

УДК 524.3.45

СВЕТИМОСТИ И ДРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВЕЗД С ШИРОКИМИ ЛИНИЯМИ H I В СКОПЛЕНИИ ТУМАННОСТИ ОРИОНА

Т. Е. ДЕРВИЗ

Поступила 4 марта 1982

Принята к печати 6 ноября 1982

Для 10 звезд скопления проведены спектральные наблюдения с целью изучения особенностей звезд, отнесенных к типу светимости Vb.

У линии поглощения H_γ измерены эквивалентная ширина W_{γ} , полуширина $\Delta\lambda_{1/2}$ и ширина крыльев на уровне непрерывного спектра $\Delta\lambda_{н.с.}$. Для звезд с широкими линиями H I не только $\Delta\lambda_{н.с.}$, но и отношение $\Delta\lambda_{н.с.}/\Delta\lambda_{1/2}$ превосходит значения наблюдаемые у обычных звезд главной последовательности в 1.5—2.5 раза. Определено M_V , закон межзвездного поглощения (R) и модуль расстояния ($V_0 - M_V$) для каждой звезды. Для большинства звезд наблюдается отклонение от нормального закона: $R > 3.3$.

1. *Введение.* В 1956 г. в скоплении туманности Ориона были обнаружены звезды с очень широкими линиями водорода [1], а позже было высказано предположение, что наличие таких звезд является характерной особенностью молодых скоплений [2, 3]. Широкие линии H I встречаются, в основном, в интервале спектральных типов от B5 до A3. Недавно для их обозначения был предложен отдельный подкласс светимости Vb [4]. Однако количественных данных, которые необходимы для уточнения положения этой группы звезд на диаграмме скопления, имеется пока очень мало. Спектральные наблюдения были выполнены с целью получения абсолютной величины M_V и выяснения характеристик, отличающих такие звезды от обычных звезд главной последовательности.

2. *Наблюдения и классификация.* В течение 1978—80 гг. получались щелевые спектрограммы звезд скопления на спектрографах СП 160 (БТА 6 м), СП 110М (ЗТШ 2.6 м), UAGS (ЗТА 2.6 м). Данные помещены в табл. 1, где номера звезд приведены по списку П. П. Паренаго [5].

По этим снимкам была проведена двумерная спектральная классификация с использованием спектрограмм звезд-стандартов, полученных на тех же спектрографах, и атласов [4, 6].

Таблица 1

№ по Паренато	$\lambda/\text{м}\mu$	$\lambda, (\text{\AA})$	Спектро-граф	Число спектрограмм
1491	43	3750—4800	СП 110М	2
1605	42	3750—4700	"	1
1623	42	3750—4800	UAGS	2
1628	42	3750—4800	СП 110М	1
1660	42	3750—4800	"	1
1685	81	3750—4800	"	1
2016	68	3750—5000	СП 160	4
2016	130	3800—5000	UAGS	1
2118	130	3800—5000	"	1
2248	130	3800—5000	"	2
2425	130	3800—5000	"	1

3. *Спектрофотометрия.* Мы считали необходимым установить, какие из параметров, характеризующих линии H I количественно, отражают тот, в значительной степени субъективный, наблюдательный признак, который обозначается как «широкие линии». Для измерений была выбрана линия H₇, т. к. она менее других может быть искажена эмиссией и соседними линиями. спектрофотометрический градиент в этой области длин волн меняется мало и в литературе можно было найти данные для сравнения. Были измерены эквивалентная ширина $\overline{W}_7$, полуширина $\Delta\lambda_{1/2}$ и ширина крыльев на уровне непрерывного спектра $\Delta\lambda_{н.с.}$ (табл. 2). Средние значения указанных параметров для нормальных звезд главной последовательности собраны в столбцах 7 и 9 табл. 2. $\overline{W}_7$ взяты из [7], где они получены по фотографическим наблюдениям с дисперсиями, близкими к нашим, и вместе с данными [8, 9] используют наблюдения более чем 300 звезд. Наблюдений контуров опубликовано очень мало. В табл. 2 даны

$\left(\frac{\Delta\lambda_{н.с.}}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)$, полученные по фотоэлектрическим наблюдениям [10], где для каждого спектрального типа имеются данные для 2—3 звезд. На рис. 1 приведен наблюдаемый профиль линии H₇ у звезды 1491 в сравнении с обычной звездой того же спектрального типа, а на рис. 2 построены нормированные профили H₇. За единицу по осям координат приняты полуширина и центральная глубина линии. На отдельных графиках объединены звезды сходных спектральных типов. Для сравнения показаны профили, полученные с помощью нормировки из наблюдений [10].

Из табл. 2 и рис. 1, 2 можно заключить, что большая величина отношения $\Delta\lambda_{н.с.}/\Delta\lambda_{1/2}$ является характерным признаком большинства исследуемых звезд. Для обычных звезд главной последовательности ширина

Таблица 2

№ по Параллаксу	V	S_p	$\Delta\lambda_{1/2}$ А	$\Delta\lambda_{н.с.}$ А	$\frac{\Delta\lambda_{н.с.}}{\Delta\lambda_{1/2}}$	$\left(\frac{\Delta\lambda_{н.с.}}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)$	$\overline{W}_T$ А	$\overline{W}_T$ А	M_V	R	A_V	$V_0 - M_V$
1491	7. ^m 42	B8Vb	13.3	68.6	5.2	3.6	16.2	10.0	+1. ^m 2	3.3	0. ^m 13	6. ^m 09
1605	7.98	B9—A0Vb	8.6	56.5	6.6	4.3	10.0	13.8	+0.2	5.8	1.22	6.56
1623	10.18	A3V	21.3	58.7	2.8	4.5	10.8	16.0	+0.4	>3.3	>1.58	<8.20
1628	6.74	B8—9Vb	6.8	51.5	7.6	3.6	8.4	10.8	—0.5	—	0	7.2
1660	9.01	B8Vb	8.2	64.8	7.9	3.6	10.6	10.0	+0.3	3.3	0.36	8.35
1685	10.16	B9—A0Vb	8.3	53.2	6.4	4.3	11.9	13.8	+0.6	6.0	1.32	8.24
2016	12.94	A3Vb	17.7	119.0	6.7	4.5	18.7	16.0	+1.4	3.3	1.48	10.06
2118	9.89	B9V	20.2	62.0	3.1	3.8	11.9	11.9	+0.6	3.3	0.46	8.83
2248	11.33	B5Vb	12.1	67.0	5.6	—	6.3	7.3	—1.4	5.5	4.16	8.57
2425	10.67	B7Vb	11.6	51.3	4.4	—	7.7	8.9	—0.8	3.8	3.12	8.35

крыльев превосходит полуширину не более, чем в 3—4 раза. При этом учет инструментального расширения (которое, вообще говоря, мало влияет на такие широкие линии) лишь усилит эту разницу, т. к. поправка за инструментальный контур уменьшает полуширину и почти не влияет на далекие части крыльев. По абсолютной величине $\Delta\lambda_{н.с.}$ также превосходит

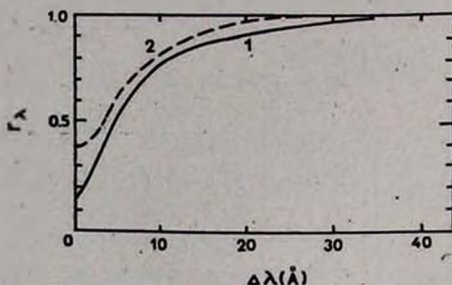


Рис. 1. Наблюдаемые профили линии H_γ у звезд $\Pi 1491-B8Vb$ (1) и $41\text{ Ari}-B8V$ (2).

ширину крыльев у стандартных звезд, в то время как W_γ и $\Delta\lambda_{1/2}$ могут и не обнаруживать столь явного отличия. Таким образом, из наблюдавшихся звезд, если судить по отношению $\Delta\lambda_{н.с.}/\Delta\lambda_{1/2}$, две имеют нормальные профили (1623 и 2118), а остальные должны быть отнесены к звездам с широкими линиями.

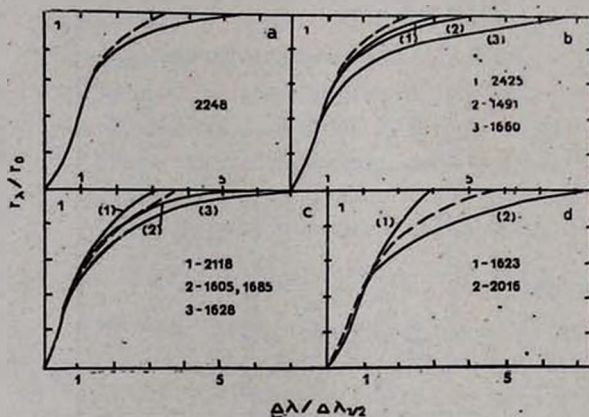


Рис. 2. Наблюдаемые нормированные профили H_γ у звезд с широкими линиями в сравнении с обычными звездами главной последовательности (пунктир): а) $B5V$, б) $B7-8V$, в) $B9-A0V$, д) $A3V$.

4. *Абсолютная величина M_V* . Эквивалентная ширина линии H_γ дает возможность найти визуальную абсолютную величину для каждой звезды. Мы использовали известную калибровку Петри $W_\gamma-M_V$

для интервалов спектральных типов О7—В7 и В8—А3 [8, 9], которая недавно была подтверждена в [7]. Внутренняя точность калибровки составляет $\pm 0^m.1$. Если считать, что в наиболее неблагоприятном случае ошибка измерения W , составляет 20%, то погрешность в определении M_V будет $\pm 0^m.5$. M_V приведены в табл. 2.

5. *Модуль расстояния* ($V_0 - M_V$). V_0 — видимая величина звезды, исправленная за межзвездное поглощение A_V , которое можно найти из соотношения $R = A_V / E_{B-V}$, зная R и избыток цвета E_{B-V} . Применение нормального закона межзвездного покраснения $A_V = 3.3 E_{B-V}$ дает для некоторых из наблюдавшихся звезд неоправданно большой модуль расстояния — до 10^m . Поскольку ранее неоднократно отмечалось, что в скоплении Ориона наблюдаются отступления от нормального закона покраснения [11, 14], мы попытались определить R отдельно для каждой из звезд, используя для этого фотометрические наблюдения в UBV полосах, полученные в А0 АГУ [12], и в ИК-области [13, 14]. При этом мы исходили из того, что межзвездное поглощение на пути между наблюдателем и скоплением мало ($E_{B-V} = 0^m.06$ [5, 14]) и основной вклад в A_V вносит материя, сосредоточенная в межзвездных областях скопления, либо даже в ближайших окрестностях звезды (околозвездных оболочках). Если среди членов скопления выбрать две звезды одинакового или возможно более близкого спектрального типа, одну с большим наблюдаемым покраснением, а другую с пренебрежимо малым, то наблюдаемая разность звездных величин $\Delta m_\lambda = A_\lambda$ в зависимости от $1/\lambda$ даст закон межзвездного (околозвездного) поглощения для покрасневшей звезды. Необходимо только, чтобы для них имелись наблюдения в достаточно далекой ИК-области. На рис. 3 приведены кривые межзвездного покраснения для звезд с большим избытком E_{B-V} . A_λ нормировано таким образом, что $A_V = 0$, $E_{B-V} = 1$. Тогда экстраполяция в точке $1/\lambda = 0$ дает непосредственно $R = (A_V - A_m) / E_{B-V}$, где $m = 1/\lambda = 0$ [11]. Пунктиром показан нормальный закон межзвездного покраснения из [11]. Звезды с малым поглощением подбирались из списков, опубликованных в [13, 14] с тем условием, чтобы они были расположены возможно ближе (в картинной плоскости) к исследуемым звездам. Наибольшее удаление составляло около $50'$. Номера звезд указаны на рисунках. R приведено в табл. 2. По исправленным за поглощение наблюдаемым визуальным величинам и M_V были найдены индивидуальные модули расстояния ($V_0 - M_V$) (см. табл. 2).

Из табл. 2 и рис. 3 можно заключить, что звезды с широкими линиями H β , у которых наблюдается заметное поглощение, обнаруживают отклонение от нормального закона межзвездного покраснения. Три звезды 1491.

1660 и 2118 показали нормальный закон. Для 1628 и 2016 ИК наблюдения отсутствуют, и для них также было принято $R = 3.3$. Для остальных имеется отклонение от нормального закона. Эти результаты хорошо совпали с данными [14], где для звезд 2248 и 2425 R получилось равным 5.1 и 3.6 соответственно. Особенности отдельных звезд таковы.

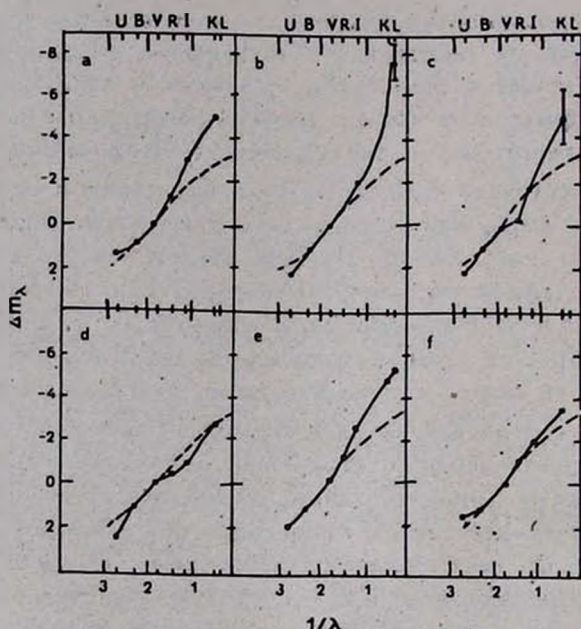


Рис. 3. Зависимость межзвездного поглощения от длины волны для звезд с широкими линиями H β : а) $\Delta\lambda$ (1605—2102), б) 1623—1511, в) 1685—1097, д) 2118—2102, е) 2248—1813, ф) 2425—1849. Пунктир — нормальная зависимость при $R=3.3$.

1491 считается членом скопления. Широкие интенсивные линии H β дают в соответствии с калибровкой очень низкую светимость и тем самым слишком малый для члена скопления модуль.

1605 член скопления [5]. Нет никаких оснований считать $R < 5 \div 5.2$. Получающийся при этом модуль также слишком мал для члена скопления.

1623. Звезда с большим ИК избытком. В табл. 2 приведен модуль для $R = 3.3$.

1628. $A_V = 0$. Считается звездой переднего фона, но широкие линии H β заставляют отнести ее к скоплению.

2016 — член скопления. Чрезвычайно широкие линии это подтверждают. К сожалению, из-за отсутствия ИК-наблюдений нет возможности найти $A(\lambda)$. При нормальном законе покраснения модуль составит $\sim 10^m$.

(табл. 2), и ее нужно будет отнести к звездам заднего фона. Модуль, соответствующий члену скопления (7^m8), получается при $R = 5$, т. е. опять-таки в предположении аномального закона покраснения у звезды с широкими линиями.

Средний модуль расстояния для этой группы звезд (без учета 2016) составляет 7^m7 . Это значение близко к тому, которое обычно получается при изучении сравнительно небольших групп звезд в достаточно широком диапазоне длин волн. Так, в [13] по 50 звездам, наблюдавшимся в ИК области, модуль оказался равным 7^m7-8^m0 . Средний же модуль скопления, получаемый фотометрическим путем по диаграммам цвет — величина или двухцветным, равен 8^m4 [15], по-видимому из-за того, что фотометрические наблюдения охватывают гораздо более слабые звезды, которые, в среднем, являются более далекими членами скопления.

Эти результаты справедливы при условии, что уширение линий H γ вызывается, в основном, эффектами давления (в противном случае M_V будет занижено). Полученные индивидуальные модули расстояния этому не противоречат. Как известно, уширение линий может также вызываться быстрым вращением звезды. v_r были измерены для немногих звезд с широкими линиями H γ [2], но выводы пока очень неопределенны.

Спектральная классификация около 200 звезд скопления показала [16], что среди звезд типа Vb только 60% считаются членами скопления в каталоге [5]. Указанные выше для отдельных звезд противоречия между величиной модуля и вероятностью членства также подтверждают, что вопрос о принадлежности звезд к скоплению требует уточнения. В [3] сделан вывод о том, что это звезды, еще не достигшие главной последовательности. Изученные нами звезды попадают в ту же область на диаграмме ГР, что и 9 звезд из [3], однако выводы эволюционного характера, когда все звезды с широкими линиями H γ считаются членами скоплений, можно будет делать после того, как будет изучено относительное число звезд типа Vb среди членов скоплений и фона.

Автор выражает глубокую благодарность О. С. Шулову и Е. Н. Копацкой за полезное обсуждение ряда вопросов, КТШТ и руководству КрАО и БАО за предоставление времени на телескопах, сотрудникам обсерваторий Н. Ф. Войханской, А. С. Буренкову (САО), А. С. Амирханяну, Н. К. Андреасян, А. Р. Петросяну, Т. Ю. Магакяну (БАО), В. И. Краснобабцеву (КрАО) за помощь в наблюдениях.

Ленинградский государственный
университет

LUMINOSITIES AND OTHER CHARACTERISTICS OF STARS WITH BROAD LINES OF H I IN THE ORION NEBULA CLUSTER

T. E. DERVIZ

Spectroscopic observations of 10 stars of cluster in Orion Nebula were carried out for the examination of properties of Vb stars. Equivalent width W_7 , half-width $\Delta\lambda_{1/2}$ and line-width on the level of continuous spectrum $\Delta\lambda_c$ were measured for the absorption line H_7 . For stars with broad lines not only absolute line-width $\Delta\lambda_c$ but the ratio $\Delta\lambda_c/\Delta\lambda_{1/2}$ too is 1.5–2.5 times that of usual main sequence stars. M_V , R —the ratio to total to selective absorption and distance modulus ($V_0 - M_V$) were received for each star. For most stars an abnormal reddening curve is observed: $R > 3.3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. W. Morgan, K. Leden, *Vistas in Astronomy*, 8, 83, 1966.
2. H. A. Abt, C. Muncaster, L. A. Thompson, *Ap. J.*, 75, 1095, 1970.
3. H. A. Abt, *Ap. J.*, 230, 485, 1979.
4. W. W. Morgan, H. A. Abt, J. W. Tapscott, *Revised MK Spectral Atlas for Stars Earlier than the Sun*, Yerkes Obs., Univ. Chicago and Kitt Peak Obs., 1978.
5. П. П. Паренато, *Труды ГАИШ*, 25, 3, 1954.
6. W. W. Morgan, P. C. Keenan, E. Kellman, *Atlas of Stellar Spectra*, Univ. Chicago Press, 1943.
7. L. Balona, D. Crampton, *M. N. RAS.*, 166, 203, 1974.
8. R. M. Petrie, C. D. Maunsell, *Publ. Dom. Astr. Obs.*, 8, 253, 1950.
9. R. M. Petrie, *Publ. Dom. Astr. Obs.*, 9, 251, 1953.
10. D. F. Gray, J. C. Evans, *Ap. J.*, 182, 147, 1973.
11. В. Страйжис, *Многоцветная фотометрия звезд*, Вильнюс, 1977.
12. О. С. Шулов, Е. Н. Копанская, *Труды АО ЛГУ*, 38, 1982 (в печати).
13. M. V. Penston, *Ap. J.*, 183, 505, 1973.
14. M. Breger, R. D. Gehrz, J. A. Hackwell, *Ap. J.*, 248, 963, 1981.
15. К. У. Аллен, *Астрофизические величины*, Мир, М., 1977.
16. Т. Е. Дервиз, *Труды АО ЛГУ*, 38, 1982 (в печати).