

УДК: 524.318.022:520.84

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ УГЛЕРОДНЫХ ЗВЕЗД. II

Р. Х. ОГАНЕСЯН, С. Е. НЕРСИСЯН

Поступила 27 декабря 1984

Принята к печати 20 апреля 1985

Определены цветовые температуры 52 углеродных звезд с помощью монохроматических цветовых индексов Δm (5710, 6680) для соответствующего спектрального диапазона. Сопоставление определенных нами T_c звезд спектральных классов R и N показывает, что у звезд класса R имеется определенная зависимость подкласса R от температуры. У звезд же класса N такой зависимости не наблюдается. При рассмотрении C-классификации наблюдается слабая зависимость от цветовой температуры, которая почти исчезает в случае более поздних типов. Предполагается, что вокруг U Cam, T Snc, RY Dra, T Lyr, W Ori, V CrB и SS Vir, возможно, существуют околосозвездные пылевые оболочки, массы и плотности которых меняются со временем.

1. *Введение.* Цветовые температуры углеродных звезд впервые определили Мендоза и Джонсон [1], используя показатели цвета $(R + I) - (J + K)$. В работах [2—4] было показано, что излучение углеродных звезд близко к излучению абсолютно черного тела. Трудность достаточно точного определения цветовых температур углеродных звезд заключается в том, что в их спектрах не удается выделить участки, полностью свободные от поглощения. Бомерт [5] определил цветовые температуры большого количества углеродных звезд по излучению сравнительно свободных от покровного эффекта участков спектра в близкой инфракрасной области. Гоу [6, 7] сканировал спектры 75 углеродных звезд, в основном, в интервале 5000—7000 Å и определил цветовые температуры этих звезд, принимая, что точки непрерывного спектра, свободные от влияния покровного эффекта, соответствуют длинам волн 6780, 5710 и 4810 Å. Буриашев [8] за таковые принимал точки непрерывного спектра 6750 и 5700 Å и определил цветовые температуры восьми типичных холодных углеродных звезд (интервал исследования 4400—7550 Å).

2. *Цветовые температуры.* Используя приведенные в работе [9] данные о распределении энергии в спектральной области от 5710 до 6680 Å, нами были определены цветовые температуры 52 углеродных звезд.

С этой целью, аналогично работам [8, 10], нами введен индекс, характеризующий распределение энергии в континууме углеродных звезд по значениям монохроматических потоков на длинах волн 5710 и 6680 Å,

$$m_{5710} - m_{6680} = 2.5 \lg F_{6680} / F_{5710}.$$

По определенным таким образом индексам [5710, 6680] были найдены затем цветовые температуры общеизвестным способом (при λ_1 и λ_2 , в Å):

$$m_{\lambda_1} - m_{\lambda_2} = 12.5 (\lg \lambda_1 - \lg \lambda_2) + 1.56 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{T_c} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right).$$

Для учета влияния межзвездного покраснения на индекс [5710, 6680] при определении цветовых температур для некоторых звезд избытки цвета E_{B-V} были получены по данным UBV , взятым из работ [11—23], и при помощи нормальных показателей цвета $(B-V)_0$, приведенных в работах [11, 23]. Для двух звезд мы использовали также значения избытка цвета $\delta(B-V)$, определенные Перри [24] на основании инфракрасных избытков. Кроме того, для всех изученных звезд величины избытка цвета были определены нами при использовании данных о межзвездном поглощении A_V и расстояниях до соседних звезд, приведенных в каталоге [25], где принято $A_V = 3.1 E_{B-V}$. При этом средние значения M_V (абсолютная величина в цвете V) для подклассов R и N взяты из работы [4]. Расстояния исследуемых звезд определены нами с помощью их средних абсолютных звездных величин с учетом межзвездного поглощения, определенного по соседним звездам. При этом соседние звезды (от 2 до 10 звезд в отдельных случаях) рассматривались, в основном, в радиусе до 4—5 градусов. Для звезд, находящихся на больших галактических широтах ($b > |10^\circ|$), за межзвездное поглощение принималось значение, определенное по звездам с $b = |8-10^\circ|$ при практически той же галактической долготе ($\pm 2^\circ$).

Исправленные за влияние межзвездного покраснения значения цветовых температур и их среднеквадратические ошибки для исследованных звезд приведены в табл. 1. Там же приведены использованные нами величины E_{B-V} и значения цветовых температур T_c , полученные Бомертом [5].

Из табл. 1 и рис. 1 видно, что согласие цветовых температур, полученных нами и Бомертом [5], довольно хорошее, за исключением звезд HD 79319, W₂ Ori, TT CVn, SS Vir, V CrB, T Sps, T Lyr и HD 30443, в случае которых цветовые температуры сильно отличаются друг от друга.

Таблица 1

ЦВЕТОВЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ИССЛЕДОВАННЫХ
ЗВЕЗД

Звезда HD; BD	E_{B-V}	T_c (K)	σ_T (K)	n	T_c (K) [5]
1	2	3	4	5	6
19881	0. ^m 20	2560	—	1	2470
U Cam	0.67	2710	± 140	4	2600
	1.95 (E)	4510	± 210		
+51°762	0.64	2480	± 194	4	2420
UV Cam	0.00	2920	± 238	4	2560
ST Cam	0.43	2750	± 11	3	2700
30443	0.40	3620	—	1	2640
TT Tau	0.65 (P)	2400	± 71	2	2330
W Ori	0.06	2580	± 122	2	3010
	1.44 (R)	4380	± 265		
S Cam	0.28	2870	—	1	2760
FU Aur	0.29	2730	—	1	2560
TU Gem	0.31	2490	± 112	3	2590
BL Ori	0.18	2550	± 206	6	2760
RV Aur	0.16	2640	—	1	—
CR Gem	0.60	2230	—	1	2220
	0.32 (V)	2080			
UU Aur	0.08	2380	± 245	6	2460
	0.50 (R)	2650	± 287		
VW Gem	0.12	2880	± 155	4	—
R CMt	0.00	3100	± 0.00	3	2900
RV Mon	0.31	2700	± 256	7	2970
RU Cam	0.20 (K)	4850	± 260	11	4590
58337	0.00	4030	± 120	2	3670
58364	0.00	3870	—	1	3500
59643	0.00	3110	± 203	6	3000
T Cnc	0.08	1800	—	1	2600
	2.81 (R)	4170			
76846	0.15	3810	—	1	—
79319	0.00	3700	± 43	3	3090
RT UMa	0.08	2960	± 236	5	—
85066	0.00	3720	± 45	2	3600
+16°2188	0.08	4060	—	1	4000

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6
VY UMa	0 ^m 18 0.34 (V)	2790 2940	±150	6	2900
+42°2173	0.24	4490	—	1	4590
+71°600	0.00	4220	—	1	4170
SS Vir	0 08 2.18 (R)	2110 4350	±155 ±530	6	3080
Y CVn	0.02 0.24 (R)	2970 3210	±223 ±260	7	2750
RY Dra	0.16 (P) 0.75 (R)	2520 3020	±130 ±182	6	2770
TT CVn	0.06 0.36 (V)	3390 3840	±150 ±200	3	3890
+33°2399	0.00	4220	—	1	—
+83°442	0.00	4130	—	1	3900
+65°1055	0.00	3790	—	1	3390
V CrB	0.06 1.99 (R)	1730 2820	± 40 ±106	3	2250
RR Her	0.13	2770	±190	5	2890
+19°3109	0.33	4200	—	1	3820
60826	0.09	2470	±150	6	2770
W CMi	0.15 0.78 (V)	2700 3360	—	1	—
+75°348	0.09	4450	± 69	3	4470
X Cnc	0.10 0.54 (L)	2430 2770	±140 ±210	5	2960
76396	0.07	4430	±155	4	4580
156074	0.03	4540	±108	2	4490
T Lyr	0.06 2.92 (R)	1760 4210	± 54 ±180	3	2750
UX Dra	0.08	2940	± 91	2	2730
DG Cep	0.64	2640	—	1	—
187216	0.00	4490	± 53	2	—
WZ Cas	0.50	2330	± 81	2	2420

Примечание. Во втором столбце буквы в скобках указывают на источник информации: (R) — Richer, (V) — Vandervort, (P) — Peery, (E) — Eggen, (L) — Landold, (K) — Krawczyk. Без обозначений — определено нами.

При сопоставлении определенных нами температур звезд спектральных классов R и N наблюдается следующее:

— Звезды класса R показывают определенную зависимость подкласса от температуры. Эту зависимость нарушают лишь шесть звезд (S Cam, CR Gem, VW Gem, HD 60826, T Sps и T Lyr), которые классифицируются то как звезды подкласса R, то как N (рис. 2).

— У звезд класса N такой зависимости не наблюдается (рис. 3).

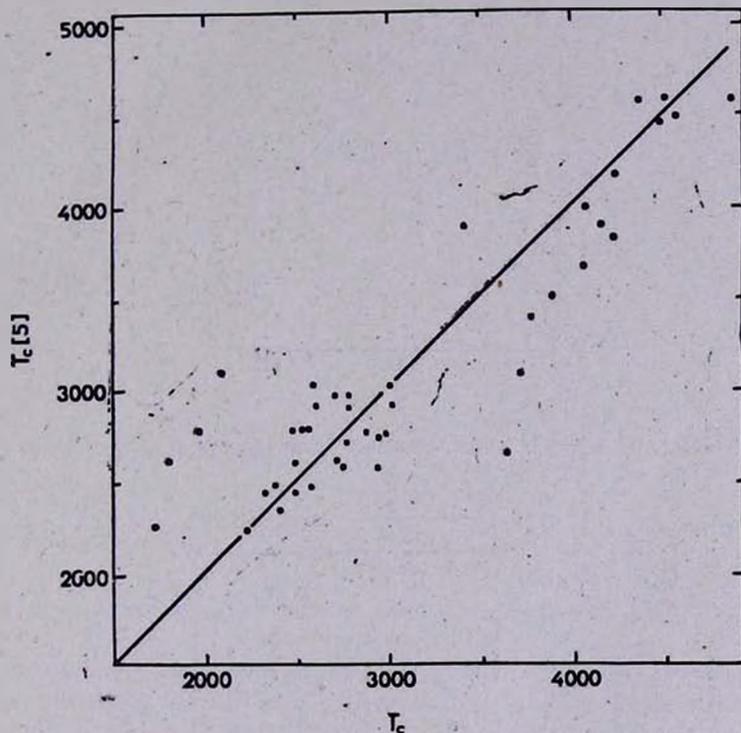


Рис. 1. Сопоставление цветных температур (T_c), определенных нами (горизонтальная ось) и Бомертом [5] (вертикальная ось).

При рассмотрении C-классификации наблюдается некоторая зависимость от цветовой температуры, но разброс очень большой, особенно у переменных углеродных звезд (рис. 4).

Это обстоятельство подтверждает, на наш взгляд, то предположение, что звезды спектральных классов R и N являются объектами различной природы, а их общая C-классификация только путает истинную картину. Сошлемся при этом на монографию Э. Алксне и др. [26], где отмечено, что R- и N-звезды различаются как по физическим, так и по простран-

ственными и кинематическим характеристикам и находятся на различных эволюционных стадиях. Такого же мнения и Цудзи [19], который считает, что R- и N-звезды отличаются не только по температуре, но также

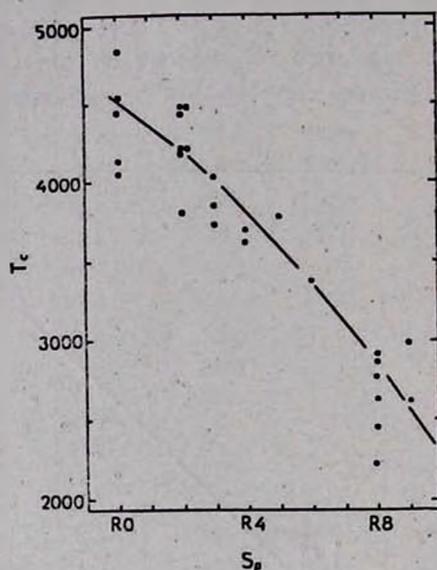


Рис. 2. Зависимость между спектральными подклассами R и цветовыми температурами.

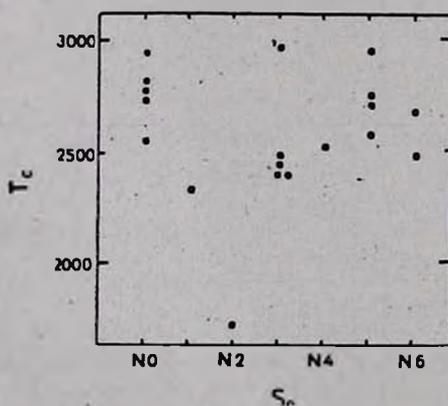


Рис. 3. То же самое, что и на рис. 2 для N-подклассов.

по светимости и эволюционному состоянию. N-звезды являются, по-видимому, молодыми звездами Галактики, в которых происходят нестационарные процессы [27].

Следует отметить также, что величины избытка цвета для некоторых звезд (U Cam, W Ori, UU Aur, W CMi, X Cnc, SS Vir, Y CVn, T Cnc, RY Dra, V CrB и T Lyr) слишком велики. Исходя из того, что эти звезды находятся на сравнительно больших галактических широтах ($b > |14^\circ|$) следует, что покраснение этих звезд, вызванное только межзвездным веществом, должно быть гораздо меньше, чем наблюдается.

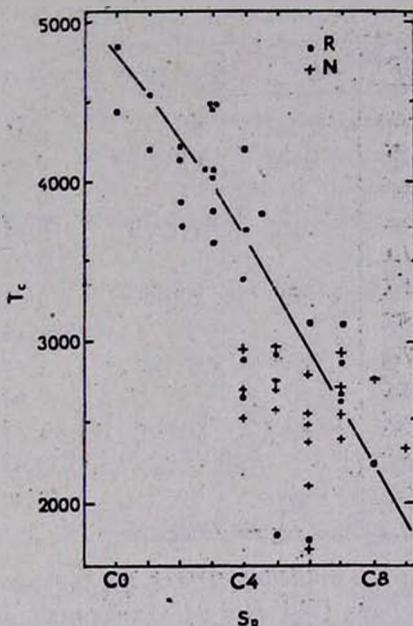


Рис. 4. Зависимость между подклассами С и цветовыми температурами.

Такое anomальное покраснение Ямасита [28] объясняет эффектом бланкировки полосами поглощения молекул CN. Нам же представляется более вероятным мнение Коуэна [29], который считает, что сильное покраснение большинства углеродных звезд обусловлено не только межзвездной средой, но и, вероятно, существующей вокруг таких звезд пылевой оболочкой.

Доля межзвездного покраснения углеродных звезд была оценена, как указано выше, с помощью соседних звезд по данным каталога [25]. При этом средние абсолютные звездные величины для углеродных звезд были взяты из работы [4].

В табл. 1 для этих звезд приведены два значения избытка цвета E_{B-V} и соответственно два значения T_c (определенных по общему значению E_{B-V} и значению E_{B-V} , вызванному только межзвездным поглощением).

На основании распределения энергии в спектрах 29 холодных углеродных звезд в области 0.36—20 мкм Бержет и др. [30] получили для них цветовые температуры. Ими был сделан вывод о том, что распределение энергии в спектрах многих углеродных звезд, имеющих ИК-избытки цвета в диапазоне 1.2—2.5 мкм, можно объяснить только в случае предположения наличия пылевых частиц в околозвездных оболочках, а в работе [31] были определены также температуры пылевых оболочек для этих же звезд.

Таблица 2

Звезда	E_{B-V}	T_c (K)	T_c (K) [30]	Звезда	E_{B-V}	T_c (K)	T_c (K) [30]
S Γ Cam	0.43	2590	2700	BL Ori	0.18	2490	2730
UU Aur	0.50	2650	2590	VY UMa	0.34	2940	2760
	0.08	2380			0.18	2750	
U Cam	1.95	4510	2510	Y CVn	0.24	3210	2700
	0.67	2710			0.02	2970	
T Sps	2.81	4170	2510	T Lyr	2.92	4210	2450
	0.08	1800			0.06	1760	
X Sps	0.54	2770	2700	W Ori	1.44	4380	2550
	0.10	2430			0.06	2580	
RY Dra	0.75	3050	2530	V CrB	1.99	2820	2250
	0.16	2520			0.05	1730	
UX Dra	0.08	2940	2800	WZ Cas	0.50	2330	2350

В табл. 2 приводится сравнение между цветовыми температурами, полученными нами и в работе [30] для исследованных общих звезд. В этой таблице приведены величины избытка цвета E_{B-V} , обусловленные общим поглощением (первое значение) и только межзвездным компонентом (второе значение).

Наличие большого расхождения между цветовыми температурами звезд U Cam, T Sps, RY Dra, T Lyr, W Ori, Y CVn и V CrB говорит, вероятно, о том, что у них существуют пылевые оболочки, массы и плотности которых меняются со временем.

По данным [1, 13—23] величины $B-V$ указанных звезд меняются в больших пределах (например, для W Ori меняются от 3^m2 до 3^m97 , для T Sps от 3^m34 до 5^m42 , для RY Dra 3^m36 — 3^m64 , для V CrB 3^m61 — 5^m01 , а для T Lyr от 3^m67 — 5^m52 , а также для SS Vir от 3^m36 — 4^m67).

Кроме того, у некоторых звезд обнаружены реальные изменения интенсивности в отдельных линиях: например, линия Ba II 4554 A претер-

пела изменения в спектрах звезд ST Cam, UU Aug и RV Mon, а линия Na I $D_{2,1}$ — в спектрах звезды RT UMa [9]. Такие изменения, по-видимому, можно объяснить реальными изменениями температур этих звезд*. Следовательно, не исключена возможность, что причины таких изменений связаны как с изменениями массы и плотности пылевых оболочек, так и с реальными изменениями температур этих звезд.

3. *Заключение.* 1) Цветовые температуры, полученные нами, в пределах ошибок измерения согласуются с данными [5], за исключением звезд HD 30443, HD 79319, W Ori, TT CVn, SS Vir, V CrB, T Cnc и T Lyr. 2) Вокруг звезд U Cam, T Cnc, RY Dra, T Lyr, W Ori, V CrB и SS Vir, возможно, существуют пылевые оболочки, массы и плотности которых меняются со временем. 3) Изменения интенсивностей отдельных линий, возможно, связаны с реальными изменениями температур этих звезд. 4) Нестационарные процессы, происходящие в N-звездах, по-видимому, являются признаком их молодости.

Авторы благодарят рецензента за критические замечания.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

THE SPECTROPHOTOMETRY OF CARBON STARS. II

R. Ch. HOVHANNISSIAN, S. E. NERSESIAN

The colour temperatures defined on the basis of monochromatic Δm [5710, 6680] colour indices for corresponding spectral region are presented (Table 1). The comparison of the determined colour temperatures with the spectral types R and N shows that a definite correlation between R-subtypes and colour temperatures exist. Such a dependence is not observed for the stars of N-subtypes. C-classification is weakly correlated with colour temperatures. The correlation is weaker in the case of later type carbon stars. It is supposed that the stars U Gem, T Cnc, RY Dra, T Lyr, W Ori, V CrB and SS Vir probably have circumstellar dust envelopes, the masses and densities of which undergo change in time.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. E. Mendoza, H. L. Johnson, Ap. J., 141, 161, 1965.
2. J. Bahng, Colloquium on Late-Type Stars, Triest, Obs. Astron, 225, 1966.
3. M. S. Bessel, L. Youngbom, Proc. Astron. Soc. Australia, 2, No. 3, 154, 1972.

* На эту возможность при обсуждении данной работы нам указал А. А. Боярчук.

4. *J. M. Scalo*, *Ap. J.*, 206, 474, 1976.
5. *J. H. Baumert*, *Dr. Phill. Diss.*, Ohio State Univ., 1972, 265 p.
6. *C. E. Gow*, *Ap. J.*, 81, 993, 1976.
7. *C. E. Gow*, *P. A. S. P.*, 89, 510, 1977.
8. *В. И. Бурнашев*, *Изв. Крымской обс.*, 60, 32, 1979.
9. *Р. Х. Оганесян, С. Е. Нерсисян, М. Ш. Карапетян*, *Астрофизика*, 23, 99, 1985.
10. *T. D. Fay Jr., W. H. Warren, Jr., H. R. Johnson, R. K. Honeycutt*, *Ap. J.*, 79, 634, 1974.
11. *H. B. Ritcher*, *Ap. J.*, 167, 521, 1971.
12. *V. M. Blanco, S. Demers, G. G. Douglas, M. P. Fitzgerald*, *Publ. U. S. Naval Obs.*, 21, 1968.
13. *A. U. Londold*, *P. A. S. P.*, 78, 531, 1966; 79, 336, 1967.
14. *A. U. Londold*, *P. A. S. P.*, 80, 680, 1968.
15. *A. U. Londold*, *P. A. S. P.*, 81, 134, 1969.
16. *O. S. Krawczyk, J. Krsowski*, *Stud. Soc. Sci. Torun.*, 5, 43, 1973.
17. *B. Nicolet*, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 34, 1, 1978.
18. *H. M. Dyck*, *Ap. J.*, 73, 688, 1968.
19. *T. Tazji*, *Astron. Astrophys.*, 2, 95, 1981.
20. *O. J. Eggen*, *Ap. J.*, 174, 45, 1972.
21. *E. E. Mendoza*, *Bol. Obs. Tonantzintla*, 4, 114, 1967.
22. *Y. Yamashita*, *P. A. S. Japan*, 27, 325, 1967.
23. *G. L. Vondervort*, *Ap. J.*, 63, 477, 1957.
24. *F. Perry Jr.*, *Ap. J.*, 199, 135, 1975.
25. *Th. Neckel*, *Veroff. Landesternwarte Heidelberg-Königstuhl*, b. 19, 1, 1967.
26. *Э. Алксне, А. Алкснис, У. Дзевитис*, *Характеристики углеродных звезд Галактики, Рига, Зинатне*, 1983, стр. 81.
27. *В. А. Амбарцумян*, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 13, 1954.
28. *Y. Yamashita*, *P. A. S. Japan*, 27, 459, 1975.
29. *M. Cohen*, *M. N. RAS*, 186, 837, 1979.
30. *J. Bergeat, F. Sibille, M. Lunel, J. Lefevre*, *Astron. Astrophys.*, 52, 227, 1976.
31. *J. Bergeat, F. Sibille, M. Lunel, J. Lefevre*, *Astron. Astrophys.*, 52, 245, 1976.