

УДК: 524.312.7-323.7

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В-ЗВЕЗД В НАПРАВЛЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ЮЖНЫХ ЦЕФЕИД

Р.Х.ОГАНЕСЯН

Поступила 3 января 1997

Принята к печати 21 июля 1997

На основании U , B , V данных изучено распределение В-звезд в окрестностях 9 южных долгопериодических цефеид ($P > 11$ дней). Определены параметры Q , нормальные показатели цветов ($B-V_0$) и $(U-V)_0$, избытки цветов $E(B-V)$, спектральные классы и модули расстояний этих звезд.

1. *Введение.* С целью обнаружения ОВ-ассоциаций вблизи южных долгопериодических цефеид ($P > 11$ дней) ван ден Берг и другие [1-3] исследовали области вокруг 14 цефеид по материалам U , B , V -фотометрии и пришли к выводу, что большинство долгопериодических цефеид расположены за пределами ядер богатых ассоциаций.

Еще в 50-х годах Амбарцумян [4], исходя из распределения долгопериодических цефеид и ОВ-ассоциаций в Галактике, отмечал, что оба эти объекта принадлежат плоской составляющей Галактики, но распределение цефеид совершенно безразлично по отношению к О-ассоциациям. По его мнению, цефеиды следует считать некоторыми стадиями развития объектов, возникающих в О-ассоциациях, и свойства цефеид приобретаются на сравнительно позднем этапе развития.

Обнаружение цефеид в рассеянных скоплениях позволило Сандиджу [5] предположить, что цефеиды являются стадией развития массивных звезд на эволюционном пути от В-звезд к красным сверхгигантам. Исходя из этой гипотезы, Копылов [6,7] отметил, что цефеиды и В-звезды, возможно, находятся в генетическом родстве, поэтому цефеиды должны иметь массы от 3 до $11 M_{\odot}$, а их предки были звездами типа В1-В6 на главной последовательности. Подробности о периодах и показателях цвета, а также эволюции цефеид, можно найти в книге Ефремова [8].

Если принять эту точку зрения, то в окрестностях цефеид следует искать не О-В2 звезды, а группировки звезд, состоящих из сравнительно поздних типов В-звезд (В3-В9), возможно, даже звезд типов А и F.

С целью обнаружения этих группировок, на основании U , B , V -данных ван ден Берга и других [1,2], нами определены спектральные классы и классы светимостей В-звезд, наблюдавшихся в областях долгопериодичес-

ких цефеид-WZ Car, YZ Car, KK Cep, OO Cep [1], CT Car, UU Mus, VZ Pup, SV Vel, EZ Vel [2]. Для этого мы использовали значения наблюдаемых показателей цвета $U-B$ и $B-V$ и независимый от межзвездного поглощения параметр:

$$Q = (U - B) - E(U - B)(B - V) / E(B - V). \quad (1)$$

Согласно работам Джонсона и др. [9], а также Яшека и др. [10], для звезд спектральных классов O-B-A2 отношение избытков цвета $E(U - B) / E(B - V)$ постоянно и в среднем равно 0.72 ± 0.03 для всего неба, а параметр Q и нормальные истинные показатели цвета $(U-B)_0$ и $(B-V)_0$ для этих же типов звезд хорошо коррелируются со спектральными классами. Поэтому, при определении параметров звезд, находящихся в областях вышеуказанных цефеид, была использована формула $Q = (U - B) - 0.72(B - V)$.

Для спектральной классификации и определения избытков цвета $E(B - V)$ исследуемых звезд мы использовали значения нормальных показателей цвета $(U-B)_0$ и $(B-V)_0$, а также Q - параметры для звезд спектральных подклассов от O8 до A1 всех классов светимостей, взятые из работы Страйжиса [11]. Они приведены в табл.1.

Затем, по данным $(B-V)_0$ и величине Q из табл.1 была получена линейная зависимость между этими параметрами для O-B-A1 звезд в виде:

Таблица 1

НОРМАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦВЕТА $(B-V)_0$ И ПАРАМЕТРЫ Q ДЛЯ ЗВЕЗД РАЗНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ КЛАССОВ И СВИТИМОСТЕЙ

	V			IV			III			II			I		
S	$(B-V)_0$	$(U-B)_0$	Q	$(B-V)_0$	$(U-B)_0$	Q	$(B-V)_0$	$(U-B)_0$	Q	$(B-V)_0$	$(U-B)_0$	Q	$(B-V)_0$	$(U-B)_0$	Q
O8	-0.31	-1.14	-0.92	-0.31	-1.14	-0.92	-0.31	-1.13	-0.91	-0.31	-1.13	-0.91	-0.31	-1.13	-0.91
O9	-0.31	-1.13	-0.91	-0.31	-1.13	-0.91	-0.31	-1.12	-0.90	-0.29	-1.12	-0.91	-0.27	-1.12	-0.93
B0	-0.30	-1.08	-0.86	-0.30	-1.08	-0.86	-0.30	-1.09	-0.87	-0.28	-1.09	-0.89	-0.23	-1.09	-0.92
B1	-0.27	-0.95	-0.76	-0.27	-0.96	-0.77	-0.27	-0.97	-0.78	-0.26	-0.98	-0.79	-0.19	-0.99	-0.85
B2	-0.25	-0.85	-0.67	-0.24	-0.86	-0.69	-0.24	-0.88	-0.71	-0.23	-0.92	-0.75	-0.16	-0.94	-0.82
B3	-0.21	-0.71	-0.56	-0.20	-0.73	-0.59	-0.20	-0.75	-0.61	-0.20	-0.84	-0.70	-0.11	-0.85	-0.76
B4	-0.19	-0.64	-0.50	-0.185	-0.65	-0.52	-0.18	-0.67	-0.54	-0.18	-0.77	-0.67	-0.11	-0.81	-0.73
B5	-0.17	-0.57	-0.45	-0.17	-0.58	-0.46	-0.16	-0.59	-0.47	-0.16	-0.70	-0.58	-0.09	-0.77	-0.70
B6	-0.15	-0.50	-0.39	-0.15	-0.51	-0.40	-0.14	-0.52	-0.42	-0.14	-0.63	-0.53	-0.07	-0.71	-0.66
B7	-0.13	-0.43	-0.34	-0.13	-0.44	-0.35	-0.12	-0.44	-0.35	-0.12	-0.47	-0.56	-0.05	-0.65	-0.61
B8	-0.10	-0.33	-0.26	-0.10	-0.34	-0.27	-0.10	-0.34	-0.27	-0.10	-0.45	-0.38	-0.03	-0.58	-0.56
B9	-0.07	-0.19	-0.14	-0.07	-0.20	-0.15	-0.07	-0.21	-0.16	-0.07	-0.30	-0.25	-0.01	-0.52	-0.51
A0	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02	-0.04	-0.03	-0.02	-0.06	-0.05	-0.02	-0.15	-0.14	-0.01	-0.33	-0.34
A1	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	-0.08	-0.09	-0.03	-0.25	-0.27

нейная зависимость между этими параметрами для О-В-А1 звезд в виде:

$$(B-V)_0 = a + bQ. \quad (2)$$

Численные значения коэффициентов a и b были определены методом наименьших квадратов для звезд каждого класса светимостей. Они приведены в табл.2. Параметр Q для каждой исследуемой звезды был определен с использованием наблюдавшихся значений $(U-B)$ и $(B-V)$ из

Таблица2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ a и b В ФОРМУЛЕ (2) ДЛЯ
РАЗНЫХ КЛАССОВ СВЕТИМОСТЕЙ

V		IV		III		II		I	
a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
-0.021	0.327	-0.016	0.326	0.010	0.332	0.030	0.349	0.350	0.640

работ [1,2]. Значение $(B-V)_0$ было вычислено по формуле (2). Имея наблюдаемый $(B-V)$ и нормальный $(B-V)_0$ показатели цвета, мы определили избытки цвета $E(B-V) = (B-V) - (B-V)_0$ для исследуемых звезд, а затем значения $(U-B)_0$ были вычислены по формуле: $(U-B)_0 = (U-B) - 0.72E(B-V)$.

После этого, сравнивая вычисленные значения $(B-V)_0$, $(U-B)_0$ и Q с теми значениями, которые приведены в табл.1, были определены спектральные классы и классы светимостей наблюдаемых звезд.

По данным [11] для звезд спектральных классов О-В5 параметр $Q < -0.44$ однозначно определяет спектральный класс звезды. Следовательно, для тех звезд в областях вышеупомянутых цефеид, для которых $Q < -0.44$, можно принять соотношение (2).

Определенные с помощью соотношения $Q = (U-B) - 0.72(B-V)$ значения параметра Q по наблюдаемым значениям $(B-V)$ и $(U-B)$ в окрестностях этих цефеид показали, что для нахождения группировок В-звезд в области КК Сеп звезд с $Q < -0.44$ оказалось слишком мало. Кроме того, из наблюдательных значений величин $(B-V)$ и $(U-B)$, приведенных в табл.7,8 и 10 работы ван ден Берга и др.[1], а также в табл. 8-12 работы тех же авторов [2], видно, что некоторые звезды относятся к более ранним спектральным классам, чем А2. Поэтому для определения $(B-V)_0$ и $E(B-V)$ таких звезд также использовалось соотношение (2). При этом, для звезд V-III классов светимостей можно использовать соотношение $(B-V)_0 = -0.021 + 0.327Q$, так как для этих светимостей численные значения $(B-V)_0$ для каждого спектрального подкласса (табл.1) мало отличаются друг от друга.

В итоге, с помощью соотношений (1) и (2) были вычислены параметры Q , избытки цвета $E(B-V)$ и нормальные показатели цвета

$(B - V)_0$ и $(U - B)_0$ для 303 звезд, из них - для 86 звезд в области вокруг WZ Car, для 40 - в окрестности YZ Car, для 39 звезд - вокруг OO Cen, для 21 звезды - вокруг CT Car, для 22 звезд - вокруг UU Mus, для 29 звезд - вокруг VZ Pup, для 31 звезды - вокруг SV Vel и для 35 звезд - вокруг EZ Vel.

Допуская, что в направлении этих областей межзвездное поглощение нормальное $A_v = 3.3 E(B - V)$, согласно Аллену [12], и имея избытки цвета $E(B - V)$, можно определить свободные от межзвездного поглощения звездные величины V_0 для упомянутых 303 звезд.

Для оценки спектральных классов этих звезд были использованы параметры Q и нормальные показатели цвета $(B - V)_0$ и $(U - B)_0$.

Используя эти оценки спектральных классов и звездные величины V_0 (в V_0 лучах), на основании средних абсолютных величин звезд каждого спектрального подкласса по Готтлибу [13], можно определить для них истинный модуль расстояния $V_0 - M_v$.

Таким образом, были определены параметры Q , избытки цвета $E(B - V)$, оценены спектральные классы и модули расстояний $V_0 - M_v$ В-звезд в областях WZ Car, YZ Car, UU Mus, OO Cen, CT Car, VZ Pup, SV Vel и EZ Vel.

На рис. 1-6 графически приведены зависимости $E(B - V)$ от модуля расстояния $V_0 - M_v$ только для тех группировок В-звезд, где по модулю расстояния находятся соответствующие цефеиды.

Из рис. 1 и 2 видно, что звезды No 1, 27 и 34 из области WZ Car, а также звезда 259 из YZ Car (нумерации взяты из соответствующих

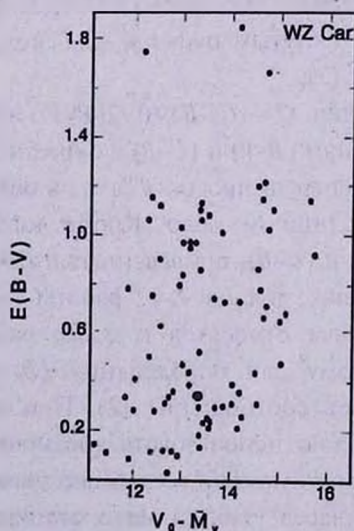


Рис.1. Зависимость избытков цвета $E(B - V)$ от модуля расстояния $(V_0 - M_v)$ В-звезд в направлении WZ Car.

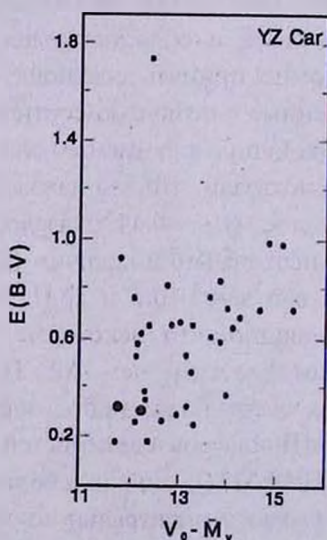


Рис.2. То же для YZ Car

областей - [1]) имеют слишком большие поглощения (A_v для них равны 6.1, 5.8, 5.5 и 5.8, соответственно). Значения этих поглощений были

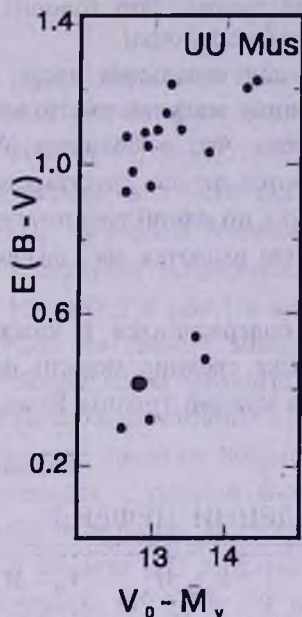


Рис.3. То же для UU Mus

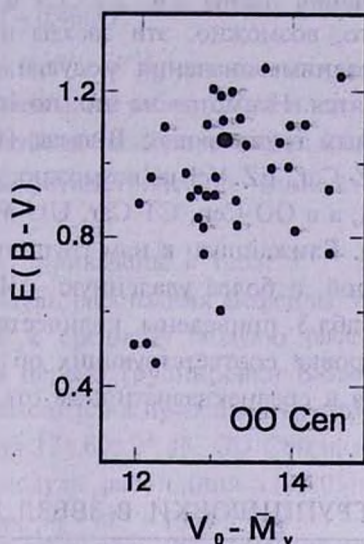


Рис.4. То же для OO Cen

сопоставлены с поглощениями таких звезд (имеющих те же расстояния от нас) в их окрестности, для которых величины A_v гораздо больше, чем поглощение других звезд соответствующих областей, и для них они равны

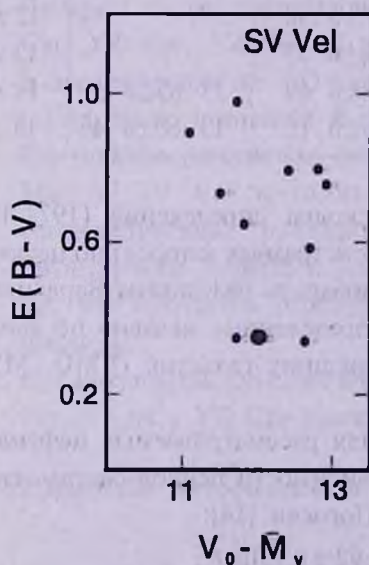


Рис.5. То же для SV Sel.

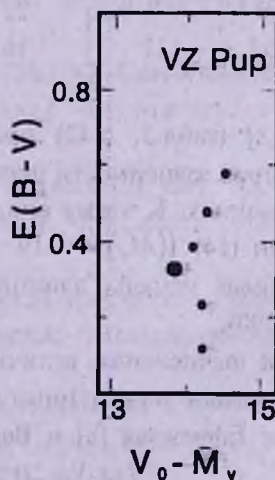


Рис.6. То же для VZ Pup.

3.5, 3.6, 3.6 и 3.2, соответственно.

Даже при таком сравнении разности их поглощений ΔA_v большие - их значения равны 2.6, 2.2, 1.9 и 2.6, соответственно. Это говорит о том, что, возможно, эти звезды имеют пылевые оболочки.

Численные значения модулей расстояний для отдельных звезд не приводятся. Несмотря на это, по средней величине модулей расстояний отдельных группировок В-звезд (табл. 3) видно, что в областях WZ Car, YZ Car, EZ Vel и, возможно, SV Vel имеются по две группировки В-звезд, а в OO Cen, CT Car, UU Mus и VZ Pup - по одной группировке В-звезд. Ближайшую к нам группировку (там, где имеются две) назовем I группой, а более удаленную - II группой.

В табл.3 приведены количества В-звезд, содержащихся в каждой группировке соответствующих областей, а также средние модули расстояния и среднеквадратичные отклонения для каждой группы В-звезд.

Таблица 3

ГРУППИРОВКИ В-ЗВЕЗД В НАПРАВЛЕНИИ ЦЕФЕИД

Звезда	I группа В-звезд	II группа В-звезд	$V_0 - M_v$ для I гр.	$V_0 - M_v$ для II гр.	$V_0 - M_v$ цефеид
WZ Car	59	17	$13^m.05 \pm 0^m.65$	$14^m.80 \pm 0^m.37$	$13^m.39$
Yz Car	22	13	12.60 ± 0.45	14.43 ± 0.73	12.64
OO Cen	33	-	13.10 ± 0.61	-	13.01
CT Car	15	-	12.58 ± 0.39	-	15.24
UU Mus	16	-	13.07 ± 0.38	-	12.75
VZ Pup	18	-	12.24 ± 0.53	-	13.69
SV Vel	7	22	12.05 ± 0.49	13.65 ± 0.52	11.99
EZ Vel	11	16	12.46 ± 0.19	13.68 ± 0.43	15.10

В [8] (табл.3, с.42) представлена сводка определения (1977-1987) параметров зависимости период-светимость (разных авторов) по цефеидам в скоплениях. К этому списку можно добавить результаты Варданяна и Погосян [14] ($\langle M_v \rangle = -1.10 - 3.07 \lg P$), определенные недавно по данным о цефеидах нашей Галактики и трех внешних галактик (БМО, M31 и NGC 300):

При вычислении величины $\langle M_v \rangle$ для рассматриваемых цефеид мы использовали усредненные значения зависимости период-светимость по данным Ефремова [8] и Варданяна и Погосян [14]:

$$\langle M_v \rangle = -(1.24 \pm 0.21) - (2.92 \pm 0.13) \lg P. \quad (3)$$

Для определения избытков цвета $E(B - V)$, величины истинных

показателей цвета для цефеид вычислены по соотношению из работы [15]:

$$(\langle B \rangle - \langle V \rangle)_0 = 0.27 + 0.46 \lg P. \quad (4)$$

При вычислении величины $\langle M_v \rangle$ и $(\langle B \rangle - \langle V \rangle)_0$ для рассматриваемых цефеид значения их периодов были взяты из работ Дина и др. [15].

Имзя $\langle M_v \rangle$ и $(\langle B \rangle - \langle V \rangle)_0$ для этих цефеид были определены их модули расстояния, для чего использовались фотометрические данные $\langle V \rangle$ и $\langle B - V \rangle$ из работы Мадора [16].

Результаты вычислений $\langle V_0 \rangle - \langle M_v \rangle$ приведены в табл. 3.

Из табл.3 и рис.1-6 видно, что модуль расстояния цефеиды WZ Car ($13^m.39$) по своему значению близок к среднему модулю расстояния ($13^m.05 \pm 0^m.65$) и находится в пределах первой группировки В-звезд, YZ Car (модуль расстояния 12.64) также находится в пределах I группировки В-звезд со средним модулем расстояния $12^m.60 \pm 0^m.45$; OO Cen находится в пределах сгущения В-звезд и ее модуль расстояния ($13^m.01$) очень близок к модулю расстояния сгущения $V_0 - M_v = 13.10 \pm 0.61$.

В области UU Mus имеется группировка В-звезд со средним модулем расстояния $13^m.07 \pm 0^m.38$, в пределах которого находится эта цефеида, ее модуль расстояния равен $12^m.75$. Модуль расстояния SV Vel совпадает с группой, состоящей из 7-и В-звезд со средним модулем расстояния $12^m.05 \pm 0^m.49$, а цефеиды CT Car, VZ Pup и EZ Vel не принадлежат соответствующим группировкам В-звезд. На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Найдены по две группировки В-звезд в направлениях цефеид WZ Car, YZ Car, EZ Vel и, возможно, в направлении SV Vel.
2. В направлениях же OO Cen, CT Car, UU Mus и VZ Pup имеется по одной группировки В-звезд.
3. По модулю расстояния цефеиды WZ Car, YZ Car, OO Cen, UU Mus и SV Vel находятся в пределах модуля расстояний соответствующих группировок В-звезд.
4. Группировки В-звезд в направлениях цефеид CT Car, VZ Pup и EZ Vel находятся гораздо ближе к нам, чем соответствующие цефеиды.
5. Предполагается, что звезды N 1, 27 и 34 из области WZ Car и No 259 из - YZ Car имеют околосветные пылевые оболочки.

THE DISTRIBUTION OF B-STARS IN THE DIRECTIONS OF SOME SOUTHERN CEPHEIDS

R.Kh.HOVHANNESIAN

Using the photometric U , B , V data by method of the spectral classification with the photometric parameters $Q = U - B - 0.72(B - V)$ and the intrinsic colour indices $B - V$ and $U - B$ the distribution of B-stars is studied near 9 southern long-period Cepheids ($P > 11$ days). The parameters Q , the normal colours $(B - V)_0$ and $(U - B)_0$, the colour excesses $E(B - V)$ and the distance moduli $(V_0 - M_v)$ of these stars are determined.

ЛИТЕРАТУРА

1. *S. van den Berg, E.B.F.Brosterhus, G.Alcaino*, Astrophys.J.Suppl.Ser., **50**, 529, 1982.
2. *S. van den Berg, P.F.Younger, E.B.F.Brosterhus, G.Alcaino* Astrophys. J. Suppl. Ser., **53**, 765, 1983.
3. *S. van den Berg, P.F.Younger, D.G.Turner*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **57**, 743, 1985.
4. *В.А.Амбарцумян*, Научные труды, т.2, 60, изд. Ан Арм. ССР, Ереван, 1960 (Доклад на VIII съезде МАС, Рим, 1952, Изд. АН СССР, М. 1952)
5. *A.R.Sandage*, Astrophys., J, **127**, 513, 1958.
6. *И.М.Копылов*, Вопросы космогонии, **7**, 258, 1960.
7. *И.М.Копылов*, Изв. Крым. астрофиз. обсерв, **33**, 286, 1964.
8. *Ю.Н.Ефремов*, Очаги звездообразования в галактиках, Наука, М., Глав. ред. физ.-мат. лит., 1989.
9. *H.L.Johnson, W.W.Morgan*, Astrophys. J., **117**, 313, 1953.
10. *C.Jaschek, A.Valbousquet, F.Ochsenbein*, Astron.Astrophys., **312**, 815, 1996.
11. *В.Страйжис*, Многоцветная фотометрия звезд, Мокслас, Вильнюс, 1977, с. 107.
12. *К.У.Аллен*, Астрофизические величины, Мир, М., 1977.
13. *D.M.Gottlieb*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **38**, 287, 1978.
14. *Р.А.Варданян, А.В.Погосян*, Астрофизика, **36**, 417, 1993.
15. *J.F.Dean, P.F.Warren, A.W.Cousins*, Mon. Notic Roy. Astron. Soc., **183**, 569, 1987.
16. *B.F.Madore*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **29**, 219, 1975.