

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 7

МАЙ, 1971

ВЫПУСК 2

О ХАРАКТЕРЕ ВСПЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ЗВЕЗД ТИПА UV CETI. II.

В. С. ОСКАНЯН, В. Ю. ТЕРЕБИЖ

Поступила 10 августа 1970

Рассматриваются результаты фотозлектрических наблюдений звезд AD Leo, EV Lac, YZ CMi и UV Cet в В-цвете, выполненных в 1967—1970 гг. Изучение распределения амплитуд, энергий и функции частот вспышек показывает, что свойства первых трех звезд весьма близки. Относительная вспышечная светимость рассматриваемых звезд приблизительно одинакова. Подробно обсуждаются роль наблюдательной селекции при выделении вспышек малой амплитуды и проблема определения абсолютной вспышечной активности звезд.

В первой части нашей работы [1] изучалась временная последовательность вспышек звезд UV Cet и YZ CMi. В настоящей статье вспышки этих же звезд, а также звезд AD Leo и EV Lac, для которых имеются наиболее полные данные, рассматриваются с точки зрения их физических свойств.

Наблюдательный материал [2—18], использованный в данной статье, в основном тот же, что и в первой части работы. Все рассматриваемые данные получены из наблюдений в В-цвете, выполненных в 1967—1970 гг. Некоторые из обсуждаемых здесь характеристик вспыхивающих звезд рассматривались ранее с несколько иной точки зрения В. Кункелем [19], Р. Е. Гершбергом [20], К. Осовой с соавторами [21], М. Пти [22], Р. Е. Гершбергом и П. Ф. Чугайновым [23] и другими исследователями на основании иного наблюдательного материала. Преимуществом использованного нами материала является большая однородность и систематичность наблюдений.

В первых пяти столбцах табл. 1 приведены основные данные о четырех рассматриваемых звездах: видимые и абсолютные величины в В-цвете, эффективное время наблюдений t и число зарегистрированных за это время вспышек N . Пояснения к остальным данным, приведенным в табл. 1, будут даны ниже.

1. *Функция частот и распределение амплитуд вспышек.* Амплитуда вспышки, происшедшей на звезде со светимостью L_* , обычно характеризуется одной из величин

$$\Delta m = 2.5 \lg \frac{L_* + L_f^{\max}}{L_*} \quad (1)$$

или

$$\Delta m' = -2.5 \lg \frac{L_f^{\max}}{L_*}, \quad (2)$$

где $L_f^{\max}$ — максимальная светимость вспышки (без звезды). Как видно из (1) и (2), Δm характеризует изменение видимой величины звезды

Таблица 1

Звезда	B	M_B	$t_{\text{мин}}$	N	$\bar{A}$	σ_A	$\bar{H}$	σ_H	$\bar{P}_{\text{дн}}$	$\Delta t_{\text{мин}}$	$\sigma_{\Delta t}$	L/L_*
AD Leo	10.90	12.50	14253	38	6.5	16.6	33.7	122	0.95	10.4	13.6	0.039
EV Lac	11.83	13.33	14568	49	3.2	4.2	11.5	35	0.88	6.2	8.8	0.008
YZ CMi	12.93	13.62	24880	101	5.6	20.1	25.0	134	0.66	9.7	26.6	0.026
UV Cet	14.03	16.83	12057	151	0.5	0.9	0.3	0.7	0.55	3.6	4.6	0.008 (0.019)

в результате вспышки, в то время как $\Delta m'$ представляет собой разность видимых (или абсолютных) величин вспышки и звезды. Величины Δm и $\Delta m'$ однозначно связаны между собой, поэтому, зная одну из них и абсолютную величину звезды M_* , можно найти абсолютную величину вспышки

$$M_f = M_* + \Delta m' \quad (3)$$

и светимость вспышки в максимуме

$$A = \frac{L_f^{\max}}{L_{15}} = 10^{-0.4(M_f - 15)}, \quad (4)$$

выраженную в долях светимости звезды с $M_B = 15$ (для перехода от A к $L_f^{\max}$ можно пользоваться приближенным значением $L_{15} \approx 10^{29}$ эрг/сек).

Наблюдаемое распределение числа вспышек данной амплитуды для четырех рассматриваемых звезд представлено на рис. 1. В табл. 2 для удобства приведены абсолютные величины этих же вспышек. Разумеется, в области малых амплитуд наблюдаемые распределения искажены наблюдательной селекцией. Предельное значение светимости вспышки A_1 , выше которого влиянием селекции можно пренебречь,

зависит для каждой звезды от ее абсолютной и видимой величин, а также от условий наблюдения. Более подробное обсуждение проблемы определения слабого конца функции распределения амплитуд будет проведено в разделе 2, где будет показано, что для звезд AD Leo, EV Lac и YZ CMi величина $A_1 \approx 1.0-1.5$, а для UV Cet $A_1 \approx 0.15$.

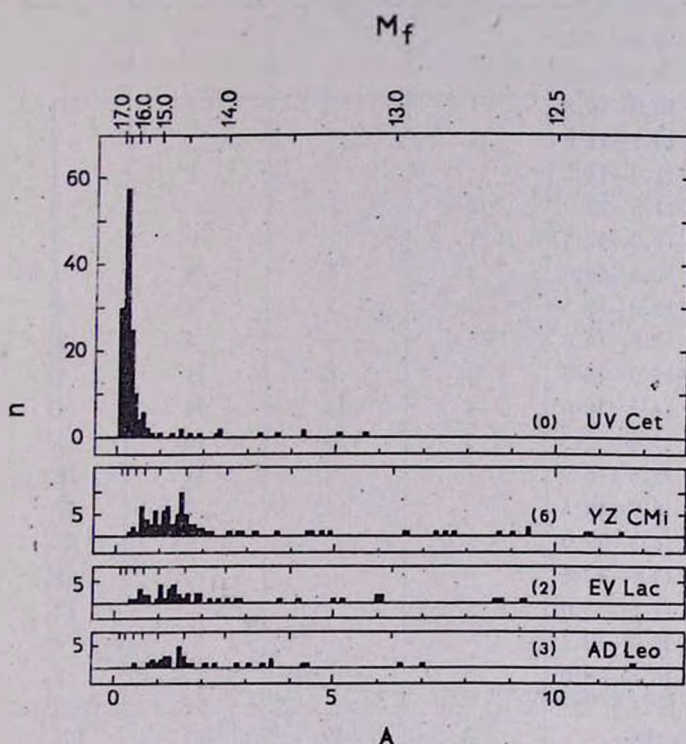


Рис. 1. Распределение амплитуд вспышек звезд типа UV Cet. Числа в скобках указывают количество вспышек с $A > 12$.

Таким образом, мы можем сравнивать наблюдаемые распределения лишь в области $A \approx 1$. Характерной особенностью функции распределения амплитуд для всех четырех звезд является ее медленное убывание с ростом A . По этой причине относительная величина дисперсии амплитуд вспышек весьма велика. В шестом и седьмом столбцах табл. 1 приведены средние значения амплитуд вспышек $\bar{A}$ и соответствующие стандартные отклонения. Как видно, σ_A настолько велико, что $\bar{A}$ определяется из наблюдений с большой ошибкой. Имея также в виду, что значение $\bar{A}$ сильно зависит от влияния наблюдательной

селекции, можно утверждать, что задание лишь средних амплитуд весьма мало характеризует вспышечную активность рассматриваемых звезд.

Таблица 2

M_f	AD Leo	EV Lac	YZ CMi	UV Cet
9.0—9.5			1	
9.5—10.0				
10.0—10.5	1		1	
10.5—11.0	1			
11.0—11.5			1	
11.5—12.0	1	1		
12.0—12.5	1	1	6	
12.5—13.0	2	3	8	
13.0—13.5	2	7	3	4
13.5—14.0	5	4	5	2
14.0—14.5	7	8	14	4
14.5—15.0	14	14	34	4
15.0—15.5	3	5	14	3
15.5—16.0	1	5	12	10
16.0—16.5		1	2	17
16.5—17.0				34
17.0—17.5				45
17.5—18.0				17
18.0—18.5				9
18.5—19.0				2
Всего	38	49	101	151

Для того, чтобы учесть различия в эффективном времени наблюдения звезд, наряду с плотностью распределения амплитуд $p(A)$ удобно ввести [19] функцию частот $\nu(A)$, определяемую формулой

$$\nu(A) = \nu(0) \int_A^{\infty} p(x) dx \quad (5)$$

и представляющую собой частоту тех вспышек данной звезды, амплитуда которых превосходит A . Постоянная $\nu(0)$ в (5) характеризует абсолютную вспышечную активность звезды.

На рис. 2 приведены наблюдаемые функции частот $\nu_0(A)$ (они совпадают с $\nu(A)$ при $A > A_1$) для исследуемых звезд. При рассмотрении рисунка бросается в глаза сходство функций $\nu_0(A)$ для звезд

AD Leo, EV Lac и YZ CMi и их отличие от функции частот вспышек UV Cet. Различие кривых для первых трех звезд в области $A > 1$ настолько мало, что вполне может быть вызвано случайными флуктуациями, однако отличие функции $\nu_0(A)$ для UV Cet не может быть объяснено таким образом и имеет реальный характер. Хотя UV Cet

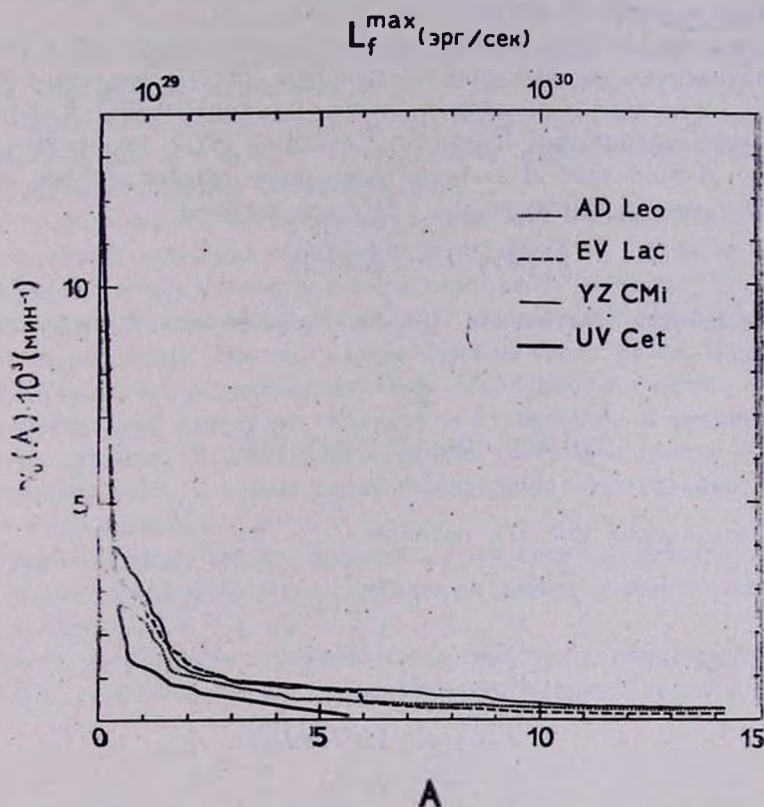


Рис. 2. Функции частот вспышек в зависимости от амплитуды A .

наблюдалась в рассматриваемый период времени почти столько же, сколько EV Lac и AD Leo, на ней не произошло ни одной вспышки с $A > 6$. С другой стороны, в течение всего времени изучения UV Cet на ней наблюдались значительно большие вспышки вплоть до $\Delta m_v \approx 5.6$ ($A \approx 100$) [24]. Отсутствие таких вспышек в рассматриваемый период времени можно объяснить либо тем, что частота больших вспышек вообще мала для UV Cet, либо изменением вспышечной активности этой звезды.

2. *Частота вспышек малой амплитуды.* Как уже отмечалось выше, наблюдения позволяют определить функцию частот вспышек лишь при достаточно больших A . Хотя вклад малых вспышек в полную энергию, освобождающуюся во вспышках, вероятно, довольно мал, знание частоты малых вспышек существенно для понимания природы вспышечной активности звезд типа UV Cet.

Поскольку вспышки разных амплитуд регистрируются с различной вероятностью, удобно ввести функцию $H(A)$, представляющую собой долю тех вспышек данной звезды с амплитудой A , которые будут зарегистрированы. Очевидно, функция $H(A)$ возрастает от 0 при малых A до 1 при $A \geq A_1$. Наблюдаемое распределение амплитуд $p_0(A)$ связано с истинным $p(A)$ соотношением

$$p_0(A) = CH(A)p(A), \quad (6)$$

где C — некоторая постоянная. Далее, наблюдаемая функция частот $\nu_0(A)$ равна

$$\nu_0(A) = \nu(0) \int_A^\infty H(x) p(x) dx. \quad (7)$$

Сравнивая формулы (5)–(7), находим

$$\nu(A) = \nu_0(A) \frac{\int_A^\infty \frac{p_0(x)}{H(x)} dx}{\int_A^\infty p_0(x) dx}. \quad (8)$$

Таким образом, знание функции $H(A)$ позволяет исправить наблюдаемые распределения в той области, где они начинают искажаться наблюдательной селекцией. Конечно, вспышки с очень малыми амплитудами не наблюдаются вообще и найти их число нельзя. Поэтому и в области наблюдаемых значений амплитуд функция $p(A)$ определяется из (6) лишь с точностью до постоянного множителя.

Рассмотрим теперь условия, при которых вспышка с амплитудой A на данной звезде будет зарегистрирована. Обозначим посредством X_s отсчет, обусловленный потоком излучения F_s , приходящим от звезды с видимой величиной m_s ; посредством $\bar{X}_s(m_s)$ и $\sigma_s^2(m_s)$ — среднее значение и дисперсию X_s . Обычно принимаемое условие выделения вспышки [25] состоит в том, что ее максимальный отсчет X_f должен по край-

ней мере в три раза превосходить $\sigma_x: X_f > 3\sigma_x$. При этом предполагается, что распределение шума является нормальным.

При указанном критерии обнаружения вспышек естественно было бы ожидать, что чаще всего должны наблюдаться вспышки, для которых X_f лишь ненамного превосходит $3\sigma_x$. Однако при внимательном рассмотрении наблюдательного материала выясняется, что вспышек с $3\sigma_x \leq X_f \leq 5\sigma_x$ практически нет. Это означает, что на самом деле наблюдатели принимают в качестве вспышек лишь те выбросы записи, которые не менее чем в 5—7 раз превосходят σ_x . Например, Эндрюс [15] считал вспышку, составляющую $6.3\sigma_x$, только возможной, а вспышку в $4.3\sigma_x$ — сомнительной. Аналогичные примечания можно найти и у других наблюдателей.

С теоретической точки зрения стремление наблюдателей ставить более жесткий критерий обнаружения вспышки по сравнению с правилом „трех сигм“ является совершенно естественным. Отклонение, превосходящее $3\sigma_x$, маловероятно лишь при однократной реализации случайной величины. Запись блеска звезды при фотозлектрическом наблюдении можно рассматривать как совокупность весьма большого числа реализаций случайных величин — отсчетов X_i в фиксированные моменты времени. В этой совокупности нетрудно найти выбросы, превосходящие $3\sigma_x$, и наблюдатель совершенно справедливо не принимает их за вспышки.

Таким образом, вместо правила „трех сигм“ в действительности применяется условие $X_f > l\sigma_x$. Величину l можно оценить следующим простым способом.

Известно [26], что среднее число выбросов стационарной нормальной случайной функции за уровень a в единицу времени равно

$$\rho(a) = \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{(a-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}} \frac{\sigma_v}{\sigma_x}, \quad (9)$$

где $\bar{x}$ — среднее значение функции, σ_x^2 и σ_v^2 — дисперсии координат и скоростей. В качестве критического естественно принять такой уровень, для которого число случайных выбросов шума мало по сравнению с числом реальных вспышек, т. е.

$$\frac{\rho(a)}{\nu(a)} \leq \delta, \quad (10)$$

где $\delta \ll 1$. Для того, чтобы оценить критический уровень, нами была обработана произвольно взятая запись наблюдений YZ CMi. Было найдено, что распределение шума является нормальным с высокой

степенью точности, причем $\sigma_x = 2$ мм и $\sigma_v = 8$ мм/мин. Принимая частоту вспышек $\nu \approx 3 \cdot 10^{-3}$ мин $^{-1}$ (см. рис. 2) и $\delta = 0.00135$, что соответствует правилу „трех сигм“ для одного опыта, находим из (9) и (10)

$$l = \frac{\bar{\sigma}_x}{\sigma_x} \approx 5, \quad (11)$$

что согласуется с наблюдательной практикой.

Принимая определенное значение l , нетрудно найти область обрезания амплитуд вспышек данной звезды. Действительно, учитывая, что

$$A = \frac{X_f}{\bar{X}_s} 10^{-0.4(M_s - 15)}, \quad (12)$$

перепишем условие $X_f > l \bar{X}_s$ обнаружения вспышки в виде

$$A > A_{\text{пр}} \equiv \frac{l \bar{X}_s}{\bar{X}_s} 10^{-0.4(M_s - 15)}. \quad (13)$$

Отношение шума к сигналу $\sigma_s/\bar{X}_s$ зависит от условий наблюдения, видимой величины звезды m_s , диаметра телескопа и других причин и потому является для данного наблюдения случайной величиной. Отношение $\sigma_s/\bar{X}_s$ измеряется каждым наблюдателем по крайней мере один раз за ночь и приводится в литературе наряду с данными о вспышках, поэтому функция распределения величины $A_{\text{пр}}$ может быть построена для каждой исследуемой звезды. Обращаясь к неравенству (13), мы видим, что эта функция распределения и есть $H(A)$ — вероятность того, что вспышка с амплитудой A будет зарегистрирована:

$$H(A) = P[A_{\text{пр}} \leq A]. \quad (14)$$

Сейчас трудно решить вопрос о том, какое значение l принимается на самом деле при обработке фотоэлектрических наблюдений. Нами была построена функция $H(A)$ для четырех рассматриваемых звезд при различных l от 5 до 10. Она хорошо аппроксимируется выражением

$$H(A) = \begin{cases} 0, & 0 < A \leq A_0, \\ 1 - e^{-\beta(A - A_0)}, & A > A_0, \end{cases} \quad (15)$$

где постоянные A_0 и β зависят от принятого значения l и различны для разных звезд.

Исправление наблюдаемого распределения амплитуд вспышек при помощи функции $H(A)$ приводит к следующим выводам:

а) верхняя граница области, где сказывается наблюдательная селекция, равна примерно $A_1 \simeq 1.5$ ($M_f \simeq 14.5$) для звезд AD Leo, EV Lac и YZ CMi и $A_1 \simeq 0.15$ ($M_f \simeq 17.0$) для UV Cet;

б) роль наблюдательной селекции последовательно уменьшается для звезд AD Leo, EV Lac и YZ CMi. Поэтому различие функций частот $\nu(A)$ этих звезд в области $A \lesssim 1$ должно быть еще меньше, чем то, которое следует из рис. 2;

в) исправленная функция распределения амплитуд возрастает при уменьшении A лишь при $l \simeq 10$. Действительно ли l имеет такое значение, или при вычислении вероятности обнаружения вспышки нужно учитывать не только ее амплитуду, но и другие характеристики, например, продолжительность и форму, — не ясно. Поэтому вопросы, связанные с более точным определением абсолютной вспышечной активности звезд, нуждаются в дальнейшем обсуждении.

Следует отметить, что светимость UV Cet настолько мала, что мы имеем возможность наблюдать на ней очень слабые вспышки. Привлекает внимание резкое возрастание функции частот вспышек этой звезды при $A \leq 0.7$. Вполне возможно, что такое поведение функции частот характерно и для других вспыхивающих звезд. В этом случае абсолютная вспышечная активность звезд может на порядок превосходить наблюдаемую.

3. *Энергии, продолжительности и типы вспышек.* Обратимся теперь к данным о распределении вспышек по энергиям. Полная энергия, излучаемая при вспышке, равна

$$E_f = \int_{t_1}^{t_2} L_f(t) dt, \quad (15)$$

где t_1 и t_2 — моменты начала и окончания вспышки, $L_f(t)$ — светимость вспышки (напомним, что мы рассматриваем светимость только в В-цвете). Поскольку из наблюдений выводятся обычно относительные светимости, удобно ввести величину Θ согласно формуле

$$E_f = E_{15} \cdot \Theta, \quad (17)$$

где $E_{15} = 60 L_{15}$ ($\simeq 6 \cdot 10^{30}$ эрг) — энергия, излучаемая звездой с $M_B = 15$ за 1 мин.

Подобно тому, как это делалось для амплитуд, можно построить уже другую функцию частот $\nu(\Theta)$, представляющую собой частоту

тех вспышек данной звезды, энергия которых превосходит Θ . Функции частот вспышек рассматриваемых четырех звезд представлены на рис. 3. В восьмом и девятом столбцах табл. 1 приведены соответствующие средние значения $\bar{\Theta}$ и стандартные отклонения σ_{Θ} .

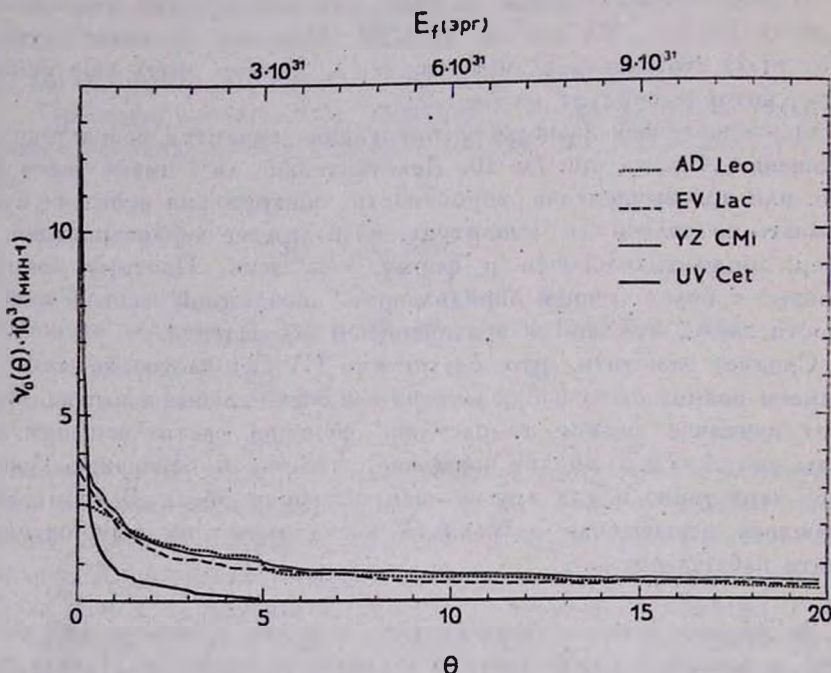


Рис. 3. Функции частот вспышек в зависимости от энергии Θ .

Как и функция $\gamma(A)$, функция частот в зависимости от Θ медленно убывает с ростом энергии вспышки. Дисперсия энергий еще больше, чем дисперсия амплитуд. Лишь UV Cet выделяется в этом отношении среди рассматриваемых звезд—функции частот и параметры AD Leo, EV Lac и YZ CMi весьма близки.

Прямым следствием медленного убывания функции частот является тот факт, что полная энергия, теряемая звездой при вспышках в оптической области спектра, определяется, в основном, самыми большими вспышками. Хотя мы не знаем функцию частот в области малых энергий, весьма маловероятно, чтобы небольшие вспышки играли существенную роль в энергетических потерях звезды.

Как и следовало ожидать, между энергиями вспышек и их амплитудами существует довольно четкая линейная зависимость; соответствующие коэффициенты корреляции приведены в десятом столбце

табл. 1. В следующих двух столбцах этой таблицы приведены средние значения и стандартные отклонения продолжительности вспышек рассматриваемых четырех звезд.

В работе [27] один из авторов данной статьи предложил классификацию кривых блеска вспыхивающих звезд, согласно которой можно выделить четыре типа кривых блеска. Табл. 3 представляет распределение типов вспышек для исследуемых звезд. В последнем столбце табл. 3 указано общее число классифицированных вспышек.

Таблица 3

Звезда Тип	I	II	III	IV	N
AD Leo	0.15	0.20	0.62	0.03	34
EV Lac	0.22	0.24	0.51	0.03	37
YZ CMi	0.38	0.15	0.44	0.03	74
UV Cet	0.63	0.13	0.23	0.01	107

Из приводимых данных нетрудно заметить, что доля вспышек I типа (характеризующегося быстрым возрастанием и убыванием светимости) возрастает с уменьшением светимости звезды, а доля вспышек III типа (для которого характерны значительно меньшие скорости возрастания и убывания светимости)—уменьшается. Доля вспышек промежуточного типа II остается практически неизменной при переходе к звездам низкой светимости. Вспышки IV типа одинаково редко встречаются на всех звездах.

Весьма важным параметром, характеризующим вспышечную активность звезды, является полная энергия E_f , излученная при вспышках в некоторой области спектра за большой промежуток времени T . Разделив E_f на T , мы получим, по определению, вспышечную светимость данной звезды L в выбранном участке спектра. Данные об относительной вспышечной светимости L/L_* исследуемых звезд в В-цвете приведены в последнем столбце табл. 1. При этом мы принимали во внимание лишь вспышки с энергией $\Theta \geq 1$, а для UV Cet, помимо этого, было найдено значение L/L_* с учетом всех вспышек с $\Theta > 0.1$,—это значение указано в скобках. Как уже отмечалось, вспышечная светимость определяется, в основном, большими вспышками, так что наблюдаемые значения должны быть близки к истинным.

При рассмотрении данных об относительной вспышечной светимости звезд привлекают внимание следующие два факта: 1) малость значений L/L_* и 2) их постоянство.

Первое обстоятельство уже неоднократно отмечалось наблюдателями. Конечно, нужно учитывать, что вспышечная светимость мала ($L \simeq 10^{-2} L_*$) лишь в В-области. Полная светимость вспышек с учетом излучения, испускаемого в ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра, может составлять более существенную часть светимости звезды.

Весьма интересно, что отношение L/L_* примерно одно и то же для четырех рассматриваемых звезд, хотя светимости их различны. Так, светимость AD Leo в 50 раз больше светимости UV Cet—и во столько же раз больше ее вспышечная светимость. Было бы желательно проверить, соблюдается ли такая пропорциональность для более ярких звезд.

4. *Заключение.* Перечислим в заключение основные результаты, полученные в данной статье.

1. Максимальные светимости наблюдаемых в 1967—1970 гг. вспышек звезд AD Leo, EV Lac, YZ CMi и UV Cet в В-цвете заключены в широком интервале между $4 \cdot 10^{27}$ эрг/сек и $2 \cdot 10^{31}$ эрг/сек; интервал энергий простирается от $5 \cdot 10^{28}$ эрг до 10^{34} эрг. При этом светимость и энергия большинства вспышек меньше соответствующих средних значений.

2. Сравнение основных параметров исследуемых звезд с учетом наблюдательной селекции показывает, что свойства звезд AD Leo, EV Lac и YZ CMi весьма близки, в то время как UV Cet существенно отличается от остальных звезд. Вспышки UV Cet имели меньшие амплитуды и энергии, были менее продолжительны и принадлежали преимущественно к I типу по классификации кривых блеска [27].

3. У звезды UV Cet наблюдается резкое увеличение частоты вспышек с уменьшением амплитуды в области $L_f^{\max} \lesssim 7 \cdot 10^{28}$ эрг/сек. Возможно, что и для других исследованных звезд функция частот вспышек при столь малых значениях $L_f^{\max}$ ведет себя аналогичным образом, однако светимости этих звезд слишком велики, чтобы мы могли наблюдать на них слабые вспышки.

4. Вспышечная светимость рассматриваемых звезд определяется, в основном, самыми большими вспышками. Относительная вспышечная светимость в В-цвете L/L_* исследованных четырех звезд приблизительно одинакова и составляет примерно 1%.

Относительная вспышечная светимость является, вероятно, одним из важнейших параметров, характеризующих активность звезды. Сей-

час трудно сказать, связана ли вспышечная светимость непосредственным образом со светимостью звезды, или эта связь имеет косвенный характер (возраст звезды, ее масса и т. д.). Заманчиво и другие различия в свойствах звезд, например, поведение функции частот связывать с различием их светимостей, однако и в этом случае зависимость может быть косвенной.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ON SOME CHARACTERISTICS OF THE FLARE ACTIVITY OF UV CETI TYPE STARS. II.

V. S. OSKANIAN, V. Yu TEREbizh

The results of B-colour photoelectric observations of the stars AD Leo, EV Lac, YZ CMi and UV Cet, effectuated during 1967—1970, are discussed. The distributions of amplitudes and amounts of radiated energies of flares as well as their frequency functions show that the properties of the first three stars are very similar. The relative flare luminosities of the investigated stars are approximatively equal. The influence of the observational selection on the detection of small-amplitude flares as well as the problem of determination of the absolute flare activity of these stars are discussed in detail.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. С. Осканян, В. Ю. Теребиз. *Астрофизика*, 7, 83, 1971.
2. K. Ichimura, Tokyo Astr. Bull., Sec. ser., No. 187, 1968.
3. K. Ichimura, T. Noguchi, E. Watanabe, IBVS, No. 267, 310, 1968; No. 331, 334, 1969.
4. K. Osawa, K. Ichimura, T. Noguchi, E. Watanabe, T. Okuda, K. Okida, IBVS, No. 399, 405, 1969; No. 426, 1970.
5. N. I. Shakhovskaya, IBVS, No. 339, 1969.
6. P. F. Chugainov, IBVS, No. 338, 1969.
7. P. F. Chugainov, N. I. Shakhovskaya, IBVS, No. 340, 410, 411, 1969.
8. K. L. Maslennikov, N. I. Shakhovskaya, IBVS, No. 401, 1969.
9. S. Cristaldi, M. Rodonò, IBVS, No. 274, 1968; No. 403, 404, 1969; No. 423, 1970.
10. S. Cristaldi, M. Narbone, M. Rodonò, IBVS, No. 332, 333, 367, 1969.
11. S. Cristaldi, G. Godolt, M. Narbone, M. Rodonò, priv. communication.
12. B. Szetdl, IBVS, No. 345, 1969.
13. A. H. Jarrett, J. P. Eksteen, IBVS, No. 349, 364, 406, 1969; No. 412, 1970.
14. J. P. Eksteen, Th. Schmidt, IBVS, No. 264, 1968.
15. A. D. Andrews, IBVS, No. 265, 307, 1968.
16. F. M. Bateson, IBVS, No. 354, 1969.

17. K. Stenplot, IBVS, No. 305, 1968.
18. V. S. Oskantun, IBVS, No. 268, 1968.
19. W. E. Kunkel, Low-Luminosity Stars, ed. S. S. Kumar. 1969, p. 195; Thesis, University of Texas, Austin, 1967.
20. Р. Е. Гершберг, Вспышки красных карликовых звезд, Наука, М., 1970.
21. К. Ozawa, K. Ichimura, T. Noguchi, E. Watanabe, Tokyo Astr. Bull., Sec. ser. No. 188, 1968.
22. M. Pettit, IBVS, 430, 1970.
23. Р. Е. Гершберг, П. Ф. Чукайков, Изв. КрАО, 40, 7, 1969.
24. В. С. Осканян, Нестационарные звезды, Ереван, 1957, стр. 17.
25. A. D. Andrews, P. F. Chugainov, R. E. Gershberg, V. S. Oskantun, IBVS, No. 325, 1969.
26. Ю. В. Прохоров, Ю. А. Розанов, Теория вероятностей, Наука, М., 1967.
27. V. S. Oskantun, Non-Periodic Phenomena in Variable Stars, ed. L. Detre, Budapest, 1968.