

УДК 524.42

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗВЕЗД С ОКОЛОЗВЕЗДНЫМИ ПЫЛЕВЫМИ ОБОЛОЧКАМИ. I.

Р.Х.ОГАНЕСЯН, Р.А.ЕПРЕМЯН, А.А.КАРАПЕТЯН

Поступила 10 сентября 1995

Принята к печати 31 октября 1995

Представлены результаты исследования околозвездных пылевых оболочек 36 звезд ранних (O-B-A) типов в направленных ассоциациях Cas OB1, Cas OB2, Per OB1, Ori OB1.

Определены поглощение на λ 1640A, линейный радиус пылевых оболочек, средняя величина коэффициента k_λ и масса оболочек. Они отличаются друг от друга значительно (см. табл. 1).

1. *Введение.* В наших работах (см., например [1]) были представлены результаты исследования пространственного распределения более 800 звезд ранних типов и поглощающей материи в направлениях звездных ассоциаций на основе наблюдений на космическом телескопе "Глазар" [2].

Естественно, что поглощение на 1640A гораздо больше, чем в видимом диапазоне, в V лучах. Поэтому целесообразнее определять расстояния звездных группировок по методу построения графика переменной экстинкции, т.е. по зависимости модуля расстояния $(m-M)_{1640}$ наблюдавшихся звезд от их избытка цветов $E(m_{1640}-V)$.

Нами были выявлены 44 звездные группировки, состоящие из ранних (O, B и A) звезд, 20 из которых ранее не были известны.

Исследования поглощающей материи по данным "Глазара" показывают, что в областях обнаруженных звездных ассоциаций пылевая материя, в основном, распределена неравномерно и клочковато. В пространстве между ассоциациями пыли нет.

Необычно большое поглощение на 1640A у некоторых звезд можно, по-видимому, объяснить тем, что эти звезды погружены в плотные околозвездные пылевые облака. Среди них имеются и звезды с ИК излучением [3].

В настоящей работе приводятся результаты исследования 36 звезд с пылевыми оболочками.

2. *Поглощение, обусловленное околозвездными пылевыми оболочками.* На основании данных, приведенных в работе [4, 5] в направлениях звездных ассоциаций Cas OB1, Cas OB2, Per OB1 и Ori OB1 были выявлены 36 звезд, которые, по-видимому, обладают околозвездными пылевыми оболочками, из них 17 показывают ИК - эмиссию [3] (см. табл. 1).

Чтобы определить поглощение, обусловленное околозвездной пылевой оболочкой, необходимо сравнить поглощение на $\lambda 1640\text{A}$ для звезды с пылевой оболочкой со средней величиной поглощения на $\lambda 1640\text{A}$ для звезд, не имеющих околозвездные оболочки. На небе они должны быть расположены близко к исследуемой звезде и находиться на расстояниях звезды или дальше. Если в окрестности данной звезды нет таких звезд, то в этом случае определяется средняя величина межзвездного поглощения на $\lambda 1640\text{A}$ для наблюдаемой области (см. [6]), с которой и сравнивается поглощение звезды с пылевой оболочкой, т.е. определяется разность поглощений на $\lambda 1640\text{A}$ исследуемой звезды и средней величины поглощений в данной области (либо в окрестности данной звезды). Эта разность считается поглощением, обусловленным околозвездной пылевой оболочкой звезды.

При таком подходе учитывается и эффект ослабления излучения звезд ранних типов в далеком ультрафиолетовом диапазоне из-за присутствия ионизационных зон (зон Стремгрена) [7]. Определенные таким образом значения ΔA_{1640} вместе с другими параметрами (порядковые номера, HD, BD - номера, спектральные классы, полное поглощение) представлены в табл. 1.

Список звезд сравнения для каждой исследуемой звезды с пылевой оболочкой представлен в табл. 2.

В первом столбце этой таблицы приведены порядковые номера исследуемых звезд, взятые из табл. 1. Далее приведены HD - номера, спектральные классы, величины межзвездного поглощения (A_{1640}), взятые из работ [4,5] для звезд сравнения и средние значения поглощений (A_{1640}), если число звезд сравнений больше одного. С этими величинами и были сравнены поглощения исследуемых звезд.

При этом, для одной звезды из изучаемых звезд N2 не представлены номера звезд сравнения. Дело в том, что звезда N2=HD12303 из области

Таблица 1

ПАРАМЕТРЫ ЗВЕЗД С ОКОЛОЗВЕЗДНЫМИ
ПЫЛЕВЫМИ ОБОЛОЧКАМИ

№ п/п	HD, BD	Спектр	Пылевая поглощ. A_{1600}	Поглощ. в обол. ΔA_{1600}	Расст. звезд в пк	Показатели цвета		Радиус оболоч. в с.	Масса пыл. об. в M_{\odot}
						12-25	25-60		
1	5233	B3 V	2.89	2.00	430	-	-	1230	$7.5 \cdot 10^{-4}$
2	12303	B3 V	4.92	4.92	42	-0.45	0.51	3030	$1.1 \cdot 10^{-3}$
3	12856	B0 pe	6.07	3.37	2220	-	-	2070	$3.6 \cdot 10^{-3}$
4	13669	B2 Ve	4.01	1.47	550	-	-	910	$3.0 \cdot 10^{-4}$
5	13970	B1 V	4.73	2.25	900	-	-	1380	$1.1 \cdot 10^{-3}$
6	14433	B9.5 Ia	6.49	6.57	1380	-1.25	0.75	2200	$4.3 \cdot 10^{-3}$
7	14489	A0 Ia	3.92	1.00	1300	-1.38	0.88	620	$9.4 \cdot 10^{-5}$
8	14818	B1 Iae	4.94	1.94	1400	-0.08	0.51	1190	$6.9 \cdot 10^{-4}$
9	33483	B8 V	3.05	1.95	350	-	-	1200	$7.0 \cdot 10^{-4}$
10	33646	F5 III	1.77	1.76	85	-1.56	0.77	1080	$5.1 \cdot 10^{-4}$
11	33831	A0 V	4.48	4.47	130	-	-	2750	$8.4 \cdot 10^{-3}$
12	34163	B8 V	3.59	2.87	330	-	-	1770	$2.2 \cdot 10^{-3}$
13	34341	B9 V	2.40	1.78	300	-	-	1100	$5.3 \cdot 10^{-4}$
14	34503	B5 III	0.93	0.40	150	-1.39	0.28	250	$6.0 \cdot 10^{-6}$
15	35972	B7 Ve	1.75	1.02	550	-	-	630	$1.0 \cdot 10^{-4}$
16	36760	B6.5 V	4.13	3.40	210	-	-	2090	$3.7 \cdot 10^{-3}$
17	36917	B9.5 Vp	2.75	2.49	190	-0.58	2.63	1530	$1.5 \cdot 10^{-4}$
18	36981	B4.5 V	1.70	1.22	470	-	-	750	$1.7 \cdot 10^{-4}$
19	37061	B0 V	3.99	3.64	700	2.09	1.15	2240	$4.5 \cdot 10^{-3}$
20	37057	B9 V	2.90	1.99	370	-	-	1230	$7.4 \cdot 10^{-4}$
21	37115	B4 Ve	2.89	2.24	280	-	-	1380	$1.1 \cdot 10^{-3}$
22	37303	B1.5 V	3.33	2.98	130	0.86	1.50	1830	$2.5 \cdot 10^{-3}$
23	37411	A0.5 V	0.98	0.78	510	1.17	0.35	480	$4.5 \cdot 10^{-5}$
24	37428	B7.5 V	1.93	1.73	450	-	-	1070	$4.9 \cdot 10^{-4}$
25	37699	B3 V	1.07	0.59	590	0.48	1.34	360	$1.9 \cdot 10^{-5}$
26	37806	B7.5 Vpe	3.27	2.67	240	-0.17	-0.65	1640	$1.8 \cdot 10^{-3}$
27	38051	B3 V	5.83	5.26	220	-	-	3240	$1.4 \cdot 10^{-3}$
28	38087	B3 V	1.26	0.56	780	1.29	2.94	350	$1.7 \cdot 10^{-5}$
29	38088	B9.5 V	3.50	3.20	280	-	-	1970	$3.1 \cdot 10^{-3}$
30	38120	B9 V	1.14	0.87	480	0.73	-0.09	540	$6.2 \cdot 10^{-5}$
31	38292	A0 V	2.92	2.54	120	-	-	1560	$1.5 \cdot 10^{-3}$
32	39777	B2 V	0.23	0.15	560	0.48	1.59	90	$3.2 \cdot 10^{-7}$
33	+59°2670	B9 V	3.83	2.82	400	-	-	1740	$2.1 \cdot 10^{-3}$
34	219634	B0.5 III	4.38	2.21	740	0.48	2.92	1360	$1.0 \cdot 10^{-3}$
35	220057	B2 IV/V	2.40	0.96	480	-	-	590	$8.3 \cdot 10^{-5}$
36	220102	F0 I	3.50	1.56	1190	-0.88	2.98	960	$3.6 \cdot 10^{-4}$

ПАРАМЕТРЫ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ

№ п/п	Звезды сравн. HD	Спектр	Полное поглощ. A_{1600}	Средн. поглощ. A_{1600}	№ п/п	Звезды сравн. HD	Спектр	Полное поглощ. A_{1600}	Средн. поглощ. A_{1600}
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	3924	B9.5 III	1.00	0.89		37209	B1.5 IV	0.18	±0.30
	4442	F4 III	0.16	±0.62		37373	B7.5 V	0.49	
	4797	A0 V	0.93		19	37150	B2 V	0.77	0.35
	5342	B9 II	1.94		20	37114	B9 V	1.45	0.91
	5408	B9 IV	0.93			37411	A0.5 V	0.98	±0.58
	5409	B9 V	0.37			37887	B9.5 V	0.30	
2	-	-	0.00	0.00	21	36916	B4.5 V	1.16	0.65
3	12323	O9.5 V	2.68	2.70		37150	B2 V	0.77	±0.42
	12727	B1 III	2.73	±0.03		37209	B1.5 IV	0.18	
4	12323	O9.5 V	2.68	2.54		37373	B7.5 V	0.49	
	12727	B1 III	2.73	±0.28	22	37209	B1.5 IV	0.18	±0.36
	13717	B9 II	2.22			37481	B1.5 IV	0.11	
5	12727	B1 III	2.73	2.48	23	37209	B1.5 IV	0.18	0.20
	13717	B9 II	2.22	±0.26	24	37470	B7.5 IV	0.30	±0.10
6	14443	B2 I	2.49			37481	B1.5 IV	0.11	
6,7	14052	B2 I	2.78	2.92	25	37686	B9 V	0.0.5	0.48
	14134	B5 Ia	3.50	±0.52		37744	B1 V	0.84	±0.40
	14443	B2 I	2.49			37807	B3 V	0.56	
8	14134	B5 Ia	3.50	3.00	26	37686	B9 V	0.05	0.60
	14443	B2 I	2.49	±0.50		37744	B1 V	0.84	±0.40
9	34100	B8 V	1.37	1.10		37886	B7.5 V	0.91	
	34307	B8 V	1.26	±0.37		37927	B6 V	0.61	
	34672	B8 V	0.68		27	37807	B3 V	0.56	0.43
10	33752	A0 V	0.00	0.01		37887	B9.5 V	0.30	±0.13
11	34180	B9.5 V	0.04	±0.02	28	37744	B1 V	0.84	0.70
	34480	A1 V	0.00			37807	B3 V	0.56	±0.14
12	33189	B9 V	1.24	0.72	29	37887	B9.5 V	0.30	0.30
	34480	A1 V	0.00	±0.64	30	37209	B1.5 IV	0.18	0.27
	34637	B1 V	0.91			37373	B7.5 V	0.49	±0.17
13	34416	B9 V	1.10	0.62		37481	B1.5 V	0.11	
	34502	B9 V	0.75	±0.55		37470	B7.5 V	0.30	
	34595	B9 V	0.02		31	37547	B9.5 V	0.00	0.38
14	36935	B5 V/TV	0.60	0.53		37846	A1 V	0.84	±0.45
	37332	B4 V	0.93	±0.13		37887	B9.5 V	0.30	
	38755	B5 V	0.61		32	37481	B1.5 V	0.11	0.08
15	36046	B4.5 V	0.95	0.73		37686	B9 V	0.05	±0.03
16	36312	B7 V	0.63	±0.19	33	218724	B9 V	1.28	1.01
	39935	B5 V/TV	0.60			220016	B3 V	1.44	±0.61
17	37373	B7.5 V	0.49	0.26		220819	F0 II	0.32	
	37547	B9.5 V	0.00	±0.25	34	221334	B3 III	2.17	2.17
	37887	B9.5 V	0.30		35	220016	B3 V	1.44	1.44
18	37150	B2 V	0.77	0.48	36	5342	B9 II	1.94	1.94

Reg OB1, как видно из табл. 1, находится к нам очень близко ($d=40$ пк) и у нее наблюдается удивительно большое поглощение около 5^m на 1640A , что, по всей вероятности, обусловлено только наличием околозвездной пылевой материи.

3. *Линейные размеры околозвездных пылевых оболочек.* Для оценки линейных размеров околозвездных пылевых оболочек, обнаруженных космическим телескопом "Глазар" на 1640A , необходимо знать среднюю величину коэффициента экстинкции в см^{-1} . Обозначая этот коэффициент через k_λ и интегрируя вдоль луча зрения в пылевой оболочке по радиусу оболочки (r), получим оптическую толщину (τ_λ) оболочки в данной длине волны λ ,

$$\tau_\lambda = k_\lambda r. \quad (1)$$

На практике, вместо k_λ чаще употребляется значение полного поглощения (A_λ), выраженное в звездных величинах:

$$r = 0.921 A_\lambda / k_\lambda \quad (2)$$

Что же касается коэффициента экстинкции k_λ , то значение этого параметра было определено нами, используя данные [8-10], для α Лиры (AOV). По данным [8] радиус Δr околозвездной пылевой оболочки вокруг α Лиры равен 140 а.е., а по данным [9] наблюдаемая величина показателя цвета ($m_{1640} - V$) для этой звезды отрицательная и равна -0.48 . Величина нормального показателя цвета ($m_{1640} - V$)₀ для звезды α Лиры, согласно [10], равна -0.61 , следовательно величина избытка цвета

$$E(m_{1640} - V) = (m_{1640} - V) - (m_{1640} - V)_0 = -0.48 + 0.61 = 0.13,$$

следовательно, значение полного поглощения равно:

$$A_{1640} = 1.75 E(m_{1640} - V) = 0.23.$$

Учитывая, что α Лиры находится очень близко (8.1 пк [8]), можно считать, что ее поглощение практически целиком обусловлено околозвездной пылевой оболочкой ΔA_{1640}

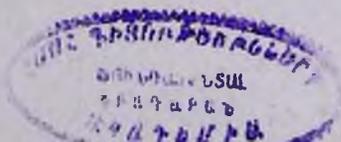
$$\Delta A_{1640} = A_{1640} = 0.23.$$

Из (2) имеем

$$k_{1640} = 0.921 \Delta A_{1640} / \Delta r = 10^{-16} \text{ см}^{-1},$$

где Δr выражено в см.

Имея численное значение k_{1640} в предположении, что свойства пылинок в пылевых оболочках не сильно отличаются, из соотношения (2)



можно определить линейные радиусы пылевых оболочек. Значения Δr приведены в табл. 1 (столбец 9).

4. *Массы околозвездных пылевых оболочек.* Точно определить массу пылевой оболочки трудно, но оценить их величины, хотя бы грубо, возможно. Для этого необходимо знать полное поглощение (ΔA_{1640}), обусловленное пылевой оболочкой, диаметр оболочки ($2\Delta r$), среднюю концентрацию пылевых частиц (\bar{N}_g), радиусы частиц (a) и коэффициент рассеяния одной частицей (σ_λ).

Величины ΔA_λ и Δr определены нами на основании [4,5]. Что касается величин σ_λ и N_g , то согласно [11] в визуальных лучах $\sigma_V N_g \Delta r = 0.921 \Delta A_V$, а $\sigma_V = \pi \cdot a^2$, а соответственно этому \bar{N}_g определяется из условия

$$\bar{N}_g = 0.921 \Delta A_V / \pi a^2 \Delta r. \quad (3)$$

Согласно [12] $\Delta A_V = 3.3 \Delta E(B-V)$, а по [13] $\Delta A_{1640} = 7.69 \Delta E(B-V)$, откуда $\Delta A_V = 0.429 \Delta A_{1640}$. Тогда из (3)

$$\bar{N}_g = 0.395 \Delta A_{1640} / \pi a^2 \Delta r. \quad (4)$$

Согласно [8] радиусы пылинок в пылевой оболочке звезды α Лиры находятся в интервале $0.1 < a < 10$ мкм. Поэтому численная величина \bar{N}_g определена нами при среднем значении радиуса пылинок $\bar{a} = 5 \cdot 10^{-4}$ см. Тогда, согласно (4):

$$\bar{N}_g = 5.43 \cdot 10^{-11} \text{ см}^{-3}.$$

Масса одной частицы:

$$m_g = (4\pi / 3) a^3 2 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}, \quad (5)$$

где $2 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ удельная плотность частиц пыли.

Тогда из (5) $m_g = 1.05 \cdot 10^{-9}$ г. Согласно этим данным плотность пылевой материи в оболочке

$$\rho_g = \bar{N}_g m_g \text{ г} \cdot \text{см}^{-3} \quad (6)$$

равна $5.73 \cdot 10^{-20} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$. Имея величину ρ_g , можно оценить массы околозвездных пылевых оболочек в единицах M_\odot по формуле:

$$M_{0.6} = (4\pi / 3) (\Delta r)^3 \rho_g M_\odot^{-1}. \quad (7)$$

Значения M_p/M_\odot определены по (7) и приводятся в последнем столбце табл. 1.

5. Двухцветная диаграмма для звезд с ИК-излучением. По величинам потоков на длинах волн 12, 25 и 60 мкм [3], определенных по методу [14] показателей цвета (12)-(15) и (25)-(60) (табл. 1., столбцы 7,8), приведенных на двухцветной диаграмме (рис. 1, точки) видно, что ИК-излучение упомянутых выше 17 звезд находится дальше чернотельного излучения и принадлежит околосредным средам. Для сравнения на рис. 1 представлены также показатели цвета (они отмечены крестиками) для 4 звезд Херbiga Ac/Be: BD+61°154, AB Aur, V 380 Ori и HD 259431 (последняя наблюдалась "Глазаром") и 3 пекулярных звезд - HD 31648, HD 50138 и HD 190073 с известными околосредными пылевыми оболочками [7].

Как видно из рис. 1, показатели цвета (12)-(15) и (25)-(60) попадают в область (сплошная линия), обусловленную чернотельным ИК -

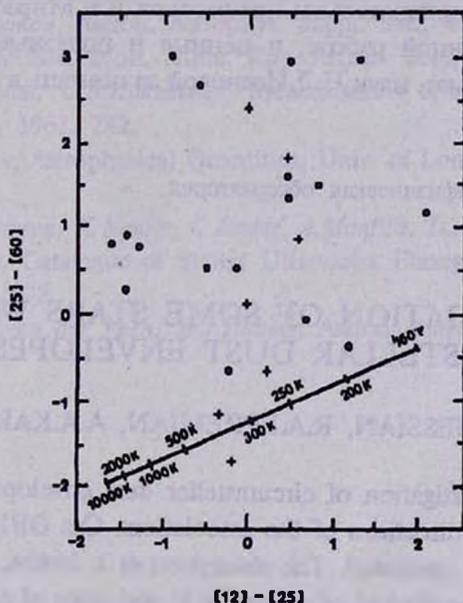


Рис. 1. Двухцветная (12)-(25) и (25)-(60) диаграмма для 17 звезд с околосредными пылевыми оболочками по данным IRAS [3] точки (•). Для сравнения приведены показатели цвета (12)-(25) и (25)-(60) для 7-и звезд с известными пылевыми оболочками по данным [3] крестиками (+). Сплошная линия представляет показатели цвета (чернотельного) Планковского излучения разных температур (10000-2000°K).

излучением звезд с Тэфф от 10000° до 2000°К. Это означает, что ИК - излучение на самом деле принадлежит околозвездным пылевым оболочкам.

6. *Заключение.* Анализ результатов исследований, выполненных по наблюдениям на $\lambda 1640\text{A}$ с помощью космического телескопа "Глазар" четырех областей в направлении звездных ассоциаций Cas OB1, Cas OB2, Per OB1 и Ori OB1 позволяет сделать следующие выводы:

1. Обнаружено 36 звезд с предполагаемыми околозвездными пылевыми оболочками (5 в Кассиопее, 7 в Персее и 24 в Орионе).

2. Присутствие пылевых оболочек подтверждается наблюдениями IRAS [3]. Почти половина звезд является источниками ИК - излучения (см. рис. 1).

3. Поглощение, вызванное пылевой оболочкой, различно у разных звезд. Величина ΔA_{1640} находится в интервале $0^m.15+5^m.26$.

4. Определены линейные радиусы и массы пылевых оболочек исследованных звезд. Эти параметры значительно отличаются друг от друга (см. табл. 1, столбцы 9,10).

Авторы искренне признательны профессору Л.В.Мирзояну за проявленный интерес к данной работе, и ценные и полезные замечания, а также кандидату физ.-мат. наук Н.Л.Ивановой за помощь в корректировке текста.

Бюраканская астрофизическая обсерватория,
Армения

INVESTIGATION OF SOME STARS WITH CIRCUMSTELLAR DUST ENVELOPES. I.

R.Kh.HOVHANNESIAN, R.A.EPREMIAN, A.A.KARAPETIAN

The results of investigation of circumstellar dust envelopes for 36 earlier type (O-B-A) stars in directions of the associations Cas OB1, Cas OB2, Per OB1 and Ori OB1 are presented. The absorption at $\lambda 1640\text{A}$, linear radius of dust envelopes, mean coefficient of extinction k_{λ} and mass of circumstellar dust envelopes are determined. They differ each other essentially (Table 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. *H.M.Tovmassian, R.Kh.Hovhannessian, R.A.Epreman, D.Huguenin*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **100**, 501, 1993.
2. *Г.М.Товмасын, Ю.М.Ходжасянц, М.Н.Крмоян, А.Л.Кашиш, А.З.Захарян, Р.Х.Оганесян, М.А.Мкртчян, Г.Г.Товмасын, Д.Югенен, В.В.Бутов, Ю.В.Романенко, А.И.Лавейкин, А.П.Александров*, *Письма в Астрон. ж.* **14**, 291, 1988.
3. *Infrared Astronomical Setellite (IRAS) Catalogs and Atlases V. 2-6*, 1988.
4. *Г.М.Товмасын, Р.Х.Оганесян, Р.А.Епремян, Д.Югенен*, *Астрофизика*, **33**, 329, 1990; **34**, 301, 1991.
5. *Г.М.Товмасын, Р.Х.Оганесян, Р.А.Епремян, Д.Югенен, А.С.Викторенко, А.А.Серебров*, *Астрон. ж.*, **68**, 942, 1991.
6. *M.L.Sitko, B.D.Savage, M.L.Meade*, *Astrophys. J.*, **246**, 161, 1986.
7. *G.A.Gurzadian, S.S.Rustambekova*, *Astrophys. Space Sci.*, **69**, 269, 1980.
8. *N.S.van der Blik, T.Prusti, L.B.F.M.Waters*, *Astron. Astrophys.*, **285**, 229, 1994.
9. *P.R.Wesselius, R.J.van Duinen, A.R.W.de Jange, J.W.A.Alders, W.Luinge, K.J.Wildeman*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **49**, 427, 1982.
10. *D.J.Carnochan*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **201**, 1139, 1982.
11. *С.А.Каплан, С.В.Пикельнер*, *Межзвездная среда*, Гос. изд. физ.-мат. лит. М., 1963, 242.
12. *C.W.Allen*, *Astrophysical Quantities*, Univ. of London, The Athlone Press, 1973.
13. *G.J.Thompson, K.Nandy, C.Jamar, A.Monfils, L.Houziaux, D.J.Carnochan, R.Wilson*, *Catalogue of Stellar Ultraviolet Fluxes*, The Science Research Concl, 1978.
14. *W.E.C.J.van der Veen, H.J.Habing*, *Astron. Astrophys.*, **194**, 125, 1988.