбиты.

Для звезды UV Ceti собрано 1925 вспышек, зарегистрированных за 1784 часов. Средняя частота вспышек составляет около 1.08 всп./час. На рис.2а, б хорошо видно, что минимальному расстоянию между компонентами системы соответствует максимальное значение частоты зарегистрированных вспышек  $N/T$ . При представлении частоты вспышек

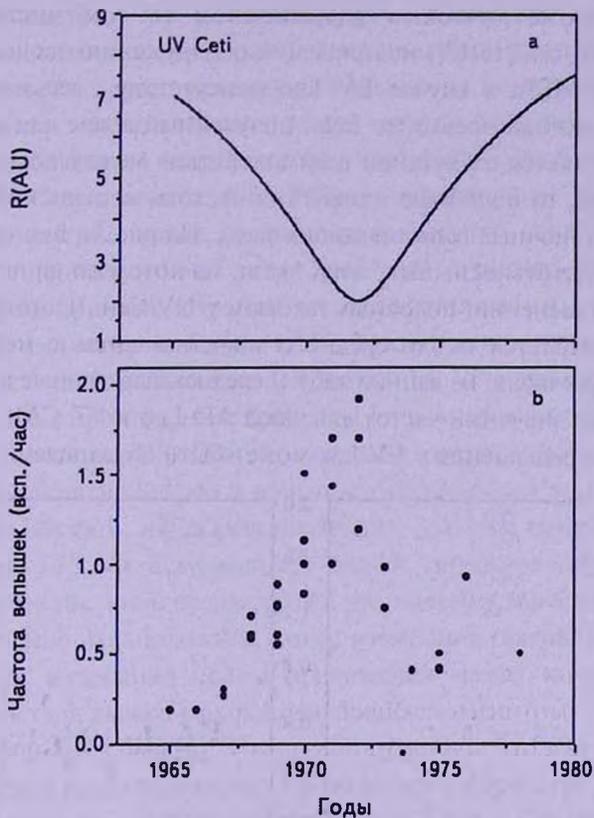


Рис.2а, б. Изменение расстояния между компонентами системы UV Ceti (в AU) в период 1965-1980гг. (рис.2а), и распределение частоты вспышек ( $N_{\text{всп.}}/\text{час}$ ) за тот же период (рис.2б).

с помощью гауссовского распределения (рис.2б) максимум соответствует эпохе 1971.4, а с помощью квадратного трехчлена второго порядка - 1972.1. Эти значения очень близки к вычисленной эпохе периастра (1971.91), причем из рис.2б видно также, что по мере приближения к нему наблюдается непрерывное увеличение частоты вспышек в среднем в 4-5 раз. Так, на расстояниях 6.5-7AU в обе стороны от периастра средняя частота была равна 0.25 всп./час и 0.67всп./час в периоды, соответственно 1965-1968гг. и 1975-1990гг. Полученные данные подтверждают, что с уменьшением взаимного расстояния компонент частота зарегистрированных

вспышек увеличивается, а значительные отличия в последних в указанные эпохи обусловлены по-видимому лучшей чувствительностью использованных приемников, давших возможность зарегистрировать более слабые вспышки.

**2.2. Звезды AD Leo, EV Lac и YZ CMi.** Для сравнения рассмотрим распределение частот вспышек во времени для одиночных вспыхивающих звезд AD Leo, EV Lac и YZ CMi. Многочисленные наблюдения этих звезд с высоким астрометрическим разрешением (в том числе speckle интерферометрии, см. [16,17]) не привели к обнаружению двойственности AD Leo и YZ CMi, а в случае EV Lac присутствие весьма слабого компонента только подозревается. Если полученный выше для звезды UV Ceti результат является следствием взаимодействия между компонентами двойной системы, то подобные изменения частоты вспышек не должны наблюдаться у одиночных вспыхивающих звезд. На рис.3а, б, с приводится распределение частоты вспышек этих звезд, из которого видно, что оно не показывает изменений, подобных таковым у UV Ceti. Частота вспышек у этих звезд колеблется около среднего значения лишь с небольшими отклонениями. Как видно из данных табл.1, среднеквадратичные отклонения  $\sigma$  вокруг средних значений частот для звезд AD Leo и YZ CMi невелики, а их небольшое превышение у EV Lac может быть обусловлено наличием

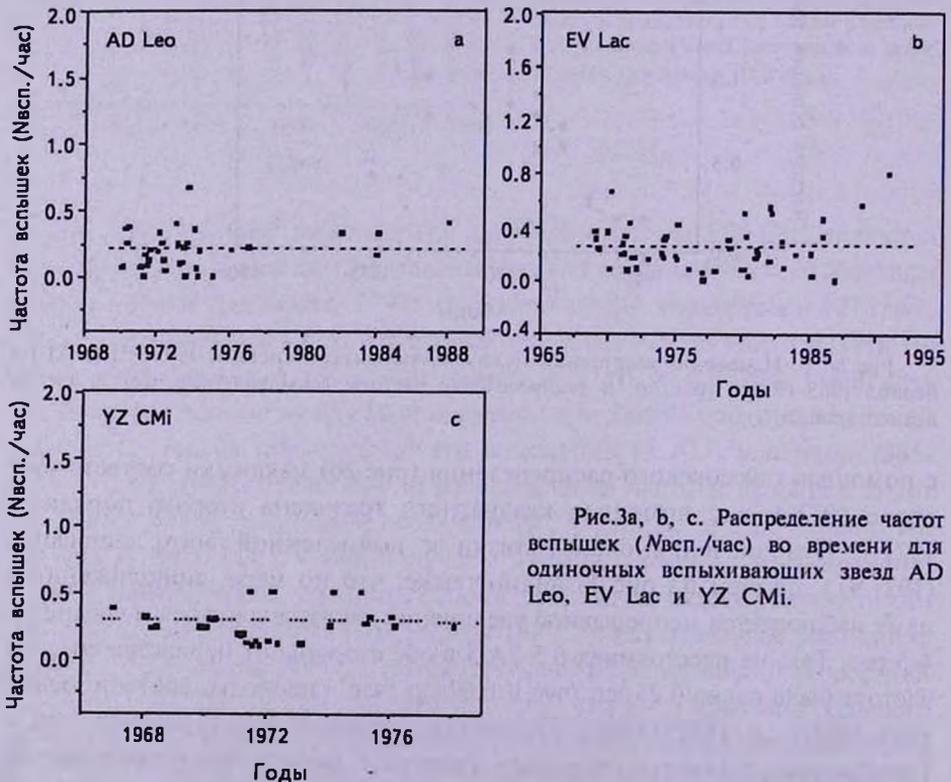


Рис.3а, б, с. Распределение частот вспышек (Нвсп./час) во времени для одиночных вспыхивающих звезд AD Leo, EV Lac и YZ CMi.

очень слабого компаньона.

3. *Заключение.* Полученные нами результаты показывают, что частота вспышек двойной вспыхивающей звезды UV Ceti явно зависит от взаимного расстояния между компонентами, причем она, резко возрастая, получает максимальное значение именно в периастре, а минимальное значение – вблизи апоаистра. Это указывает, что вспышечная активность звезды напрямую связана с орбитальным движением компонентов, хотя, конечно, не исключает и другие механизмы повышения активности. В то же время у одиночных вспыхивающих звезд частота вспышек в течение всего времени наблюдений остается почти постоянной. Изучая частоту вспышек звезды UV Ceti в период 1965-1990гг., авторы ранее пришли к выводу, что ее изменение носит циклический характер (подобный таковому у Солнца) с периодом 10-15 лет [13]. Следует отметить, что этот результат [13] получен при рассмотрении распределения частоты вспышек только с большими амплитудами ( $\Delta m > 1^m.4$ ). Рассмотренное недавно распределение частоты вспышек вспыхивающей звезды FL Vir указало на ее возможную корреляцию с орбитальным периодом [12]. Аналогичное исследование для двойной системы CR Dra не показало ощутимой корреляции между вспышечной активностью и взаимным положением ее компонентов [11].

Таким образом, наши результаты для UV Ceti качественно совпадают с таковыми у FL Vir. Если частота вспышек зависит от взаимного расстояния компонентов так, что в периастре она максимальна, а в апоастре минимальна, то естественно предположить, что ее изменение главным образом является следствием изменения силы притяжения между компонентами и/или взаимодействия далеко распространяющихся магнитных полей в коронах и внекорональных областях. Интересно отметить, что для двойной системы UV Ceti сила гравитационного притяжения в периастре в 18 раз больше, чем в апоастре (около 3.5 раза для FL Vir и 2 раза у CR Dra). Следовательно, становится понятно, почему у UV Ceti вышеупомянутая зависимость выражена очень сильно, тогда как у CR Dra она практически незаметна.

Наконец, следует отметить, что если зависимость между частотой вспышек и взаимным расстоянием компонентов двойных вспыхивающих звезд одинакова для всех двойных систем, то при наличии достаточного количества наблюдательных данных можно попытаться решить и обратную задачу определения орбитального периода путем исследования распределения частоты вспышек.

<sup>1</sup> Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: nmelikia@bao.sci.am

<sup>2</sup> Астрономическая обсерватория "Рамон Мария Аллер" университета Сантьяго де Компостела, Испания, e-mail: vakhtang.tamazian@usc.es

## THE VARIATION OF FLARE ACTIVITY OF UV Ceti

N.D.MELIKIAN<sup>1</sup>, V.S.TAMAZIAN<sup>2</sup>, A.L.SAMSONYAN<sup>1</sup>

Analysis of relationship between flare activity and linear distance of the components in the well known double system of flare star UV Ceti is carried out. It is shown that flare activity clearly depends on the distance between components. The higher activity level corresponds to the lower distance between components, while no correlation is being detected in single flare stars.

Key words: *stars: flare star UV Ceti*

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Амбарцумян, Сообш. Бюр. обсерв., 13, 3, 1954.
2. V.A.Ambartsunian, in Proc. IAU Symp. 3, Non Stable Stars, ed. G.Herbig, Cambridge MA: Cambridge Univ. Press, 177, 1957.
3. G.Haro, in Proc. IAU Symp. 3, "Non Stable Stars", ed. G.Herbig, Cambridge MA: Cambridge Univ. Press, 26, 1957.
4. В.А.Амбарцумян, Астрофизика, 6, 31, 1970.
5. C.Allen, M.A.Herrera, Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica, 34, 37, 1998.
6. A.Poveda, C.Allen, M.A.Herrera, G.Cordero, C.Lavalley, Astron. Astrophys. 308, 55, 1996.
7. C.Allen, A.Santillan, Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica, 22, 255, 1991.
8. M.Petit, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 85, 971, 1990.
9. J.S.Lewis, Physics and Chemistry of the Solar System, Elsevier Academic Press, second edition, p.629, USA, 2004.
10. W.E.Kunkel, PhD Thesis, Univ. Texas, USA, 1967.
11. V.S.Tamazian, J.A.Docobo, Y.Y.Balega et al., Astrophys. J., 136, 974, 2008.
12. B.R.Pettersen, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 368, 1392, 2006.
13. B.R.Pettersen, S.R.Sundland, S.L.Hawley, ASPC, 9, 177, 1990.
14. D.Geyer, R.Harrington, C.Worley, Astron. J., 95, 1841, 1988.
15. G.Torres, T.J.Henry, O.G.Franz, L.H.Wasserman, Astron. J., 117, 562, 1999.
16. J.A.Docobo, V.S.Tamazian, Y.Y.Balega, N.D.Melikian, Astron. J., 132, 994, 2006.
17. J.A.Docobo, V.S.Tamazian, Y.Y.Balega, N.D.Melikian, Astron. J., 140, 1078, 2010.