

УДК: 524.33

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВОЙСТВЕННОСТИ У КРАСНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД ВЫСОКОЙ СВЕТИМОСТИ

Р.А.ВАРДАНЯН

Поступила 7 мая 1994

Принята к печати 20 мая 1994

На основе анализа фотометрических, колориметрических и поляриметрических данных показано, что красные переменные звезды высокой светимости по периоду изменения блеска делятся на две группы: I — двойные звезды с периодами больше 480 дней; II — одиночные звезды с периодами меньше 480 дней. Двойные звезды обладают: а) большими коэффициентами корреляции между изменениями блеска в полосе V и цветами $U-B$, $B-V$; б) относительно меньшими значениями цвета $U-B$ (< 1.5); в) сильными изменениями параметров поляризации. Это деление позволило подозревать звезду PZ Сая в двойственности.

1. *Введение.* После обнаружения Григоряном [1] в 1958г. собственной поляризации звездного излучения у красного сверхгиганта μ Сер в Бюраканской астрофизической обсерватории возник интерес к поляриметрическому исследованию красных переменных звезд. Поляриметрическое исследование красных звезд высокой светимости развивалось в двух направлениях:

а) Исследование поляризации света холодных сверхгигантов, принадлежащих к звездным ассоциациям.

б) Исследование поляризации света красных гигантов (правильных, полуправильных и неправильных переменных звезд высокой светимости), обычно не входящих в состав звездных ассоциаций.

Начиная с 1967г., нами были проведены поляриметрические наблюдения более чем двухсот звезд вышеуказанных типов, среди которых было открыто и исследовано тридцать звезд с собственной поляризацией [2-4].

В 1973-1977гг. поляриметрические и фотометрические наблюдения красных сверхгигантов были продолжены Абрамяном [5-7]. В результате этих наблюде-

ний было открыто существование собственной поляризации еще у 21 звезды.

В настоящей статье, на основе анализа фотометрических, колориметрических и поляриметрических данных о красных переменных звездах, нами рассмотрена возможность определения двойственности у красных переменных звезд высокой светимости.

2. *Выделение двойных красных сверхгигантов по изменениям их блеска, цвета и параметрами поляризации света.* В работе Абрамяна [7] приводятся результаты электрофотометрических U, B, V наблюдений красных сверхгигантов. В частности, им [7] приведены коэффициенты корреляции $r_V(B-V)$ между блеском в V и цветом $B-V$ и $r_V(U-B)$ между блеском в V и цветом $U-B$.

Приведены также величины $r_{0.05}$ с 5% уровнем значимости распределения коэффициента корреляции при гипотезе отсутствия корреляции. Это означает, что если $[r_V(B-V)]$ или $[r_V(U-B)]$ больше $r_{0.05}$, то гипотеза отсутствия корреляции неверна, и в этих случаях с вероятностью 0.95 существует корреляция блеска V с цветами $B-V$ или $U-B$. Естественно, что с увеличением соотношения $\left[\frac{r_V(B-V)}{r_{0.05}} \right]$ или $\left[\frac{r_V(U-B)}{r_{0.05}} \right]$ вышеуказанная вероятность корреляции увеличивается.

В дальнейшем для анализа данных нами будет использовано соотношение, $\left[\frac{r_V(B-V)}{r_{0.05}} \right]$, а не $\left[\frac{r_V(U-B)}{r_{0.05}} \right]$, поскольку в списке Абрамяна [7] величина $r_V(U-B)$ приводится не для всех звезд, в то время, как величина $r_V(B-V)$ дана для всех.

Отметим также, что величина $r_V(B-V)$ коррелирует с величиной $r_V(U-B)$: с увеличением $r_V(U-B)$ увеличивается $r_V(B-V)$ [7].

В дальнейшем мы будем использовать соотношение:

$$k = \left[\frac{r_V(B-V)}{r_{0.05}} \right]$$

и средние цвета $U-B$ холодных сверхгигантов, с целью отделения двойных звезд от одиночных. Наш выбор среднего цвета $\overline{U-B}$ двойных звезд (когда красный сверхгигант находится в паре с горячими звездами спектрального класса В)

обусловлен тем, что наблюдаемый цвет $U-B$ больше подвержен влиянию горячего компонента, чем цвет $B-V$.

В табл.1 приводятся использованные нами данные: наименование звезды, параметр k , величина $(\overline{U-B})$, $\bar{S}_{p\theta}$ (см. ниже), период (P) и спектральный класс звезд холодных сверхгигантов.

На рис.1 для всех этих звезд представлена зависимость параметра k от цвета $U-B$. На нем крестиками обозначены двойные звезды согласно ОКПЗ [8]. Для 4 из них степень поляризации минимальная ($P=0.3 \div 0.6\%$) [6], причем 3 из них являются звездами II класса светимости из звезд табл.1.

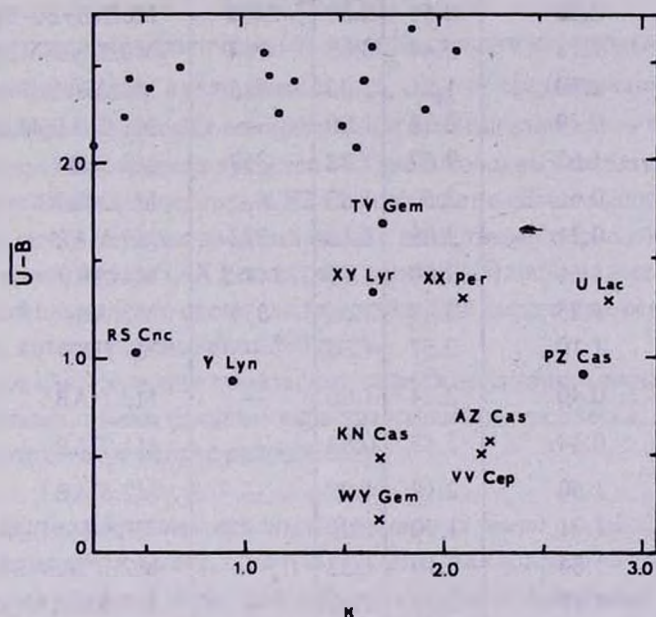


Рис.1. Зависимость параметра k от цвета $U-B$. $\times$ — двойные звезды, $\bullet$ — одиночные звезды.

В нижней правой части рис.1 расположены 6 двойных звезд и среди них лишь одна звезда (PZ Cas) не является известной двойной (самая слабая среди всех звезд холодных сверхгигантов списка [5]).

Все отмеченные звезды имеют максимальные величины k (> 1.6), минимальный цвет $U-B$ (≤ 1.3). В дальнейшем назовем их звездами I группы.

II группа звезд на рис.1 расположена выше $(\overline{U-B}) > 2.0$ и не содержит двойных звезд.

Таблица 1

СПИСОК КРАСНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ С ИЗВЕСТНЫМИ ЦВЕТАМИ
U-B. ФОТОМЕТРИЧЕСКИМИ
 И ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ [5-7]

Название звезды	$\left[\frac{r_V(B-V)}{r_{0.05}} \right]$	<i>U-B</i>	S_{PB}	Период (P)	Спектральный класс (S_p)
KN Cas	1.69	0.50	1.29	—	M1E1B+B2.6V
V466 Cas	1.95	2.29	1.41	—	M1.5IB
AZ Cas	2.23	0.56	2.50	3402	M0E1B+B0-B1V
FZ Per	1.13	2.44	0.83	184	M0.5IAB-M20IAB
XX Per	2.10	1.31	2.33	415	M4IAB+B
KK Per	0.49	2.39	1.00	—	M1.0IAB-M3.5IAB
BU Per	1.62	2.57	1.33	367	M3.5IB
PR Per	0.66	2.50	1.33	—	M1IAB-IB
SU Per	0.21	2.08	0.83	533	M3.5IAB
RS Per	1.56	2.08	1.16	244.5	M4IAB
T Per	1.25	2.41	1.50	379	M2IAB
BD+58°445	1.10	2.57	1.00	—	K5.7IAB
BD+56°609	0.40	2.24	1.00	—	M3.1IAB
BD+29°897	0.44	2.45	0.84	—	M1.7IAB
NO Aur	1.50	2.18	1.00	—	M2.5IAB
TV Gem	1.71	1.70	1.00	—	K5.5-M1.3IAB
WY Gem	1.64	0.19	1.25	—	M2EPIAB+B2V-B3V
Φ Aur	1.18	2.26	1.40	—	K5-M0IAB-IB
Y Lyn	0.92	0.89	0.85	110	M6.5IAB-II
RS Cnc	0.46	1.03	—	120:	M6E1B-II(S)
XY Lyr	1.61	1.34	0.94	—	M4-5IAB-II
AZ Cyg	1.86	2.73	2.00	459	M2-4IAB
μ Cep	2.07	2.57	8.00	730	M2EIA
VV Cep	2.21	0.56	1.41	7430	M2EPIA-IAB+B8:EV
ST Cep	1.61	2.43	1.35	—	M2IA-IAB
U Lac	2.85	1.29	2.12	550—690	M4EPIAB+B
PZ Cas	2.70	0.91	2.50	925	M2-4IA

Следует отметить, что средние значения степени поляризации света обеих групп звезд мало отличаются друг от друга ($P_I = 2.80\%$; $P_{II} = 2.94\%$).

Итак, рис.1 (зависимость параметра k от $\overline{U-B}$) позволяет по расположению звезд на нем четко разделить двойные звезды от одиночных. Исключение составляет звезда PZ Cas, на которой мы остановимся ниже.

Интересно отметить, что такое разделение красных переменных звезд на две группы, двойные и одиночные, наблюдается и на диаграмме ($\overline{S}_{p,\theta}$, k), где

$$\overline{S}_{p,\theta} = \frac{1}{2} \left(\frac{S_p}{\sigma_p} + \frac{S_\theta}{\sigma_\theta} \right),$$

S_p , S_θ — среднеквадратичные отклонения степени наблюдаемой поляризации и позиционного угла поляризации, а σ_p , σ_θ — среднеквадратичные ошибки одного измерения степени поляризации и позиционного угла поляризации для соответствующих средних яркостей (V) звезд холодных сверхгигантов [5]. При этом и на этой диаграмме звезда PZ Cas попадает в область двойных звезд.

Отметим, что у четырех двойных звезд с известными периодами из ОКПЗ [8], только у одной звезды (XX Per) период меньше 500 дней, но имеет 4100-дневный вторичный период, в то время как для остальных звезд очень редко наблюдаются периоды, которые превышают 500 дней.

Это дает нам основание думать, что, возможно, двойные звезды, по сравнению с одиночными, имеют большие периоды изменения их блеска.

Рассмотрим этот вопрос подробнее.

3. Выделение двойных красных переменных звезд высокой светимости по периоду изменения блеска. С целью рассмотрения вопроса об отделении красных переменных двойных звезд высокой светимости от одиночных по величине периода изменения блеска, из каталога ОКПЗ [8] были выписаны все те красные переменные звезды спектральных классов К и М, которые имеют горячие компоненты (в основном класса В).

Наименование, тип переменности, период и спектральный класс этих звезд приводятся в табл.2.

Табл.2 показывает, что у двойных красных сверхгигантов периоды изменения блеска превышают 500 дней. Единственной звездой, у которой период меньше 500 дней, является звезда XX Per, которая имеет вторичный период (4100 дней).

Таблица 2

СПИСОК КРАСНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД

Двойные системы, содержащие к.п.з.	Тип	Период	Спектральный класс (S_p)
ζ Aur	EA	972	K5П + B7
AZ Cas	EA	3402	МОЕIВ + B05
KN Cas	LC	—	МIЕPIВ + B2.6
KM Cas	SRA	720	МIЕPIВ + В
VV Cep	EA	7430	M2EPIA + B8 E
CI Cyg	EA	855	M5Ш + ВЕР
V 695 Cyg	EA	3784	K2П + B3
V 1488 Cyg	EA	1147	K5IAB + B4IV
WY Gem	LC + E	—	M2EPIAB + B2.5
U Lac	SRC	550–690	M4EPIAB + В
AR Pav	SR	604	M3Ш + Shell
XX Per	SRC	415 (4100)	M4IAB + В
KQ Pup	LC	орбит. период (9757)	M2EPIAB + B2
V 777 Sgr	EA	936	K5IВ + А
BL TeL	EA + SR	778.6	5IAB + M

Кроме того, расчеты, основанные на каталожных данных ОКПЗ, показывают, что среди всех красных переменных звезд типов EA, LC, SR, с периодами больше 600 дней, двойные звезды составляют около 40%, в то время как среди звезд с периодами меньше 400 дней почти не встречаются двойные звезды.

Эти данные указывают на то, что среди красных переменных звезд высокой светимости возможно существуют две группы звезд: I группа — двойные звезды с периодами, почти всегда превышающими 500 дней, и II группа — с периодами меньше 500 дней.

Для подтверждения вышесказанного мы обратились к более богатым наблюдательным данным, относящимся к IRAS-объектам в галактическом балдже [9].

4. О существовании двух групп красных переменных звезд в галактическом балдже, различающихся по периодам и цветам. Согласно Вайтлоку и др. [9], большинство инфракрасных объектов в галактическом балдже являются звездами типа Миры Кита. Приблизительно 20% из них являются М-гигантами.

Периоды этих звезд распределены, в основном, в интервале 360–560 дней, при этом минимальное и максимальное значения периодов равны 170 и 722 дня, соответственно.

Для этих объектов существуют корреляции между амплитудой пульсации ΔK и цветами $K-L$ и $K-12_{\mu m}$.

На основании данных, приведенных в работе [9], мы построили гистограмму частоты распределения красных переменных звезд по цвету $H-K$. Это распределение приводится на рис.2. Оно имеет два максимума на $H-K = 0.^m75$ и $H-K = 1.^m45$ с минимумом между ними на $H-K = 1.^m25$.

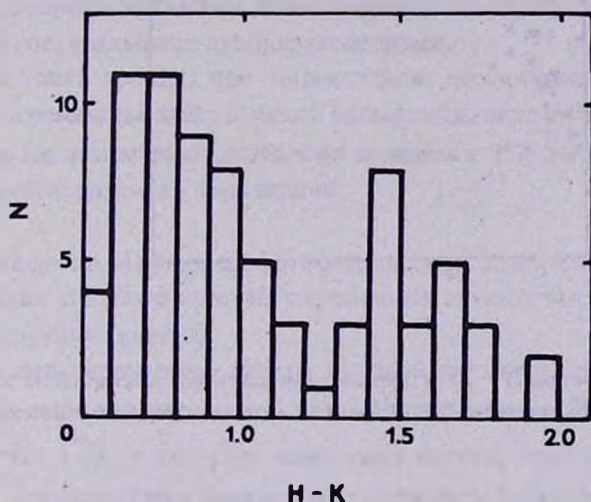


Рис.2. Гистограмма частоты распределения красных переменных звезд высокой светимости в зависимости от цвета $H-K$.

Подобное распределение наблюдается и для красных переменных звезд Большого Магелланова Облака [10]. Однако минимум величины $H-K$ приходится на значение $0.^m75$.

Чтобы выяснить, к какому периоду изменения блеска относится величина $H-K = 1.^m25$, мы построили еще одну зависимость между цветами $H-K$ и амплитудами изменения блеска (ΔK) в K -полосе спектра. При этом мы исключили из списка [9] звезды с $K < 5^m$, а также звезды, имеющие неточные периоды.

На рис.3 приводится эта зависимость, где крестиками обозначены звезды с периодами $P > 480$ дней, а точками — $P \leq 480$ дней. При выборе значения

$P = 480$ мы исходили из того, что в интервале периодов $P = 425+525$ наблюдается лишь одна звезда [11].

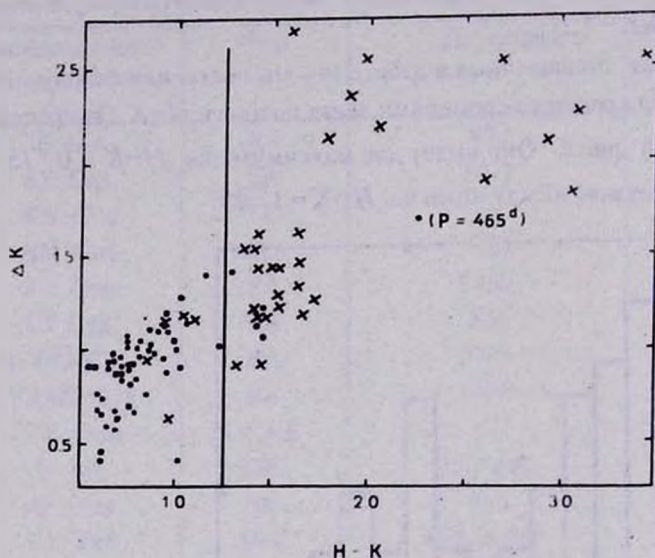


Рис.3. Зависимость между цветами $H-K$ и амплитудами изменения блеска (ΔK) в K -полосе спектра. x -звезды с периодами изменения блеска $P > 480$, $\bullet$ -звезды с периодами изменения блеска $P \leq 480$.

Как видно из рис.3, при $H-K > 1.^m2$, мы имеем дело, в основном (80%), со звездами с периодами $P > 480$ дней, а при $H-K \leq 1.^m2$ у подавляющего большинства (93%) звезд $P \leq 480$ дней.

5. *Обсуждение результатов.* У приведенных на рис.1 красных переменных сверхгигантов II группы светимости RS Спс, XY Lyr и Y Lyr, среднее значение степени поляризации (P) меньше 0.7%, а величины $\bar{S}_{p,\theta} < 1.4$ и $k \leq 1.6$. Это указывает на то, что у этих звезд как межзвездное поглощение, так и собственная поляризация незначительны. Что касается двойных звезд, которые отличаются большими изменениями параметров поляризации, а также большими значениями величины k , то эти звезды обладают значительной собственной поляризацией.

Следует отметить, что у звезд с $U-B > 2^m 0$, $k < 1.5$, а $\bar{S}_{p,\theta} > 1.4$ поляризация света, в основном, имеет межзвездную природу. У остальных же звезд, с $U-B > 2^m 0$, $k > 1.4$, а $\bar{S}_{p,\theta} > 1.5$ действуют оба фактора: межзвездная и переменная собственная поляризация. Может быть часть этих звезд также являются двойными, до сих пор еще не открытыми.

Тот факт, что большинство приведенных в табл.2 двойных звезд являются затменными двойными (ЕА), говорит о том, что часть двойных звезд, не являющихся затменными двойными до сих пор не открыта, поскольку их трудно обнаружить. Поэтому можно предполагать, что часть красных переменных звезд I группы, с периодами больше 500 дней и имеющими цвет $H-K > 1^m 2$, возможно, являются спектральными двойными звездами.

С этой точки зрения, при определении абсолютных звездных величин красных переменных звезд высокой светимости, надо быть осторожными в случае, когда мы имеем дело с двойными звездами с $P > 500$ дней. Мы надеемся в дальнейшем вернуться к этой задаче.

6. *Заключение.* Из анализа фотометрических, колориметрических и поляриметрических данных о красных переменных звездах высокой светимости получены следующие выводы:

1. Красные переменные звезды высокой светимости делятся на две группы: I группа — двойные звезды с большими периодами ($P > 480$ дней), и цветами $H-K > 1^m 2$, у которых изменения блеска, коэффициента корреляции $r_v(B-V)$ и параметров поляризации света звезд большие и коррелируют между собой. II группа — одиночные звезды с меньшими периодами ($P \leq 480$ дней) и цветами $H-K < 1^m 5$, у которых изменения блеска, цвета и параметров поляризации света звезд незначительны.

2. При определении абсолютных величин красных переменных звезд высокой светимости и их расстояний необходимо использовать звезды II группы, поскольку часть звезд, принадлежащих к I группе, возможно, являются двойными и еще не были открыты.

3. Звезда PZ Cas, вероятно, является двойной звездой.

В заключение выражаю глубокую благодарность профессору Л.В.Мирзояну за ценные замечания.

DETERMINATION OF THE DOUBLCITY OF HIGH LUMINOSITY RED VARIABLE STARS

R.A.VARDANIAN

On the base of analysis of photometric, colorimetric and polarimetric data it is shown, that the high luminosity red variable stars are divided into two groups: Group I — double stars with the periods of brightness variations larger than 480 days; Group II — single stars with the periods smaller than 480 days. Double stars possess: a) the high coefficients of correlations between brightness variations in V — band and colours $U-B$, $B-V$; b) relatively low magnitudes of colour $U-B$ ($< 1.5^m$) and c) strong variations with the parameters of polarization. These data allow us to suspect that the star PZ Cas is a double star.

ЛИТЕРАТУРА

1. К.А.Григорян, Сообщ. Бюраканской обсерв., 25, 45, 1958.
2. Р.А.Вардanian, Сообщ. Бюраканской обсерв., 37, 23, 1966.
3. Р.А.Вардanian, Астрофизика, 6, 77, 1970.
4. Р.А.Вардanian, Сообщ. Бюраканской обсерв., 46, 33, 1975.
5. Г.В.Абрамян, Сообщ. Бюраканской обсерв., 52, 24, 1980.
6. Г.В.Абрамян, Препр. N8, Бюраканская астрофиз. обсерв., Ереван, 1981.
7. Г.В.Абрамян, Препр. N9, Бюраканская астрофиз. обсерв., Ереван, 1981.
8. П.Н.Холопов и др., Общий каталог переменных звезд, Наука, М., 1985.
9. P.Whitelock, M.Feast, R.Catchpole, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 248, 276, 1991.
10. R.Neid, I.S.Glass, R.M.Catchpole, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 232, 53, 1988.
11. D.F.Dickinson, R.St.C. Dinger, Astrophys. J., 254, 136, 1982.