

УДК: 524.3-335.3

КЛАССИФИКАЦИЯ КРАСНЫХ ЗВЕЗД СО СПЕКТРАЛЬНЫМИ ПОЛОСАМИ ПОГЛОЩЕНИЯ, НАБЛЮДАВШИХСЯ В БЛИЗКО-ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ

М.А.КАЗАРЯН, Г.В.ПЕТРОСЯН

Поступила 29 января 2001

Принята к печати 10 мая 2001

Приводятся результаты спектральной классификации 257 звезд типа М, наблюдавшихся в области Цефея. Определены их экваториальные координаты, фотографические звездные величины и спектральные подклассы. Эти звезды, по всей вероятности, являются гигантами и сверхгигантами. Ни одна из них не вошла в каталог переменных звезд. Сделано предположение о том, что при дальнейшем изучении у многих из них могут быть обнаружены переменности. 52 звезды были отождествлены с инфракрасными источниками.

1. *Введение.* Звезды типа М или красные звезды играют важную роль в эволюции звезд. В Галактике они могут быть в разных подсистемах. Среди красных сверхгигантов, принадлежащих плоской подсистеме, как показал В.А.Амбарцумян [1], имеются такие, которые входят в ассоциации, например, μ Цефей (M2e I₁), являющийся членом ассоциации Цефей II. Так как ассоциации являются молодыми системами, то принадлежащие им красные сверхгиганты также являются молодыми. Среди красных гигантов, принадлежащих промежуточной подсистеме, имеются такие, которые являются прародителями планетарных туманностей. Например, V1016 Лебедя, имеющая особенности планетарных туманностей, недавно образовалась из красного гиганта [2].

Можно привести много примеров, когда красные гиганты являются либо членами молодых физических систем, либо превратились в качественно новые объекты. Много интересных вопросов связано со спектральными особенностями красных звезд, в частности с их спектральными классами.

Для изучения красных карликов и гигантов одним из ключевых вопросов является их спектральная классификация. Этим вопросом занимались многие авторы, однако среди них, на наш взгляд, важными являются работы, выполненные Нассау и его сотрудниками. Они разработали методику классификации красных звезд со спектральными полосами поглощения, наблюдавшихся в близко-инфракрасной области. Основные результаты, полученные в этой серии исследований, приведены в работе Нассау и Велге [3], где даются фотографии спектров с конкретными

подклассами и показаны полосы поглощения молекул, на основании которых проводилась их классификация.

В настоящей работе выполняется классификация красных звезд типа М, вошедших в область Цефея, по методике, приведенной в [3].

2. Наблюдательный материал. Наблюдательный материал был получен одним из авторов (М.А.К.) на 1-м телескопе системы Шмидта Бюраканской обсерватории в 1970г. Область, о которой было сказано выше, покрывается одной пластинкой размерами 16 x 16 см и охватывает на небе приблизительно 17 кв. градусов. Экваториальные координаты центра области приблизительно равны $\alpha = 23^h 32^m.7$, $\delta = +67^\circ$, которым соответствуют галактические координаты $l = 5^\circ 34'$, $b = +5^\circ 20'$.

Сведения о наблюдательном материале приведены в табл.1.

Таблица 1

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

№ пластинки	Дата наблюдения	Призма	Фильтр	Эмульсия	Экспозиция (мин.)	Спектральная область (в Å)
2425	8.07.1970	1°5	-	Kodak I-N	30	3600-8800
2444	25.07.1970	4°	GG11	—''—	60	5000-8800
2447	29.07.1970	4°	—''—	—''—	90	—''—
2652	21.09.1970	-	-	Kodak 103a-0	10	3200-5000
2653	—''—	-	-	—''—	10	—''—

Спектральная чувствительность пластинки Kodak I-N высока в области $\lambda\lambda$ 6800-8800Å, а в области более коротких волн она сильно падает. Что касается пластинки Kodak 103a-0, то ее чувствительность начинается примерно от длины волны 2500Å, однако бюраканское небо не пропускает волны короче 3200Å.

На рис.1 приведена дисперсионная кривая, построенная по полосам поглощения спектра, полученного для области $\lambda\lambda$ 6563-8800Å с 4° призмой.

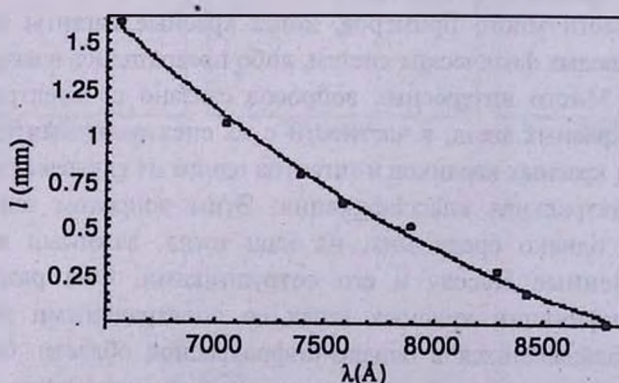


Рис.1. Дисперсионная кривая для области $\lambda\lambda$ 6563-8800Å, построенная по спектрам, полученным на 1-м телескопе типа Шмидта с 4° объективной призмой.

Дисперсия у межзвездных линий K1 $\lambda\lambda$ 7699, 7665 (известная как полоса A) равна $\approx 1700 \text{ \AA/мм}$.

Построение дисперсионной кривой по спектрам, полученным с $1^\circ.5$ объективной призмой для области $\lambda\lambda$ 6563-8800 $\text{\AA}$, затруднено, так как она на спектре занимает всего лишь 0.436 мм, и полосы поглощения, наблюдающиеся в этом отрезке, сливаются и их трудно различить. Однако можно оценить дисперсию у средней длины волны этой области, которая равна $\approx 7681 \text{ \AA}$, что совпадает со значением средней длины волны полосы A (7682 $\text{\AA}$). Дисперсия с $1^\circ.5$ объективной призмой у линии 7681 $\text{\AA}$ равна $\approx 5130 \text{ \AA/мм}$.

3. *Спектральная классификация.* Спектральная классификация красных звезд типа M в основном проводилась при помощи спектров, полученных с 4° объективной призмой. Как уже было сказано выше, при

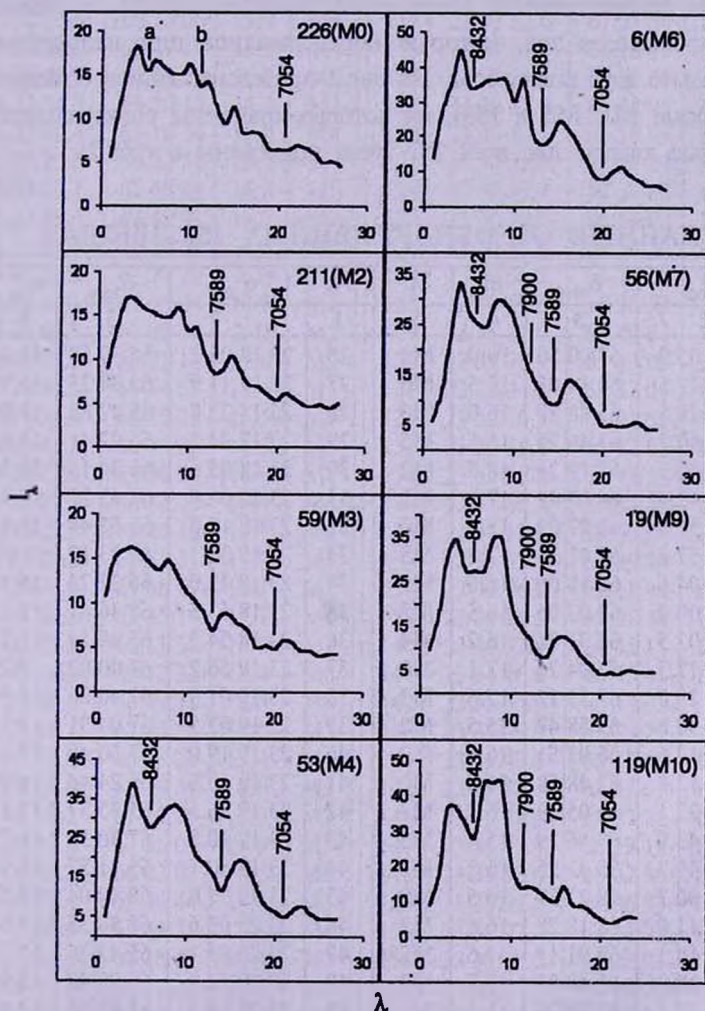


Рис.2. Записи спектров для разных подклассов.

определении подклассов звезд была использована методика, приведенная в [3]. Согласно этой методике, основным критерием для классификации являются полосы поглощения TiO λ 7054, 7589, 8300, 8432 и VO λ 7400, 7900. Первая полоса наблюдается у всех подклассов от M0 до M10, ее интенсивность непрерывно возрастает к более поздним подклассам. Такое поведение имеют также и другие полосы TiO: полоса TiO λ 7589 появляется в подклассе M2, TiO λ 8300 - в M6, а TiO λ 8432 - в M5. Это относится и к полосам VO, которые появляются в M6.5 и по интенсивности увеличиваются к более поздним подклассам.

На спектральных пластинках вышеназванной области были обнаружены 257 красных звезд и определены их спектральные подклассы, которые меняются от M0 до M10. Точность определения подклассов этих звезд зависит от их яркости. Точность классификации тех звезд, спектры которых получились с нормальным распределением почернения, была определена с точностью до одного подкласса, а тех, которые передержались или недодержались, - приблизительно двух подклассов. На рис.2 приведены записи спектров от M0 до M10 (кроме M1, M5 и M8), на которых отмечены спектральные линии. Спектральные классы для всех 257 звезд приведены в табл.2.

Таблица 2

ДАННЫЕ ОБ ОБНАРУЖЕННЫХ 257 ЗВЕЗДАХ

№	α_{2000}	δ_{2000}	$m_{\text{в}}$	Sp	№	α_{2000}	δ_{2000}	$m_{\text{в}}$	Sp
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	23 12 05.9	67 00 50	16.0.	M4	26	23 17 03.2	65 39 58	16.4	M3
2	23 12 17.5	68 14 05	17.5.	M6	27	23 17 11.9	65 34 23	16.9	M3
3	23 12 28.5	65 48 27	16.0.	M0	28	23 17 22.8	65 47 35	17.8	M7
4	23 12 40.2	67 46 25	16.5.	M5	29	23 17 24.2	66 02 41	14.6	M4
5	23 12 42.5	67 19 31	18.0.	M2	30	23 18 05.6	66 34 15	16.5	M4
6	23 12 49.4	66 03 42	17.0.	M7	31	23 18 06.8	65 42 27	17.7	M3
7	23 12 52.3	68 07 02	15.8	M6	32	23 18 10.6	65 52 44	17.1	M10
8	23 12 57.1	67 41 33	17.4	M3	33	23 18 38.1	67 33 12	≥ 19	M7
9	23 13 04.6	68 18 06	16.5	M2	34	23 18 49.0	65 37 24	16.1	M4
10	23 14 00.0	67 03 06	16.5	M3	35	23 18 53.5	68 46 41	16.8	M3
11	23 14 03.5	66 31 21	16.2	M4	36	23 18 54.3	65 36 14	17.7	M4
12	23 14 17.3	67 04 24	17.1	M2	37	23 18 56.2	67 40 02	9.2.	M2
13	23 14 23.0	67 55 12	17.6	M3	38	23 19 01.0	67 40 06	16.9	M3
14	23 15 00.0	65 58 47	15.5	M2	39	23 19 03.5	67 04 31	18.1	M2
15	23 15 12.6	66 03 51	16.4	M2	40	23 19 19.0	67 50 49	18.4	M2
16	23 15 13.8	67 48 58	16.5	M2	41	23 19 20.9	66 24 44	16.9	M2
17	23 15 22.1	66 05 29	16.2	M3	42	23 19 26.5	65 35 37	13.1	M2
18	23 15 43.5	67 46 29	15.4	M5	43	23 19 40.8	67 36 35	16.2	M6
19	23 15 49.7	65 33 25	16.3	M2	44	23 19 50.7	65 41 52	18.1	M2
20	23 16 00.2	68 22 37	16.5	M2	45	23 19 51.0	68 48 04	16.5	M3
21	23 16 11.0	68 18 28	16.1	M2	46	23 20 00.6	68 38 35	15.6	M5
22	23 16 14.1	69 01 15	17.6	M7	47	23 20 03.1	65 42 36	17.2	M0
23	23 16 18.9	65 48 07	13.7	M3	48	23 20 12.4	68 38 48	13.9	M3
24	23 16 27.5	65 30 20	16.3	M3	49	23 20 18.2	68 05 50	17.4	M6
25	23 16 38.0	65 42 01	15.7	M4	50	23 20 18.9	66 06 25	18.1	M7

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
51	23 20 19.6	66 24 47	16.9	M3	103	23 27 41.5	68 55 39	14.9	M3
52	23 20 24.6	68 31 14	16.3	M2	104	23 27 45.6	69 02 49	16.2	M6
53	23 20 35.4	67 08 52	≥ 19	M7	105	23 28 07.7	67 04 26	17.3	M5
54	23 20 36.3	65 50 35	18.3	M3	106	23 28 37.2	66 31 53	≥ 19	M7
55	23 20 37.2	67 32 14	18.2	M8	107	23 28 53.9	65 54 00	≥ 19	M5
56	23 20 42.5	67 57 25	16.8	M2	108	23 28 54.4	66 15 20	15.9	M7
57	23 20 46.3	68 37 57	15.4	M4	109	23 29 03.4	66 37 26	18.7	M4
58	23 20 57.0	67 56 35	17.9	M7	110	23 29 05.0	66 06 18	15.6	M0
59	23 21 18.0	68 52 22	11.0	M3	111	23 29 32.8	66 59 15	15.6	M1
60	23 21 26.2	68 04 55	≥ 19	M3	112	23 29 34.4	66 59 18	10.8	M1
61	23 21 29.4	66 20 06	13.3	M0	113	23 29 39.3	67 47 50	15.2	M0
62	23 21 42.0	66 49 05	18.1	M3	114	23 29 41.9	65 33 11	13.6	M7
63	23 21 49.7	65 38 33	14.0	M3	115	23 29 56.0	67 59 17	16.9	M5
64	23 21 56.9	65 27 07	16.8	M3	116	23 30 03.6	67 49 23	17.8	M3
65	23 22 25.2	68 23 27	17.5	M3	117	23 30 04.7	65 39 51	16.6	M4
66	23 22 33.6	66 24 06	17.1	M4	118	23 30 12.6	67 51 50	17.4	M0
67	23 22 39.9	65 47 14	16.3	M4	119	23 30 21.5	68 16 15	17.8	M4
68	23 22 40.7	66 40 28	16.9	M5	120	23 30 29.1	66 30 51	17.5	M4
69	23 22 54.3	69 20 10	14.3	M2	121	23 30 32.2	65 38 05	16.5	M2
70	23 23 00.4	65 18 34	16.0	M8	122	23 30 32.5	66 18 05	16.3	M0
71	23 23 23.5	66 23 57	16.7	M4	123	23 30 32.7	67 24 20	16.5	M6
72	23 23 28.1	67 40 49	16.5	M5	124	23 30 34.4	68 28 52	12.7	M0
73	23 23 28.1	67 49 06	16.6	M2	125	23 30 39.7	66 46 02	13.8	M1
74	23 23 31.3	65 29 52	18.2	M8	126	23 30 55.8	66 14 50	15.8	M0
75	23 23 36.2	67 29 29	≥ 19	M7	127	23 30 58.5	68 21 16	16.4	M2
76	23 23 38.1	67 05 04	18.2	M2	128	23 30 59.5	68 36 33	17.2	M5
77	23 24 09.8	67 05 39	≥ 19	M2	129	23 31 12.5	65 40 02	16.6	M4
78	23 24 22.5	66 37 11	17.0	M2	130	23 31 38.7	65 43 02	18.6	M8
79	23 24 24.1	65 54 58	18.4	M5	131	23 32 04.8	68 47 01	16.7	M1
80	23 24 38.4	65 15 25	16.5	M7	132	23 32 10.2	68 21 56	17.8	M5
81	23 25 12.2	68 43 06	16.3	M3	133	23 32 38.2	65 57 01	15.6	M3
82	23 25 12.2	65 56 50	16.0	M1	134	23 32 55.8	67 48 21	17.3	M8
83	23 25 25.3	66 32 23	14.4	M4	135	23 33 08.5	67 01 50	18.1	M7
84	23 25 25.3	67 28 13	16.7	M2	136	23 33 12.2	67 56 06	12.7	M4
85	23 25 28.3	68 53 31	13.7	M3	137	23 33 52.5	66 25 40	17.5	M2
86	23 25 34.6	69 06 59	16.1	M2	138	23 34 04.8	69 11 48	17.0	M8
87	23 25 36.2	65 35 19	17.1	M2	139	23 34 24.5	65 20 46	18.0	M4
88	23 25 42.0	69 11 58	16.8	M7	140	23 34 37.9	66 45 11	12.6	M5
89	23 25 44.5	69 12 32	18.4	M8	141	23 34 46.0	66 55 41	17.8	M7
90	23 25 56.6	66 49 11	8.5	M0	142	23 35 35.9	66 13 35	18.4	M3
91	23 25 58.3	67 25 55	12.6	M3	143	23 35 39.9	65 33 27	≥ 19	M5
92	23 25 59.3	68 58 24	13.4	M2	144	23 35 43.6	66 33 05	16.7	M5
93	23 26 08.9	68 39 59	16.6	M3	145	23 35 48.3	67 41 03	18.1	M3
94	23 26 20.2	67 10 19	18.3	M7	146	23 35 48.4	68 27 26	17.8	M2
95	23 26 34.8	67 55 00	16.9	M3	147	23 35 49.4	66 29 12	18.3	M8
96	23 26 55.1	66 02 05	16.5	M0	148	23 35 53.0	68 32 36	18.2	M2
97	23 26 59.4	68 30 44	15.0	M3	149	23 35 59.5	69 06 33	17.2	M3
98	23 26 59.9	65 49 37	16.5	M4	150	23 36 07.2	67 58 27	14.0	M0
99	23 27 12.4	69 16 47	16.5	M5	151	23 36 18.2	65 20 25	17.0	M2
100	23 27 17.4	65 22 21	17.0	M8	152	23 36 27.5	68 03 21	≥ 19	M4
101	23 27 39.6	65 19 18	18.5	M8	153	23 36 34.6	66 10 01	18.0	M5
102	23 27 41.2	65 23 37	16.8	M3	154	23 36 43.3	68 44 52	17.6	M5

Таблица 2 (окончание)

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
155	23 36 48.4	65 47 14	17.1	M8	207	23 46 14.0	65 27 30	18.2	M2
156	23 37 06.0	68 19 43	17.2	M5	208	23 46 14.1	65 34 49	16.7	M0
157	23 37 10.2	66 44 09	16.1	M4	209	23 46 18.6	66 49 27	16.8	M7
158	23 37 15.1	65 27 53	18.1	M2	210	23 46 44.0	67 01 36	≥ 19	M7
159	23 37 57.7	68 19 04	18.2	M3	211	23 46 48.7	68 29 57	17.3	M6
160	23 38 15.6	67 50 52	18.2	M2	212	23 47 12.7	67 33 15	17.9	M2
161	23 38 16.7	66 29 40	16.1	M1	213	23 47 33.0	67 31 13	13.3	M0
162	23 38 17.5	66 11 28	16.9	M2	214	23 47 41.7	66 39 40	17.8	M7
163	23 38 20.7	65 28 40	16.1	M4	215	23 47 47.4	66 47 26	≥ 19	M6
164	23 38 28.1	68 56 53	12.5	M4	216	23 47 57.4	68 35 42	16.6	M5
165	23 39 04.2	66 23 05	18.4	M8	217	23 47 58.6	67 17 46	18.1	M5
166	13 39 41.6	66 07 25	≥ 19	M7	218	23 48 09.1	67 52 27	16.3	M2
167	23 39 52.5	69 16 59	15.4	M5	219	23 48 20.6	66 16 58	16.5	M4
168	23 40 04.0	66 49 35	17.0	M3	220	23 48 33.5	65 28 25	17.2	M5
169	23 40 04.1	65 38 35	18.3	M5	221	23 48 33.5	68 50 14	16.3	M6
170	23 40 12.1	65 37 52	≥ 19	M8	222	23 48 36.0	68 45 57	17.7	M4
171	23 40 27.3	65 52 06	14.5	M5	223	23 48 46.2	68 17 16	15.7	M3
172	23 40 31.2	67 10 54	17.5	M3	224	23 48 51.3	68 24 36	16.8	M5
173	23 40 40.6	65 34 57	10.5	M4	225	23 49 15.7	65 55 55	≥ 19	M5
174	23 40 45.2	66 38 04	17.5	M0	226	23 49 22.8	65 40 01	18.6	M7
175	23 41 00.9	68 31 26	16.0	M3	227	23 49 25.6	65 36 39	18.3	M7
176	23 41 05.0	68 55 27	18.1	M6	228	23 49 32.2	66 59 10	17.0	M1
177	23 41 09.4	67 16 35	17.4	M5	229	23 49 33.2	66 24 23	17.4	M3
178	23 41 24.1	66 52 47	15.4	M0	230	23 49 46.2	68 33 00	18.2	M9
179	23 41 34.3	67 03 13	14.1	M3	231	23 49 46.5	66 26 53	15.6	M2
180	23 41 35.5	66 38 27	18.2	M2	232	23 50 10.0	66 07 30	17.3	M2
181	23 41 39.9	66 32 38	18.3	M4	233	23 50 14.7	68 16 14	18.2	M5
182	23 41 49.7	66 42 57	18.2	M4	234	23 50 16.8	66 36 20	17.6	M0
183	23 41 51.5	67 35 12	16.5	M2	235	23 50 42.4	68 54 02	16.5	M3
184	23 42 19.3	67 43 41	16.9	M2	236	23 50 44.0	66 34 19	≥ 19	M2
185	23 42 34.7	69 12 18	9.5	M0	237	23 50 45.5	68 35 49	14.4	M8
186	23 42 44.4	68 05 15	15.1	M7	238	23 50 53.9	66 52 11	17.4	M2
187	23 42 46.8	67 30 47	16.9	M2	239	23 50 54.9	65 38 37	13.3	M0
188	23 42 59.2	68 17 28	18.1	M2	240	23 50 56.3	66 38 25	17.9	M2
189	23 43 00.0	65 30 23	18.1	M8	241	23 51 04.2	67 36 56	17.9	M3
190	23 43 01.4	66 22 05	17.4	M0	242	23 51 22.5	66 03 36	13.2	M0
191	23 43 13.9	65 55 12	18.3	M4	243	23 51 28.4	65 32 00	16.1	M4
192	23 43 16.6	66 25 15	16.7	M1	244	23 51 31.5	67 31 41	17.0	M1
193	23 43 28.0	67 04 21	17.8	M3	245	23 51 37.2	67 23 31	17.4	M1
194	23 43 29.6	68 41 29	15.9	M6	246	23 51 42.0	69 15 05	14.6	M2
195	23 43 29.7	67 19 07	18.3	M3	247	23 51 53.4	67 13 31	18.4	M2
196	23 43 29.9	67 05 42	18.3	M3	248	23 51 53.9	67 15 22	15.6	M2
197	23 43 51.8	68 26 23	15.8	M3	249	23 51 58.6	65 38 28	9.0	M4
198	23 44 04.9	66 03 44	15.7	M4	250	23 52 06.4	65 41 32	13.3	M2
199	23 44 16.4	66 15 33	18.1	M8	251	23 52 09.0	66 34 49	16.3	M7
200	23 44 45.2	67 46 44	17.6	M7	252	23 52 19.3	67 55 41	18.4	M2
201	23 44 52.7	67 00 55	15.6	M7	253	23 52 22.3	67 02 33	≥ 19	M3
202	23 44 54.2	65 20 27	17.3	M2	254	23 52 29.7	67 12 27	18.3	M3
203	23 45 20.8	66 02 13	17.5	M7	255	23 52 50.6	67 14 14	16.6	M4
204	23 45 31.1	66 12 26	14.6	M0	256	23 53 29.6	68 11 29	16.1	M3
205	23 45 51.6	67 46 17	11.5	M4	257	23 53 45.7	67 51 16	17.3	M7
206	23 45 51.8	68 31 53	17.7	M3					

В интервале $\lambda\lambda$ 6800-8800Å находятся все полосы поглощения, при помощи которых были определены спектральные подклассы звезд типа М. Надо отметить, что в этой области в некоторых местах имеются провалы чувствительности пластинки. Около длины волн λ 8425Å и λ 7770Å они более значительны. Первый провал, близкий к полосе TiO λ 8432Å, фактически сливается с ней, а второй отличается от VO λ 7900Å на 130Å. Эти провалы хорошо видны на записи спектра звезды подкласса M0 (рис.2), они обозначены "а" и "б" соответственно.

Спектры звезд изучаемой области Цефея получены также и с 1°.5 объективной призмой. Интервал $\lambda\lambda$ 6800-8800Å на этих спектрах маленький, поэтому в нем сливаются вышеуказанные полосы поглощения. Однако эти спектры можно использовать для классификации звезд типа М, поскольку отрезок этой части спектра по своей яркости и внешнему виду отличается от спектров звезд других типов. Обычно у звезд типа М эта часть спектра довольно яркая и сравнительно компактная: чем позднее класс, тем она становится более компактной и яркой. По этим характеристикам звезды типа М выделяются среди звезд других типов и по ним можно определить их спектральные классы с точностью до 2-3 подклассов.

Важно отметить, что спектры, полученные с 1°.5 объективной призмой и экспозицией 30 мин (без фильтра), охватывают более слабые звезды, чем полученные с 4° призмой и экспозицией, в 3 раза большей (с фильтром). Таким образом, при классификации звезд типа М по спектрам, полученным с 1°.5 объективной призмой, мы ошибаемся в точности определения подклассов, но выигрываем во времени и можем получить спектры более слабых звезд.

4. *Определение экваториальных координат и составление карты отождествления.* Экваториальные координаты звезд были определены по программе "FITS view". Для этой цели были использованы соответствующие красные карты Паломарского атласа, на которых имелись эти звезды. Вычисленные координаты звезд для эпохи 2000г. приведены в табл.2. Среднеквадратические ошибки измерения координат, равные $\sigma_\alpha = \pm 0^s.3$ и $\sigma_\delta = \pm 2''$, определены при помощи 6 звезд, приведенных в каталоге [4], номера которых следующие: GC 32142, 32228, 32463, 33004, 33031, 33051. Три из них находятся в области, где наблюдаются изученные нами звезды, а остальные 3 - близко к этой области. Надо отметить, что эта методика определения координат дает довольно высокую точность.

В конце статьи приведены карты отождествления звезд, снятые с соответствующих красных карт Паломарского атласа.

5. *Определение фотографических звездных величин.* Для определения звездных величин звезд области Цефея, на том же телескопе были получены прямые снимки в фотографических лучах на пластинках

Kodak 103a-O с экспозицией 10 мин. В качестве стандартной области была выбрана NPS, для которой были получены снимки с теми же условиями. Данные фотографических величин звезд NPS приведены в [5]. После отождествления звезд из табл.2, на прямых снимках были определены их фотографические звездные величины. Измерения проводились на микрофотометре МФ-2. Данные приведены в табл.2.

Предельная звездная величина на прямых снимках равна $\approx 19^m$, однако удалось измерить изображение тех звезд, которые не слабее $18^m.7$. На пластинке яркие звезды передержаны. Их звездные величины, приведенные в табл.2, грубые, поэтому рядом с их значением поставлен знак двоеточия (:). Для тех звезд, которые из-за своей слабой яркости не получились на пластинке в табл.2, вместо фотографической величины, отмечено $\geq 19^m$. Кроме того, 12 звезд остались за пределами прямого снимка пластинки. Для этих звезд звездные величины оценивались при помощи спектров, т.е. сравнивалась яркость спектров примерно одинаковых подклассов. Эти оценки грубые, и в табл.2 рядом с их значениями поставлена точка (·).

Точность определения фотографических звездных величин звезд, почернение изображения которых нормально, примерно $\pm 0^m.05$, а для тех, которые передержаны, ошибка может достигнуть до $\pm 0^m.5$. Что касается оценок звездных величин, которые были сделаны с помощью спектров, то их ошибка, по всей вероятности, в пределах $\pm 0^m.5$.

На рис.3 приведена гистограмма распределения фотографических звездных величин 225 звезд из табл.2, для которых звездные величины определены довольно точно.

6. *Обсуждение результатов.* В настоящей работе в области Цефея с площадью примерно 17 кв. градусов было обнаружено 257 звезд типа М. Для них определены спектральные подклассы, которые меняются от M0 до M10.

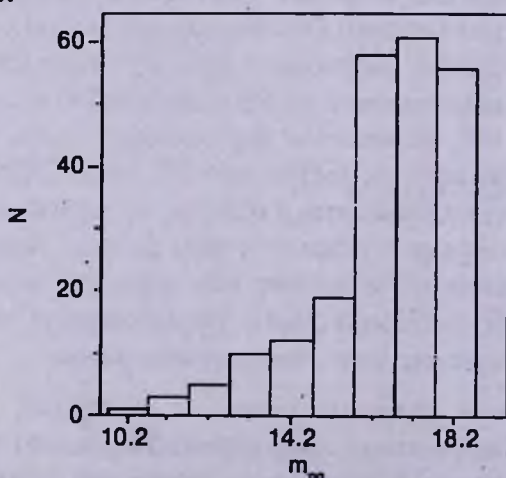


Рис.3. Гистограмма фотографических звездных величин 225 звезд из табл.2.

Важно выяснить, какие они по светимости: карлики, гиганты или сверхгиганты. В работах [3,6,7] были сделаны следующие выводы:

1. В спектрах карликов поздних подклассов не наблюдаются полосы поглощения VO у $\lambda 7900\text{\AA}$. Они наблюдаются в спектрах гигантов.

2. Те звезды типа M, которые находятся в поглощающих облаках, являются сверхгигантами.

Оба эти утверждения имеют место у звезд, изученных нами. В спектрах звезд позднее M6 наблюдаются полосы поглощения VO у $\lambda 7900\text{\AA}$. Примерно 18% звезд, приведенных в табл.2, имеют спектральные классы M7 и позднее. Эти звезды, согласно первому утверждению, являются гигантами. Сама область, где наблюдаются эти звезды, близка к плоскости Галактики ($b \approx +5^\circ 20'$) и находится в поглощающих облаках. Эти облака поглощают излучения звезд и уменьшают их яркость, вследствие чего наблюдаются звезды наиболее высокой светимости. Такие звезды, согласно второму утверждению, являются сверхгигантами. По всей вероятности, звезды, приведенные в табл.2, являются гигантами и сверхгигантами.

Изученная нами область богата красными звездами, на один кв. градус в среднем попадают 15 звезд типа M, на каждую звезду в среднем приходится площадь, равная ≈ 0.067 кв. градусов.

В эту область попали два открытых звездных скопления размерами примерно $11'.8$ и $30'.6$.

Эти скопления в каталоге открытых звездных скоплений [8] имеют номера C2345+683 и C2347+677 соответственно. Их угловые диаметры, согласно [8], $3'.5$ и $11'.0$, что приблизительно в 3 раза меньше наших оценок, полученных на соответствующей красной карте Паломарского атласа. По всей вероятности, приведенные в [8] данные угловых диаметров относятся к центральным частям скоплений, где плотность звезд довольно высокая. Для скопления C2347+677 в [8] приведены расстояние - 1020 пк, возраст - $\log \text{Age} = 8.9$ и избыток цвета $E(B-V) = 0^m.98$. Последняя величина показывает, что излучение звезд скопления сильно поглощается.

Для этой области в работе [9] приводится значение поглощения в цвете B на расстоянии 1 кпк, $a_0 = 3^m.0$. Согласно данным, приведенным в [8] для звезд этого скопления, расстояния которых чуть больше 1 кпк, величина поглощения $a_0 = 4E_{B-V} = 3^m.92$.

Так как известны расстояние и угловой диаметр скопления C2347+677, то можно определить его линейный диаметр, который равен ≈ 9 пк. При определении этой величины был использован угловой диаметр, равный $30'.6$.

Если предположить, что скопление C2345+683 имеет такой же линейный диаметр, то его расстояние будет ≈ 2700 пк.

На карте скопления находятся на близком расстоянии друг от друга, и можно предположить, что межзвездное поглощение в этих направлениях

одинаково. Величина поглощения в этом случае будет равна $\approx 4^m.3$ для C2345+683.

Скопление C2347+677 занимает на небе площадь 0.2 кв. градуса. Это приблизительно в 3 раза больше средней величины площади, занимаемой каждой звездой, приведенной в табл.2. Однако в нем не наблюдается ни одной звезды типа М в пределах наблюдаемых нами звездных величин. В отличие от скопления C2347+677, приблизительно в центральной части скопления C2345+683 наблюдается звезда, которая в табл.2 имеет номер 216. Ее спектральный тип M5, $m_v = 16^m.6$. По всей вероятности, эта звезда является членом скопления C2345+683, в пользу чего говорит то, что на небе она занимает площадь 0.03 кв. градуса, что в ~ 2 раза меньше, чем средняя площадь, полагаемая каждой звезде (табл.2), т.е. маловероятно, что эта звезда оказалась в центральной части скопления в результате проектирования. Если она является членом скопления C2345+683, то ее расстояние будет равняться 2700 пк. Используя данные звезды №216 и учитывая ее межзвездное поглощение, можно определить абсолютную звездную величину в фотографических лучах $M_v = +0^m.14$. Чтобы выяснить, где она находится на диаграмме спектр-светимость, достаточно определить ее абсолютную звездную величину в цвете V. Нормальный показатель цвета B-V звезд спектрального типа M5 меняется от $1^m.61$ до $2^m.15$. Если взять их среднее значение $+1^m.88$, то для звезды №216 абсолютная величина $M_v = -1^m.74$. На диаграмме спектр-светимость она находится в области ярких гигантов. Такой анализ можно сделать для любой звезды табл.2, если принимать, что излучения всех звезд поглощены на величину, приведенную выше.

Согласно подсчетам, выполненным на основании каталога переменных звезд [10], из звезд, для которых известны спектральные типы, 49.3% являются звездами типа М. Однако из 257 звезд типа М, которые были обнаружены нами, ни одна звезда не попала в этот каталог как переменная. Более того, в новом каталоге [11] имеются всего 5 звезд, которые находятся в области, изученной нами. Из них 4 звезды являются затменными переменными и только одна - физической переменной, причем она по своим координатам не совпадает с координатами ни одной из звезд, приведенных в табл.2.

Звезды, приведенные в табл.2, являются случайной группой. Поэтому распределение этих звезд по подклассам можно считать естественным распределением. Здесь могут быть неточности распределения тех подклассов, количество звезд которых мало. Например, подклассы M9 и M10 представлены одной звездой, и для них трудно сделать какие-либо статистические оценки. Поэтому вышеуказанное распределение можно считать нормальным до подкласса M8.

Для сравнения на рис.4 приведено распределение количества переменных звезд типа М из каталога [10] и звезд из табл.2 по спектральным подклассам,

где сплошной линией отмечены звезды табл.2, а пунктирной - переменные звезды. На оси ординат нанесено относительное количество данного подтипа в процентах, $P(\%)$. Из рисунка видно, что при естественном распределении звезд максимальное количество наблюдается у подкласса M2 (примерно 21%), а в группе переменных звезд - у M6 (примерно 19%), т.е. у последних максимум перемещается к поздним подклассам. При естественном распределении больше половины звезд находится в подклассах M2-M4 (54.4%), а при распределении переменных звезд - в подклассах M5-M7 (51.3%).

Вышеприведенные соображения, а также рис.4 позволяют сделать вывод о том, что среди звезд, приведенных в табл.2, возможно есть много

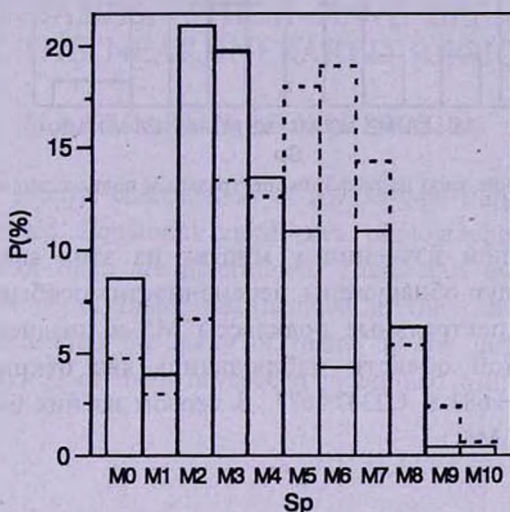


Рис.4. Распределение звезд из табл.2 и переменных звезд из каталога [10] по спектральным подклассам.

переменных, которые до сих пор не обнаружены, особенно относящихся к подклассам M5 и позднее.

В табл.2 из приведенных 257 звезд 52 отождествлены с объектами инфракрасных обзоров (IRAS) [12,13], причем из них 50 звезд входят в [12], а 2 - в [13]. Распределение этих звезд по спектральным подклассам показано на рис.5. На осях величины те же, что и на рис.4. Порядковые номера этих звезд приведены в табл.3. Большинство из них (51.9%) принадлежит к спектральным подклассам M7 и M8.

Резюмируя вышеприведенные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. В области Цефея, примерно 17 кв. градусов, обнаружено 257 звезд типа M. Для них определены спектральные подклассы, фотографические звездные величины и координаты. Приведены также карты их отождествления.
2. Эти звезды, по всей вероятности, являются гигантами и сверхгигантами.
3. Ни одна из обнаруженных звезд не вошла в каталоги переменных звезд.

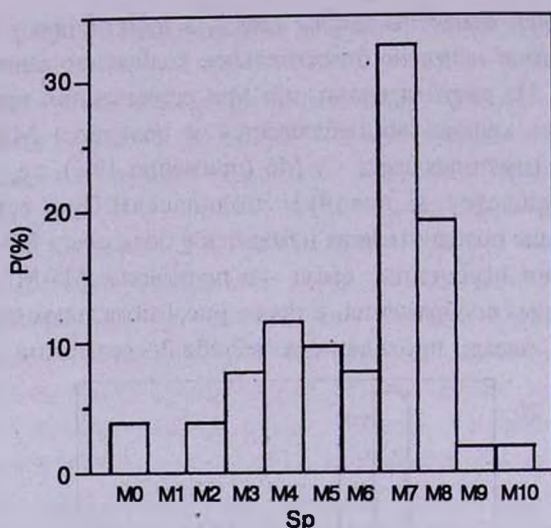


Рис.5. Распределение звезд из табл.3 по спектральным подклассам, являющихся инфракрасными источниками.

При дальнейшем изучении у многих из этих звезд, с большой вероятностью, будут обнаружены переменности, особенно у тех звезд, которые имеют спектральные подклассы M5 и позднее.

4. В изученной области наблюдались два открытых звездных скопления, C2345+683 и C2347+677. В первом из них была обнаружена одна звезда типа M5.

Таблица 3

СПИСОК ЗВЕЗД, ОТОЖДЕСТВЛЕННЫХ С ОБЪЕКТАМИ IRAS

№ по табл.2	Номер IRAS	№ по табл.2	Номер IRAS	№ по табл.2	Номер IRAS
6	23107+6547	136	23309+6739	216	23455+6819
22	23142+6844	138	23318+6855	221	23461+6833
32	23160+6536	140	23323+6628	222	23461+6829
33	23165+6716	147	23335+6612	224	23464+6807
48	23181+6822	164	23361+6840	225	23468+6539
51	23182+6608	165	23367+6606	226	23469+6523
53	23184+6652	170	23378+6521	227	23469+6520
55	23185+6715	171	23381+6535	229	23471+6607
64	23198+6510	173	23383+6518	230	23473+6816
70	23208+6502	176	23387+6836	234	23478+6619
77	23220+6649	186	23403+6748	237	23483+6819
89	23236+6855	194	23411+6824	239	23484+6521
106	23264+6615	199	23418+6558	243	23490+6515
108	23266+6558	200	23423+6730	249	23495+6521
114	23274+6516	201	23425+6644	251	23496+6618
123	23283+6707	203	23429+6545	255	23503+6657
130	23293+6526	209	23439+6632		
135	23308+6645	210	23443+6644		

5. Из звезд, приведенных в табл.2, около 20% являются источниками инфракрасного излучения.

Ереванский государственный университет,
Армения

CLASSIFICATION OF THE RED STARS WITH SPECTRAL ABSORPTION BANDS, WHICH HAVE BEEN OBSERVED IN THE NEAR INFRARED REGION

M.A.KAZARIAN, G.V.PETROSIAN

The results of spectral classification of 257 M-type stars in the region of Cepheus are presented. Equatorial coordinates, photographic magnitudes and spectral subclasses of them are determined. These stars are probably giants and supergiants. None of them was included in the catalogue of variable stars. It is supposed, that for many of them, by the further study, could be found variability. 52 of them have been identified with infrared sources.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Амбарцумян, Научные труды, т.II, Ереван, 1960, стр.37.
2. S.Kwok, C.R.Purton, *Astrophys. J.*, **219**, L125, 1978.
3. J.J.Nassau, A.G.Velghe, *Astrophys. J.*, **139**, 190, 1964.
4. Bechvar, *Atlas coeli-II*, Katalog 1950.0, Praha, 1959.
5. В.А.Альбицкий, В.П.Вязаницын, А.Н.Дейч и др., Курс астрофизики и звездной астрономии, т.I, Ленинград, 1973.
6. J.J.Nassau, V.M.Blanco, W.W.Morgan, *Astrophys. J.*, **120**, 478, 1954.
7. S.Sharpless, *Astrophys. J.*, **124**, 342, 1956.
8. G.Lynga, *Catalogue of Open Cluster Data*, Lund Observ., Sweden, 1987.
9. А.С.Шаров, *Астрон. ж.*, **40**, 900, 1963.
10. Б.В.Кукаркин, П.П.Паренago, Ю.И.Ефремов, П.Н.Холопов, Общий каталог переменных звезд, т.I, изд. АН СССР, 1958.
11. P.N.Kholopov, *Combined General Catalogue of Variable Stars*, II/214A, 1998.
12. IRAS Point Source Catalog. On the Optical Disk."Sel. Astron. Catalogs". Supplied by NASA, v.2, 1986.
13. IRAS Serendipitous Survey Catalog. On the Optical Disk "Sel. Astron. Catalogs". Supplied by NASA, v.2, 1986.

КАРТЫ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ 257 ЗВЕЗД ТИПА М (Север сверху, восток слева)

