

УДК 524.33+524.01

О ПЕРИОДАХ, АМПЛИТУДАХ И СВЕТИМОСТЯХ
КРАСНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ

Г. В. АБРАМЯН

Поступила 13 июня 1983

Принята к печати 20 января 1984

На основе результатов электрофотометрических наблюдений определены периоды 22 красных сверхгигантов. Получены зависимости «период — светимость — спектр» и «амплитуда — светимость — спектр» для красных сверхгигантов. Произведена оценка масс и светимостей этих звезд.

подавляющее большинство сверхгигантов спектрального класса М (красные сверхгиганты) являются полуправильными или неправильными переменными с умеренной амплитудой изменения блеска ($< 3^m$). Характерные времена изменения блеска этих звезд заключены в пределах от ста до нескольких тысяч дней.

Еще в 1933 г. Санфорд нашел циклические изменения радиальной скорости звезды α Ogi [1]. Результаты интерферометрических измерений радиуса этой звезды, полученные другими авторами и собранные в работе [1], также показывают наличие значительных изменений ее радиуса. Сопоставляя результаты измерений радиальной скорости со значениями блеска звезды α Ogi, Санфорд пришел к выводу, что максимальный радиус этой звезды соответствует минимуму блеска и наоборот.

В 1969 г., на основе анализа периодов и светимостей десяти красных сверхгигантов — членов звездных ассоциаций, Стотерс пришел к выводу о существовании зависимости «период — светимость — спектр» у красных сверхгигантов [2]. В дальнейшем Стотерс и Ленг [3] пересмотрели полученную Стотерсом зависимость «период — светимость — спектр» на основе данных для 17 красных сверхгигантов. Существование этого соотношения у красных сверхгигантов Стотерс связывает с присутствием радиальных пульсаций в атмосферах этих звезд.

Небезынтересно рассмотреть зависимость «период — светимость — спектр» в свете результатов электрофотометрических наблюдений красных сверхгигантов, полученных нами в 1973—1977 гг. в Бюраканской астрофизической обсерватории [4].

В работе [5] мы попытались определить периоды изменения блеска красных сверхгигантов, предполагая, что эти изменения являются гармоническими колебаниями. В этом частном случае получается довольно простая связь между амплитудой и средней скоростью изменения блеска звезды. Этим способом нами определены периоды изменения блеска 33 красных сверхгигантов. Однако предположение о гармоничности колебаний блеска красных сверхгигантов является грубым приближением, и по этой причине полученные нами в [5] периоды не претендуют на высокую точность, что и было отмечено в указанной работе.

Используемые в настоящей работе периоды изменения блеска красных сверхгигантов вычислялись непосредственно из кривых блеска соответствующих звезд, построенных по результатам наших электрофотометрических наблюдений [4]. Полученные периоды приведены в табл. 1. В столбцах табл. 1 приводятся следующие данные: номер звезды по каталогу BD, название переменных, спектральная двумерная классификация по Ли [6] или по Уайлди [7] (для звезд в области скоплений h и γ Per), эффективная температура по Ли [6], полученный нами период P_B , амплитуда из работы [5], период из работы [3] P_{SL} , вычисленные нами с помощью формул (1) масса, болометрическая и визуальная светимости.

Как следует из сопоставления столбцов 5 и 7 табл. 1, полученные по результатам наших наблюдений периоды находятся в довольно хорошем соответствии с периодами из [3], кроме случаев звезд S Per и U Lac.

Сопоставление периодов со светимостью красных сверхгигантов для разных спектральных типов звезд из табл. 1 приведено в табл. 2. Такое же сопоставление периодов с амплитудами приведено в табл. 3. В обеих таблицах в скобках показано количество звезд, данные которых усреднены. В тех случаях, когда для звезды нами не был определен период, был использован период из [3]. Из табл. 2 и 3 следует, что периоды и амплитуды изменения блеска красных сверхгигантов возрастают в сторону высоких светимостей и поздних спектральных подклассов. Полученная с использованием наших результатов зависимость «период—светимость—спектр» (табл. 2) находится в хорошем согласии с соответствующим соотношением из [3]. Зависимость «амплитуда—светимость—спектр» (табл. 3) для красных сверхгигантов получена нами впервые [5].

Предполагая, что красные сверхгиганты являются пульсирующими переменными, методом последовательных приближений мы определили светимости и массы этих звезд из следующих соотношений, заимствованных из работы Стотерса и Ленга [3]:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{\gamma}, \quad \frac{M}{M_{\odot}} = \left(\frac{P}{Q} \right)^{4/(3\gamma-2)} \left(\frac{T_{\text{эфф}}}{T_{\odot}} \right)^{12/(3\gamma-2)}, \quad (1)$$

Таблица 1

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПЕРИОДЫ, АМПЛИТУДЫ, МАССЫ И СВЕТИМОСТИ 25 КРАСНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ

Номер по BD или Case	Название переменных	Sp	$T_{эфф}$	P_B	A	P_{SL}	$\frac{\Delta R}{\Delta R_{\odot}}$	$M_{бол}$	M_V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
+54° 444	XX Per	M4 Ib	2950°	420 ^d	0 ^m .58	415 ^d	16.0	-7 ^m .1	-4 ^m .6
+58° 439	T Per	M2 Iab	3450	295	0.43	290	17.4	-7.4	-5.8
+56° 512	BU Per	M3.5 Ib	3100	367	0.51	365	16.6	-7.2	-4.9
+56° 547	AD Per	M2.5 Iab	3325	327	0.41	325	17.5	-7.4	-5.6
+56° 551	FZ Per	M1 Iab	3550	—	0.13	184	14.1	-6.7	-5.4
+55° 597	SU Per	M3.5 Iab	3100	517	1.00	500	20.4	-7.9	-5.6
+57° 552	S Per	M4 Ia	2950	887	2.71	986	26.3	-8.7	-6.1
+56° 673	YZ Per	M2.5 Iab	3325	357	0.74	378	18.5	-7.5	-5.8
+56° 724	W Per	M3 Iab	3200	453	0.75	467	19.9	-7.8	-5.6
+57° 647	V500 Cas	M2 Ia	3450	420	0.91	—	21.9	-8.1	-6.5
+58° 501	GP Cas	M2 Iab	3450	353	0.77	—	19.6	-7.7	-6.2
Case 34	6015	M3.5 Iab	3100	467	0.83	—	19.1	-7.7	-5.4
+18° 875	CE Tau	M2 Ib	3450	—	0.25	165	13.0	-6.4	-4.8
+21° 1146	TV Gem	M1 Iab	3550	—	0.55	182	14.0	-6.7	-5.4
+05° 1198	—	M3 Iab	3200	452	0.40	—	19.9	-7.8	-5.6
Case 61	V717 Cyg	M1.5 Iab	3500	324	0.49	—	19.1	-7.7	-6.3
+37° 303	BC Cyg	M3.5 Ia	3100	767	1.21	—	26.3	-8.6	-6.3
Case 66	KY Cyg	M3.5 Ia	3100	480	0.78	—	19.5	-7.7	-5.4
+39° 4208	RW Cyg	M2 Ia	3450	590	0.85	586	27.3	-8.7	-7.2
+45° 3349	AZ Cyg	M3 Ia	3200	504	0.88	495	21.3	-8.0	-6.0
+61° 2134	SW Cep	M3.5 Ia	3100	753	1.30	—	26.0	-8.6	-6.3
+56° 2793	ST Cep	M2 Ib	3450	234	0.77	—	15.4	-7.0	-5.4
+54° 2863	U Lac	M4 Iab	2950	769	1.51	689	23.9	-8.3	-5.8
+57° 2750	V358 Cas	M2.5 Ia	3325	507	1.09	—	23.0	-8.2	-6.5
+60° 2613	PZ Cas	M3.5 Ia	3100	867	1.11	900	28.6	-8.8	-6.6

где $\gamma = 4.0 \left(\frac{\Delta R / \Delta R_{\odot}}{13} \right)^{-0.09}$, P — период изменения блеска, $Q = P \sqrt{L / p_0}$ —

постоянная соотношения период — плотность для красных сверхгигантов, $Q = 0.06$ [3]; $T_{эфф}$ — эффективная температура, ΔR — масса звезды, L — светимость.

Для звезд FZ Per, CE Tau и TV Gem были использованы периоды из [3]. Полученные на основе этих расчетов светимости и массы красных сверхгигантов приведены в табл. 1 (столбцы 8 и 9 соответственно).

С использованием болометрических поправок из работы Ли [6] были также вычислены визуальные светимости M_V (табл. 1, столбец 10). Усредненные по подклассам светимостей массы и светимости со среднеквадратичными ошибками среднего приведены в табл. 4.

Таблица 2
ЗАВИСИМОСТЬ „ПЕРИОД — СВЕТИМОСТЬ — СПЕКТР“
ДЛЯ КРАСНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ

	М 1	М 2	М 2.5	М 3	М 3.5	М 4
Ia	—	503 ^d (2)	507 (1)	504 (1)	717 (4)	887 (1)
Iab	183 (2)	323 (3)	342 (2)	453 (2)	492 (2)	769 (1)
Ib	—	200 (2)	—	—	367 (1)	420 (1)

Таблица 3
ЗАВИСИМОСТЬ „АМПЛИТУДА — СВЕТИМОСТЬ —
СПЕКТР“ ДЛЯ КРАСНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ

	М 1	М 2	М 2.5	М 3	М 3.5	М 4
Ia	—	0. ^m 88 (2)	1.09 (1)	0.88 (1)	1.10 (4)	2.71 (1)
Iab	0.34 (2)	0.56 (3)	0.58 (2)	0.58 (2)	0.92 (2)	1.51 (1)
Ib	—	0.51 (2)	—	—	0.51 (1)	0.58 (1)

Таблица 4
МАССА И СВЕТИМОСТЬ
КРАСНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ

Класс свети- мости	Масса M/M_{\odot}	M_V
Ia	24.5±1.0	-6.3±0.2
Iab	18.6±0.8	-5.7±0.1
Ib	15.3±0.8	-4.9±0.2

Таким образом, с использованием периодов, вычисленных по результатам наших электрофотометрических наблюдений 22 звезд, получены оцен-

ки светимостей и масс красных сверхгигантов. Эти оценки находятся в хорошем соответствии с аналогичными величинами из работы [3].

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

PERIODS, AMPLITUDES AND LUMINOSITIES OF RED SUPERGIANTS

H. V. ABRAHAMIAN

On the basis of photoelectric observations the periods of 22 red supergiants have been determined. For these stars the relations "period-luminosity-spectrum" and "amplitude-luminosity-spectrum" are found. The masses and luminosities of red supergiants have been estimated.

ЛИТЕРАТУРА

1. *R. F. Sanford*, *Ap. J.*, 77, 110, 1933.
2. *R. Stothers*, *Ap. J.*, 156, 541, 1969.
3. *R. Stothers, K. C. Leung*, *Astron. Astrophys.*, 10, 290, 1971.
4. *Г. В. Абрамян*, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 53, 3, 1982.
5. *Г. В. Абрамян*, *Кандидатская диссертация*, Ереван, 1981.
6. *T. A. Lee*, *Ap. J.*, 162, 217, 1970.
7. *R. L. Wildey*, *Ap. J. Suppl. ser.*, 8, 439, 1964.