АСТРОФИЗИКА

ТОМ 20 ФЕВРАЛЬ, 1984 ВЫПУСК 1

УДК 524.428.842—657

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОВ-ЗВЕЗД В ОБЛАСТИ ЗВЕЗДНОЙ АССОЦИАЦИИ Сер ОВ2

А. Т. ГАРИБДЖАНЯН

Поступила 13 сентября 1983
Принята к печати 20 октября 1983

Приведены результаты спектрофотометрического исследования 39 ОВ-звезд в области ассоциации Сер ОВ2. Определены синие (4000—4800 А°) абсолютные спектрофотометрические градиенты, избытки цветов в системе *UBV* и расстояния этих звезд. Анализ полученных результатов позволяет сделать предположение о том, что поглощающая материя сосредоточена, в основном, внутри самой ассоциации Сер ОВ2.

1. *Введение.* Для исследования межзвездного поглощения света в звездных ассоциациях нами предпринята работа по спектрофотометрическому исследованию ОВ-звезд в областях звездных ассоциаций.

Настоящая статья посвящена спектрофотометрическому исследованию 39 ОВ-звезд ярче $B = 10^m$ в области одной из хорошо изученных звездных ассоциаций Сер ОВ2.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что поглощающая материя, наблюдаемая в направлении ассоциации Сер ОВ2, сосредоточена в основном в самой ассоциации.

2. *Наблюдения и стандартизация.* Наблюдения были выполнены в 1978—1979 гг. на метровом телескопе системы Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории, с помощью четырехградусной предобъективной призмы (обратная дисперсия у H_γ 272 А°/мм). Так как поле этого телескопа равно 4°×4°, исследуемая область (координаты центра: $\alpha = 21^h40^m$, $\delta = 59°30'$, 1900) в 7°×7° была разделена на четыре площадки.

Каждая из площадок снималась сериями, состоящими из трех одинаковой выдержки пластинок, которые затем проявлялись вместе с калибровочной шкалой, специально снятой для каждой серии с помощью стандартной звезды δ Cyg. Чтобы спектрофотометрировать звезды разной яркости (ярче $B = 10^m$), каждая площадка снималась несколькими сериями разных

выдержек (прямолинейная часть характеристических кривых использованных нами пластинок ORWO ZU-21 охватывает интервал меньше 2.5).

Учет атмосферной экстинкции нами не производился, так как пластинки всех серий со своими фотометрическими шкалами снимались на близких и небольших зенитных расстояниях ($z < 30°$). Расчеты показали, что максимальная редукция за атмосферное поглощение для начала и окончания всех серий наших наблюдений, в исследуемой спектральной области, всегда заметно меньше ошибок фотографических наблюдений.

Микрофотометрические записи спектров звезд были получены на двухлучевом саморегистрирующем микрофотометре ИФО-451. Измерения проводились интервалом $\Delta(1/\lambda)=0.05$ мкм в области $2.10 \leqslant 1/\lambda_i \leqslant 2.50$.

При определении синих (4000—4800 А°) абсолютных спектрофотометрических градиентов φ_B исследуемых звезд был использован градиент стандартной звезды δ Cyg ($\varphi_B^{ст} = 1.02$), по работе Барбье и Шалонжа [1].

Полученный нами наблюдательный материал, методика его обработки и все вычисления подробно описаны в [2, 3].

3. *Выбор ОВ-звезд.* Звездная ассоциация Сер ОВ2 была подробно исследована Маркаряном [4]. Из 31 ОВ-звезды его списка нам удалось обработать спектрограммы только для 25 звезд. Кроме того в список исследуемых звезд нами были включены 2 звезды из работы Хилтнера [5] и 12 звезд из Смитсонианского звездного каталога [6]. Таким образом было исследовано всего 39 ОВ-звезд.

4. *Определение синих абсолютных спектрофотометрических градиентов.* Определив логарифмы потоков $\lg F_{1/\lambda_i}$ в спектрах исследуемых и стандартной звезд, мы нормировали их с помощью условия

$$\lg F_{2.35} \equiv 0.$$

Затем полученные нами данные были усреднены для всех наблюдений данной серии и определены разности

$$\lg (F/F^{ст})_{1/\lambda_i} = \overline{\lg F_{1/\lambda_i}} - \lg F^{ст}_{1/\lambda_i}, \qquad (1)$$

где индекс «ст» относится к стандартной звезде.

Эти разности характеризуют относительное распределение энергии в спектрах исследуемых звезд.

Очевидно, что относительный спектрофотометрический градиент звезды равен выражению

$$\Delta\varphi_B = -2.303 \frac{d \lg F/F^{ст}}{d\, 1/\lambda}, \qquad (2)$$

откуда абсолютный спектрофотометрический градиент определится как сумма:

$$\varphi_B = \Delta\varphi_B + \varphi_B^{cr}, \qquad (3)$$

где φ_B^{cr} — абсолютный спектрофотометрический градиент стандартной звезды.

Величину $\frac{d \lg F/F^{cr}}{d\, 1/\lambda}$ можно определить способом наименьших квадратов, из зависимости $[\lg (F/F^{cr})_{1/\lambda_i},\ 1/\lambda_i]$.

Процедура определения спектрофотометрических градиентов подробно описана, например, в работе Мирзояна [7].

5. *Результаты.* Результаты определения синих абсолютных спектрофотометрических градиентов 37 исследованных нами звезд представлены в табл. 1, где в последовательных столбцах приводятся: название звезды,

Таблица 1

СИНИЕ АБСОЛЮТНЫЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ГРАДИЕНТЫ φ_B ИССЛЕДОВАННЫХ ЗВЕЗД В ОБЛАСТИ ЗВЕЗДНОЙ АССОЦИАЦИИ CEP OB2

Звезда (HD, BD)	Спектр	V	φ_B	n	Звезда (HD, BD)	Спектр	V	φ_B	n
202214	B0 V	5.64	1.10	3	+59°2412	B5	9.3:	2.10	3
239618	B3 e	8.7:	1.90	6	207198	O9 II	5.93	1.98	9
239626	B0	9.2:	1.62	3	207308	B2	7.8:	1.88	12
203374	B0 IVpe	6.69	1.62	3	207538	B0 V	7.27	1.67	6
204151	B0 n	7.4:	1.06	6	+59°2424	B5	8.2:	1.97	6
204116	B0 n	8.1:	2.22	3	207951	B2	8.3:	1.37	6
+59°2378	B5	10.4:	1.66	3	+55°2639	B3	5.4:	1.07	6
+59°2381	B5	9.3:	1.50	3	+61°2209	B3	7.7:	1.46	3
+58°2268	B2	9.3:	1.92	3	+59°2430	B5	8.1:	1.49	6
+59°2384	B3	9.3:	1.43	3	208392	B1 V	6.66	1.76	3
+59°2393	B3	8.8:	1.50	6	208905	B1 Vp	6.98	1.37	3
205139	B0 II	5.55	1.15	3	209145	B1 V	7.62	1.65	6
205196	B0 Ib	7.45	2.17	3	209339	B0 IV	6.2:	1.16	6
206165	B2 Ib	4.74	1.59	3	209454	B2	7.9:	1.50	6
206183	B0 V	7.40	1.55	3	209744	B1 V	6.66	1.71	3
206267	O6	5.66	1.63	6	209975	O9.5Ib	5.11	1.32	3
206327	O5	8.8:	1.48	3	210478	B1 V	7.33	1.46	3
+59°2408	B2	9.7:	1.75	3	210839	O6 F	5.03	1.71	3
206773*	B0 Vpe	6.93	1.60	3					

* H_γ и H_δ в эмиссии.

спектр, визуальная звездная величина — V, синий абсолютный спектрофотометрический градиент — φ_B и количество использованных спектрограмм — n.

В двух случаях: звезд BD + 59° 2368 и HD 209481 наши наблюдения указывают на переменность излучения.

Соответствующие данные об этих звездах приведены в табл. 2. В предпоследнем столбце табл. 2 дополнительно дана дата наблюдения.

Таблица 2

ЗВЕЗДЫ, ПОКАЗАВШИЕ ПЕРЕМЕННОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ

Звезда	Спектр	V	φ_B	Дата	n
+59°2368	B3	9.0	1.90	27/28.VIII.78	2
			1.31	27/28.VIII.78	1
209481*	O9	5.56	0.70	26/27.VIII.78	3
			0.70	13/14.IX.79	1
			1.37	13/14.IX.79	2

* На первой пластинке от 13/14. IX. 79 спектрофотометрический градиент имеет такое же значение, как 26/27. VIII. 78, а на последующих двух снимках, полученных через 6 и 18 мин, соответственно, произошло увеличение градиента (покраснение излучения).

6. *Межзвездное поглощение света исследуемых ОВ-звезд.* Полученные нами градиенты сильно искажены межзвездным поглощением.

Имея нормальные (свободные от воздействия межзвездного поглощения) синие абсолютные спектрофотометрические градиенты $-\varphi_B^0$, легко определить $\Delta\varphi_M$ — величину искажения межзвездным поглощением синих градиентов (избытки градиентов) исследуемых звезд:

$$\Delta\varphi_M = \varphi_B - \varphi_B^0. \qquad (4)$$

Нормальные синие абсолютные спектрофотометрические градиенты, представленные в табл. 3, мы заимствовали из работ Мирзояна [8] и Оганесяна [9]. С их помощью были определены величины $\Delta\varphi_M$ для всех исследуемых звезд. Они приводятся в табл. 4 (второй столбец).

Как было показано Мельниковым [10], для исследуемой нами спектральной области (4000—4800 А°) закон межзвездного поглощения имеет вид

$$f(\lambda) \sim \lambda^{-1}.$$

При таком допущении Архиповой [11] была получена зависимость между избытком синего абсолютного градиента и полным межзвездным поглощением A_V в лучах V:

Таблица 3

НОРМАЛЬНЫЕ АБСОЛЮТНЫЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ГРАДИЕНТЫ ОВ-ЗВЕЗД

Спектр	τ_B^0	Литература	Спектр	τ_B^0	Литература
O7	0.58	[9]	B3	0.72	[8]
O9	0.59	„	B5	0.78	„
B0	0.63	[8]	B8	0.90	„
B1	0.65	„	A0	1.00	„
B2	0.68	„			

Таблица 4

ИЗБЫТКИ ГРАДИЕНТОВ $\Delta\tau_M$, ИЗБЫТКИ ЦВЕТОВ $E_{B-V}(\Delta\tau_M)$ И РАССТОЯНИЯ r (ПС) ИССЛЕДОВАННЫХ ЗВЕЗД В ОБЛАСТИ ЗВЕЗДНОЙ АССОЦИАЦИИ CEP OB2

Звезда HD, BD	$\Delta\tau_M$	$E_{B-V}(\Delta\tau_M)$	r (пс)	Звезда HD, BD	$\Delta\tau_M$	$E_{B-V}(\Delta\tau_M)$	r (пс)
202214	0.47	0.28	670	+59°2412	1.32	0.78	350
239618	1.18	0.70	410	207198	1.39	0.82	700
239626	0.99	0.58	2170	207308	1.20	0.71	390
203374	0.99	0.58	820	207538	1.04	0.61	850
204150	0.43	0.25	1570	+59°2424	1.19	0.70	240
204116	1.59	0.94	760	207951	0.69	0.41	780
+59°2378	0.88	0.52	860	+55°2639	0.35	0.21	190
+59°2381	0.72	0.43	600	+61°2209	0.74	0.44	390
+58°2268	1.24	0.73	760	+59°2430	0.71	0.42	350
+59°2384	0.71	0.42	840	208392	1.11	0.65	420
+59°2393	0.78	0.46	630	208905	0.72	0.42	690
205139	0.52	0.31	970	209145	1.00	0.59	720
205196	0.53	0.91	1120	209339	0.53	0.31	990
206165	0.91	0.54	540	209454	0.82	0.48	580
206183	0.92	0.54	1010	209744	1.06	0.63	430
206267	1.05	0.62	660	209975	0.71	0.42	860
206327	0.91	0.54	3190	210478	0.81	0.48	740
+59°2408	1.07	0.63	1060	210839	1.13	0.67	460
206773	0.97	0.57	780				

$$\Delta\varphi_M = 0.921\, A_V \bar{\lambda}_V, \tag{5}$$

где $\bar{\lambda} = 0.5556$ мкм.

С другой стороны, принимая, что в области Сер OB2 межзвездное поглощение нормальное, можем написать [12]:

$$A_V = 3.3\, E_{B-V}. \tag{6}$$

Подставив выражение (6) в (5), получим окончательно:

$$E_{B-V} = 0.59\, \Delta\varphi_M. \tag{7}$$

По этой формуле (7) мы определяли избытки цветов E_{B-V} с помощью известных избытков градиентов $\Delta\varphi_M$ исследуемых звезд.

Определенные нами таким образом избытки цвета $E_{B-V}(\Delta\varphi_M)$ представлены в третьем столбце табл. 4.

Сравнение полученных нами величин $E_{B-V}(\Delta\varphi_M)$ с величинами E_{B-V}, определенными электрофотометрически Хилтнером [6], для 14 исследованных нами OB-звезд приведено на рис. 1. Систематическое откло-

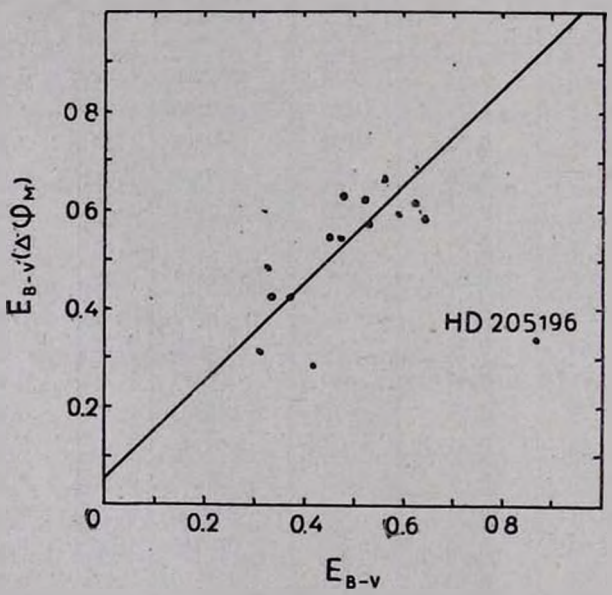

Рис. 1. Графическое сопоставление полученных нами величин $E_{B-V}(\Delta\varphi_M)$ с E_{B-V}, определенными Хилтнером [5] из фотоэлектрических наблюдений.

нение средней линии на 0.05, по нашему мнению, может быть обусловлено тем, что из-за необнаруженного нейтрального поглощения коэффициент в (6) на самом деле должен быть больше. Отметим, что аргументы в пользу существования нейтрально поглощающей свет материи в звездных ассоциациях недавно были рассмотрены Варданяном [13].

7. Пространственное распределение ОВ-звезд и поглощающей материи. Определив по двумерному спектральному классу абсолютную звездную величину M_V* [14] и имея значения A_V и V, нетрудно было определить расстояния r (пс) исследуемых звезд (четвертый столбец табл. 4).

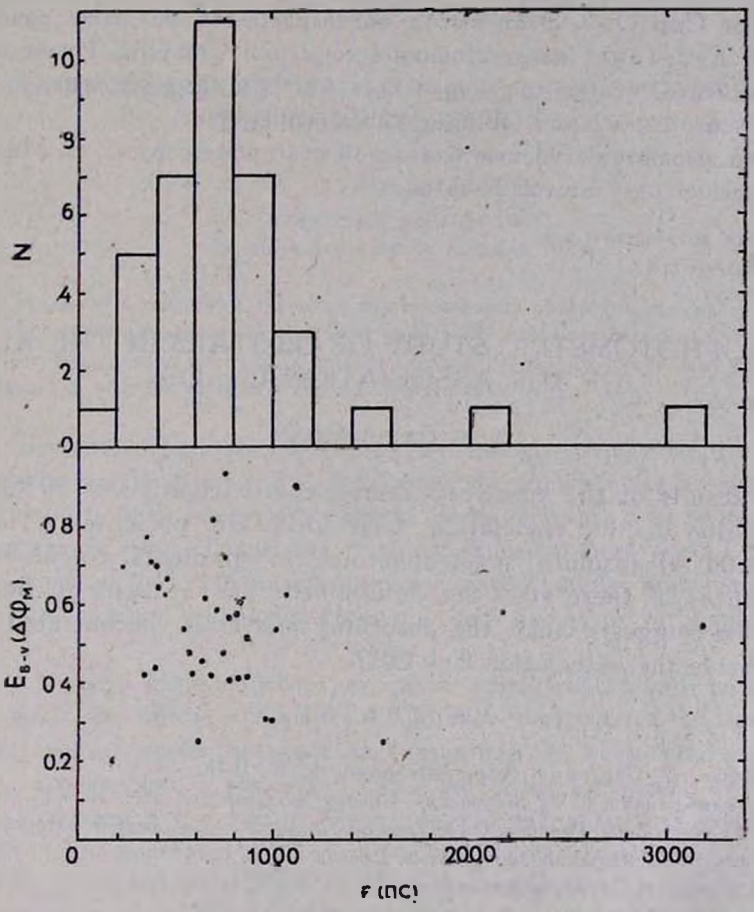

Рис. 2. Распределение поглощения света $E_{B-V}(\Delta\varphi_M)$, чисел исследуемых ОВ-звезд N по расстоянию.

На рис. 2 приведена зависимость $E_{B-V}(\Delta\varphi_M)$ от расстояний r исследованных звезд (нижняя часть) и гистограмма зависимости количества звезд N от r (верхняя часть). На приведенной гистограмме максимум числа звезд находится на расстоянии 750 пс, что довольно хорошо согласуется с принятым средним расстоянием 850 пс ассоциации Сер ОВ2 [15].

* Для звезд с неопределенным классом светимости были приняты M_V звезд главной последовательности.

Распределение избытков цвета ОВ-звезд по расстоянию в области ассоциации Cep OB2 (рис. 2, нижняя часть) представляет распределение поглощающей материи в этом направлении. Тот факт, что для более далеких звезд поглощение света практически не возрастает, по нашему мнению, говорит о том, что поглощение света происходит в основном внутри самой ассоциации Cep OB2. Этот вывод подтверждается большим разбросом значений $E_{B-V}(\Delta\varphi_M)$ на расстоянии ассоциации Cep OB2. Иначе говоря, следует считать, что поглощающая свет материя сосредоточена, в основном, в объеме, занимаемом ОВ-звездами ассоциации.

Автор выражает глубокую благодарность профессору Л. В. Мирзояну за обсуждение результатов работы.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF OB-STARS IN THE REGION OF THE ASSOCIATION Cep OB2

A. T. GARIBJANIAN

The results of the spectrophotometric investigation of 39 OB-stars in the region of the association Cep OB2 are presented. The blue (4000—4800 A) absolute spectrophotometric gradients, colour excesses and distances of these stars are determined. The analysis of the obtained results suggests that the absorbing matter is concentrated on the whole, inside the association Cep OB2.

ЛИТЕРАТУРА

1. *D. Barbier, D Chalonge*, Ann. Astrophys., 4, 30, 1941.
2. *А. Т. Гарибджанян, С. М. Карапетян*, Сообщ. Бюраканской обс., 53, 131, 1982.
3. *А. Т. Гарибджанян*, Распределение горячих звезд и поглощающей материи в ассоциациях, Кандидатская диссертация, Ереван, 1984.
4. *Б. Е. Маркарян*, Сообщ. Бюраканской обс., 11, 3, 1953.
5. *W. A. Hiltner*, Ap. J. Suppl. ser., 2, 389, 1956.
6. Smitsonian Astrophysical Observatory Star Catalog, Washington, 1966.
7. *Л. В. Мирзоян*, Сообщ. Бюраканской обс., 7, 3, 1951.
8. *Л. В. Мирзоян*, ДАН АН Арм. ССР, 20, 3, 1955.
9. *Р. Х. Оганесян*, Сообщ. Бюраканской обс., 46, 28, 1975.
10. *О. А. Мельников*, Труды ГАО, 64, 5, 1950.
11. *В. П. Архипова*, Астрон. ж., 40, 71, 1963.
12. *К. У. Аллен*, Астрофизические величины, Мир., М., 1977.
13. *Р. А. Варданян*, Сообщ. Бюраканской обс., 54, 42, 1983.
14. *A. Blaauw*, Stars and Stellar Systems, vol. III, ed. K. Aa. Strand, Chicago and London, 1963, p. 383.
15. R. *M. Humphreys*, Ap. J. Suppl. ser., 38, 309, 1978.