

УДК: 524.45Плeяды:524.337.7:520.84

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ КРАСНЫХ КАРЛИКОВ. 1. ВСПЫХИВАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ В СКОПЛЕНИИ ПЛЕЯДЫ.

Л. В. МИРЗОЯН, В. В. АМБАРЯН, А. Т. ГАРИБДЖАНИЯ

Поступила 22 июня 1990

Выполнены спектральные наблюдения 17 вспыхивающих звезд скопления Плеяды. В спектрах 14 из них наблюдаются эмиссионные линии водорода и ионизированного кальция, а также сильные молекулярные полосы, в частности TiO. Остальные 3 звезды, по-видимому, не являются вспыхивающими. В этих спектрах измерены спектральные индексы TiO, с помощью которых определены цвета $R-I$, спектральные классы и светимости всех исследованных вспыхивающих звезд. Сходство параметров звезд (общий вид спектров, спектральные индексы TiO, показатель цвета $R-I$, спектральный класс светимости) и корреляций между ними рассмотрено как новое свидетельство общей физической природы вспыхивающих звезд в звездных скоплениях и ассоциациях и вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнца. Обращено внимание на тот важный факт, что из 34 звезд скопления Плеяды, исследованных Штауффером, как не достигших главной последовательности (pre-main-sequence stars) — на диаграмме Герцшпрунга—Рессела, 27 являются известными вспыхивающими, по данным на 1982 г., что подтверждает эволюционный статус вспыхивающих звезд.

1. Введение. Красные карликовые звезды, входящие в состав звездных ассоциаций и скоплений, находятся на ранних стадиях эволюции. Для звезд типа Т Тельца это стало очевидным после открытия звездных ассоциаций: они составляют характерное население этих очагов звездообразования в Галактике [1]. Несколько более «старыми» являются вспыхивающие звезды, обнаруженные в ассоциациях и скоплениях, которые представляют эволюционную стадию красных карликовых звезд, следующую за стадией типа Т Тельца [2—4].

В звездных ассоциациях вспыхивающие звезды встречаются вместе со звездами типа Т Тельца, а в скоплениях — без них. Причем, непосредственная связь вспыхивающих звезд со звездами типа Т Тельца проявляется в том, что многие звезды последнего типа иногда показывают нормальные выпукки — обладают вспышечной активностью [5, 6].

Эволюционный статус вспыхивающих звезд был окончательно установлен в 1968 г. Амбарцумяном [3], на примере вспыхивающих звезд

скопления Плеяды. В это время в области этого скопления была известна всего 61 вспыхивающая звезда [2]. Несмотря на немногочисленность, статистическое исследование этой выборки вспыхивающих звезд показало, что в скоплении Плеяды все или почти все звезды низких светимостей должны быть вспыхивающими. Такое обилие вспыхивающих звезд в этом скоплении должно быть естественным следствием того факта, что они представляют определенную стадию эволюции красных карликовых звезд.

Это принципиальное, с точки зрения эволюции красных карликовых звезд, предсказание было блестяще подтверждено дальнейшими фотографическими наблюдениями с помощью широкоугольных телескопов. Так, например, каталог вспыхивающих звезд области скопления Плеяды, составленный Аро, Чавира и Гонсалес [7] в 1982 г., содержит 519 вспыхивающих звезд. В последние годы число известных вспыхивающих звезд в этой области возросло до ~ 550 [8], а их полное число оценивается почти в два раза больше. При этом, среди них число вспыхивающих звезд галактического поля не может превышать 10% [9].

В пользу эволюционного статуса вспыхивающих звезд свидетельствуют и аналогичные данные, относящиеся к другим исследованным звездным скоплениям и ассоциациям (см., например, [10]).

Благодаря тому, что красные карликовые звезды представляют ранние стадии эволюции звезд, стало возможным исследование эволюционной последовательности стадий, проходимых карликовыми звездами во время их эволюции, непосредственно на основе их астрофизических наблюдений, без каких-либо теоретических предположений.

Эволюционным статусом звезд типов Т Тельца и вспыхивающих обусловлен интерес к этим молодым объектам.

В настоящей статье приводятся первые результаты спектральных наблюдений некоторых вспыхивающих звезд в скоплении Плеяды, где открыто наибольшее число вспыхивающих звезд. Его близость позволяет получить спектры абсолютно сравнительно слабых вспыхивающих звезд.

2. Наблюдения. Спектральные наблюдения вспыхивающих звезд Плеяд были выполнены на 6-м телескопе БТА Специальной астрофизической обсерватории (САО) АН СССР в 1987—89 гг. Из-за крайне ограниченного времени наблюдений число наблюдаемых звезд также было небольшое.

Был использован телевизионный 1000-канальный спектрофотометр-сканер со спектрографом СП-124 [11]. Применялась дифракционная решетка В1 (600 штрихов/мм) с эффективным разрешением около 5А.

Построение дисперсионных кривых осуществлялось с помощью спектральной лампы с He-Ne-Ag наполнением. Учет неоднородностей чувстви-

тельности фотокатода был обеспечен использованием равномерной непрерывной засветки фотокатода. Для стандартизации спектров исследуемых звезд в каждую ночь вместе с ними были наблюдаемы звезды-стандарты с известным распределением энергии в спектре [12].

Наблюдательный материал, использованный в настоящей работе, представлен в табл. 1. Визуальная звездная величина V для всех звезд измерена фотоэлектрически [13, 14], кроме самых слабых ВЗП 49, 73, 243 и 465, для которых она определена фотографическим методом [15].

Таблица 1

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД
В ОБЛАСТИ ПЛЕЯД

Звезда (ВЗП [7])	V	Дата наблюдения	Спектральный диапазон (Å)
36	17.17	28.12.1989	4700—6600
49	18.3	30.12.1989	4700—6600
70	17.07	18.10.1988	5000—6850
73	18.0	28.12.1989	4700—6600
79	17.60	15.10.1988	5000—6850
"	"	17.10.1988	3520—5370
124	17.67	15.10.1988	5000—6850
"	"	17.10.1988	3520—5370
135	17.93	16.10.1988	5000—6850
"	"	17.10.1988	3520—5370
184	17.72	28.12.1989	4700—6600
191	16.17	18.10.1988	5000—6850
243	18.5	26.12.1989	4700—6600
263	16.91	18.10.1988	3640—6850
275N		14.12.1987	3300—6700
	14.98		
275S		14.12.1987	3300—6700
313	17.02	16.10.1988	5000—6850
"	"	17.10.1988	3520—5370
394	17.94	16.10.1988	5000—6850
"	"	17.10.1988	3520—5370
441	16.92	01.01.1990	4700—6600
465	18.4	27.12.1989	4700—6600

Примечание. Звезда ВЗП 275 является двойной, с компонентами примерно одинакового блеска. Визуальная звездная величина $V = 14.98$ относится к системе в целом [14].

Предварительная обработка полученных спектров (учет фона неба, исправление неоднородностей чувствительности фотокатода, построение дисперсионных кривых и линейаризация шкалы длин волн) была выполнена в САО АН СССР с помощью системы сбора и обработки данных, созданной на базе измерительно-вычислительного комплекса с ЭВМ СМ-4, на специализированном языке программирования СИПРАН [16]. Дальнейшая обработка спектров (исправление за спектральную чувствительность системы, фильтрация с помощью гауссианы, вычисление различных физических параметров и т. д.) была осуществлена в Бюракане с помощью системы обработки астрономических изображений АДА [17].

3. Общие замечания. Спектры вспыхающих звезд, полученные нами, покрывают видимую область спектра, большей частью 3500—6800 Å. Были получены спектры всего 17 вспыхающих звезд из каталога Аро и сотрудииков [7]. В спектрах 14 вспыхающих звезд бросаются в глаза интенсивные эмиссионные линии бальмеровской серии водорода и H и K ионизированного кальция (последняя слита с линией H_ϵ), а также сильные полосы молекул TiO, CaH, MgH и других.

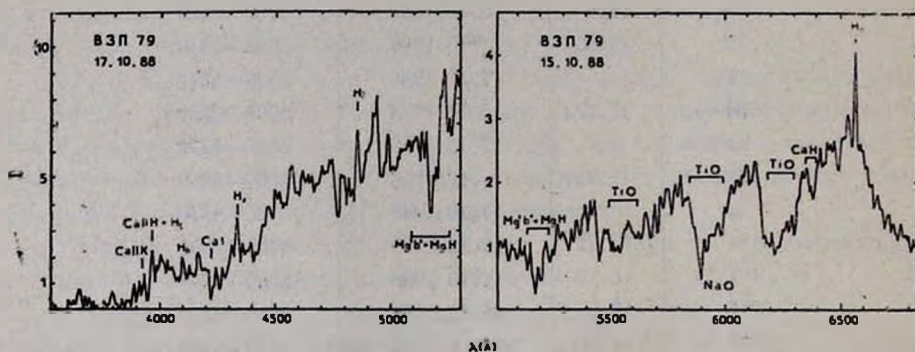


Рис. 1. Запись спектра звезды ВЗП 79. В синей части (слева) интенсивности нормированы к длине волны 4255 Å, а в красной части — к длине волны 5556 Å.

На рис. 1 и 2 приведены записи спектров двух из них, которые иллюстрируют сказанное и дают общее представление о полученных спектрах.

В спектре звезды ВЗП 243 (рис. 3) эмиссионные линии не наблюдаются, однако имеются не сильные молекулярные полосы. А в спектрах звезд ВЗП 70 и ВЗП 191 не присутствуют ни эмиссионные линии, ни молекулярные полосы. Не исключено, что эти три звезды не являются вспыхающими (согласно каталогу Аро и др. [7] у них было зарегистрировано только по одной вспышке). Звезды ВЗП 70, 191 и 243 исключены из дальнейшего обсуждения.

По общему виду спектры вспыхивающих звезд области Плеяд, полученные нами, очень похожи на спектры звезд типа UV Кита окрестностей.

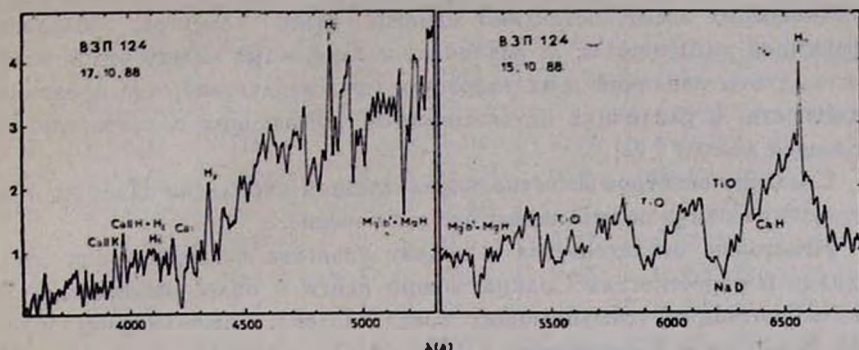


Рис. 2. Запись спектра звезды ВЗП 124. Нормирование аналогично рис. 1.

Солнца (см., например, записи спектров этих звезд в работе Петтерсена и Хаули [18]).

В этой связи следует отметить, что рассмотрение наблюдательных характеристик (кривые блеска вспышек, цвета вспышечного излучения,

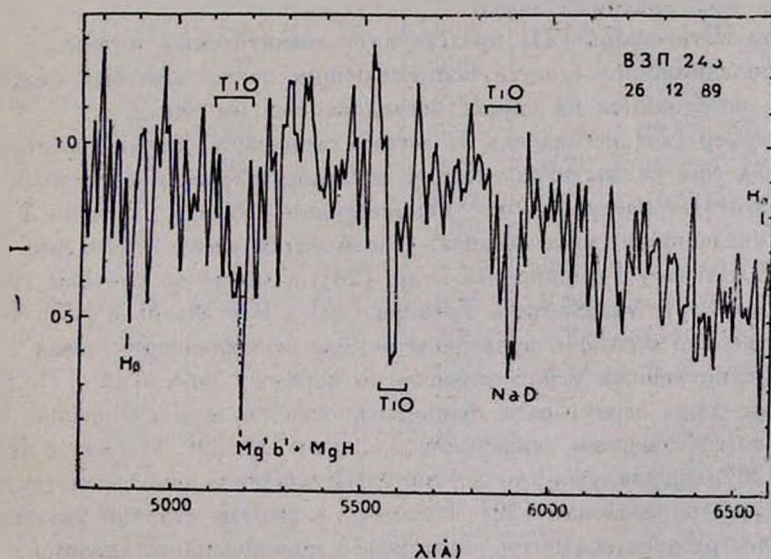


Рис. 3. Запись спектра звезды ВЗП 243. Спектр даже отдаленно не напоминает спектры вспыхивающих звезд, полученные нами. В частности, H_{γ} в поглощении.

спектральный класс в спокойном состоянии, энергетические спектры, средняя частота вспышек и т. д.) вспыхивающих звезд в звездных скоплениях.

и ассоциациях, с одной стороны, и вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнца, с другой, показало, что обе эти «разновидности» вспыхивающих звезд составляют единый класс объектов, обладающих вспышечной активностью. А различия, наблюдаемые между ними, являются следствием различий в их возрастах (фаз эволюции), что проявляется, в частности, в различиях их светимостей, убывающих с возрастом вспыхивающей звезды [19].

Сходство спектров вспыхивающих звезд в скоплении Плеяды и в окрестностях Солнца подтверждает это заключение.

Некоторые свидетельства в пользу сходства вспыхивающих звезд в Плеядах и окрестностях Солнца можно найти в более ранних спектральных наблюдениях вспыхивающих звезд Плеяд, выполненных Ириарте [20], Крафтом и Гринстейном [21] и МакКарти [22].

Более детальное фотометрическое и спектральное исследование 27 известных вспыхивающих звезд скопления Плеяды было выполнено Штауффером [23]. В спектрах большинства из них (16) обнаружена H_{α} -эмиссия. Измерены эквивалентные ширины этой эмиссионной линии. Определены спектральные индексы молекулярной полосы TiO около 6100 Å. С их помощью вычислены показатели цвета $R-I$ и выполнена спектральная классификация исследованных звезд.

Работа Штауффера [23] представляет значительный интерес с точки зрения эволюционного статуса вспыхивающих звезд. Поэтому несколько подробнее остановимся на списке исследованных им звезд.

Штауффер [23] исследовал 34 звезды скопления Плеяды, которые, по его мнению, еще не достигли главной последовательности (*pre-main-sequence stars*), на диаграмме Герцшпрунга—Рессела. В табл. 2 представлены сведения об этих звездах. Обозначения звезд приведены, в основном, по каталогу Герцшпрунга и др. [24], а также по работам Амбарцумяна и др. [25], МакКарти и Тренора [26] и Ван Маанена [27]. В третьем и четвертом столбцах приведены номера вспыхивающих звезд и число зарегистрированных у них вспышек по каталогу Аро и др. [7]. В пятом столбце даны вероятности принадлежности звезд к скоплению, определенные по собственным движениям Джонсом [28, 29]. Наряду с вероятностями [28], фигурирующими в работе Штауффера, приведены также их более поздние определения [29]. Наконец, в шестом столбце указано наличие в спектре звезды эмиссий водорода и ионизованного кальция.

Табл. 2 показывает, что из 34 исследованных звезд 27 (80%) входят в каталог Аро и др. [7], то есть являются известными вспыхивающими звездами. Из них только у 4 звезд вспышки наблюдались по одному разу. Остальные вспыхивающие звезды во вспышках наблюдались многократно.

Из 7 звезд, отсутствующих в каталоге вспыхивающих звезд Плеяд [7], у 3 звезд (H II 189, 1110 и 2966) Крафт и Гринстейн [21] наблюда-

ЗВЕЗДЫ ПЛЕЯД, ИССЛЕДОВАННЫЕ ШТАУФФЕРОМ [23],
КАК НЕ ДОСТИГШИЕ ГЛАВНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

HII	V	ВЭП [7]	k [7]	P		Наличие эмиссии
				[28]	[29]	
133	14.32	118	4	0.91	0.93	CaII [21]
146	14.55	121	5	0.79	0.95	H, CaII [21]
189	14.00	—	—	0.91	—	CaII [21]
191	14.53	127	2	0.89	0.97	CaII [21]
357	13.32	158	8	0.99	0.93	H [22, 23], CaII [21]
451*	13.44	168	1	0.99	—	H [23], CaII [21]
624	15.27	188	4	0.76	—	H [21, 23], CaII [21]
793	14.31	201	3	0.96	0.97	
799	13.70	—	—	0.96	—	
1061	14.23	224	6	0.95	0.82	
1110	13.32	—	—	0.99	—	CaII [21]
1173	15.13	237	1	0.65	0.92	H [23]
1286*	15.34	251	3	0.31	0.90	H [23]
1305	13.65	255	2	0.97	0.97	
1306*	13.45	256	11	0.99	0.84	
1321*	15.27	257	8	0.84	—	H [30]
1348*	12.75	—	—	0.93	—	H [23]
1355*	14.07	262	1	0.77	0.96	H [22, 23], CaII [21]
1653	13.49	300	6	0.99	0.71	H, CaII [21]
2016	13.61	344	2	0.98	—	CaII [21]
2082	13.97	—	—	0.00	—	
2208	14.46	359	9	0.28	0.97	H, CaII [21]
2244	12.63	369	1	0.96	0.97	CaII [20]
2601*	14.96	390	9	0.83	0.97	H [21, 23], CaII [21]
2602*	15.49	391	3	0.52	0.88	H [21, 23], CaII [21]
2741	12.69	—	—	0.90	—	
2966	14.90	—	—	0.81	—	H [23], CaII [21]
B23	17.02	313	8	—	—	H [23]
B 201	16.92	441	5	—	—	H [23]
B 214	17.54	394	1	—	—	H [23]
MT 41	15.43	123	2	0.59	0.93	H [23]
MT 61	15.27	199	5	0.67	0.82	H [23]
VM 46	16.01	324	4	0.39	—	H [23]
3063	13.60	431	3	0.18	0.98	

Примечание. Звездочкой отмечены вероятные двойные [14, 23]. Обозначения звезд приведены согласно следующим работам: HII [24], B [25], MT [26] и VM [27].

ли эмиссию Ca II, а у одной из них (H II 2966) Штауффер [23] наблюдал также H_γ-эмиссию.

Имея в виду, что в этом скоплении все или почти все звезды низких светимостей должны быть вспыхивающими [3], причем у около половины из них вспыхивающая активность еще не обнаружена [8], можно полагать, что и остальные звезды списка Штауффера [23] являются вспыхивающими.

Таким образом, из 34 звезд скопления Плеяды, исследованных Штауффером [23], как не достигших главной последовательности, на диаграмме Герцшпрунга—Рессела, большинство (четыре пятых) оказались вспыхивающими, а остальные (одна пятая часть) вероятно также являются вспыхивающими. Этот примечательный факт можно рассматривать как новое подтверждение эволюционного статуса вспыхивающих звезд.

4. Спектральные индексы. Для исследования спектров красных карликовых звезд эффективными оказались спектральные индексы, определяемые из измерений молекулярных полос. Они довольно точно характеризуют такие важные параметры звезды, как спектральный класс и светимость.

Речь идет о спектральных индексах TiO, CaH, NaI'D' и Mg'b'+ + MgH, введенных Штауффером [23, 31] и Штауффером и Гартманном [32].

Спектральные индексы молекулярных полос окиси титана (TiO) определяются как отношения интегральных потоков излучения у дна соответствующей полосы и в соседнем «непрерывном спектре» (псевдоконтинууме). Для молекулярных полос TiO около длин волн 5400, 5900, 6100 и 6500 Å спектральные индексы равны, соответственно, [31]:

$$D_{54} = (f_{54} - f_{55}) / (f_{54} + f_{55}), \quad D_{59} = (f_{61} - f_{59}) / (f_{61} + f_{59}),$$

$$D_{61} = (f_{61} - f_{62}) / (f_{61} + f_{62}) \text{ и } D_{65} = (f_{65} - f_{62}) / (f_{65} + f_{62}),$$

где

$$f_{54} = \int_{5380}^{5430} f_{\lambda} d\lambda, \quad f_{55} = \int_{5480}^{5530} f_{\lambda} d\lambda, \quad f_{59} = 0.5 \cdot \left[\int_{5860}^{5877} f_{\lambda} d\lambda + \int_{5911}^{5930} f_{\lambda} d\lambda \right],$$

$$f_{61} = \int_{6075}^{6125} f_{\lambda} d\lambda, \quad f_{62} = \int_{6203}^{6270} f_{\lambda} d\lambda \text{ и } f_{65} = \int_{6505}^{6552} f_{\lambda} d\lambda$$

соответствующие потоки, а индексы указывают на длины волн в 10² Å.

Наши определения спектральных индексов TiO представлены в табл. 3. В третьем столбце этой таблицы приводится также число наблю-

денных вспышек звезды. Оно показывает, что кроме звезды ВЗП 394 у остальных вспыхивающих звезд было зарегистрировано больше одной вспышки, то есть их вспышечная природа не подлежит сомнению. У тесной двойной звезды ВЗП 275 зарегистрированные вспышки относятся к обоим компонентам.

Таблица 3

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИНДЕКСЫ TiO, ВСПЫХИВАЮЩИХ
ЗВЕЗД ОБЛАСТИ ПЛЕЯД

Звезда (ВЗП)	V	k	Спектральный индекс			
			D54	D59	D61	D65
36	17.17	9	0.251	0.625	0.205	0.202
49	18.28	4	0.232	0.605	0.185	0.258
73	17.99	5	0.193	0.616	0.160	0.231
79	17.60	5	0.223	0.663	0.154	0.258
124	17.67	4	0.289	0.652	0.206	0.381
135	17.93	2	0.223	0.615	0.187	0.279
184	17.72	3	0.159	0.638	0.138	0.244
263	16.91	8	0.237	0.570	0.088	0.210
275N	15.73		0.223	0.610	0.207	0.189
275S	15.73	66	0.205	0.556	0.173	0.108
313	17.09	8	0.247	0.591	0.166	0.257
394	17.54	1	0.231	0.611	0.159	0.257
441	17.90	5	0.281	0.634	0.276	0.398
465	18.35	3	0.205	0.267	0.212	0.334

Примечание. Для двойной звезды ВЗП 275 число k относится к системе в целом.

Спектральные индексы TiO являются чувствительными индикаторами поверхностной температуры звезды-красного карлика, и мы, следуя примеру Штауффера [23, 31], эти индексы использовали для определения показателей цвета $R-I$ и спектральных классов исследуемых вспыхивающих звезд Плеяд.

Мы определили также спектральные индексы CaH, NaI'D' и Mg'b'+MgH, которые обычно рассматриваются как чувствительные индикаторы ускорения силы тяжести звезды (см., например, [32]). Их можно использовать и для грубой оценки светимостей звезд. Однако, как показало наше исследование, они значительно хуже коррелируют со светимостью звезды, чем спектральные индексы TiO (см. дальше). В связи с этим мы не приводим здесь наши определения этих спектральных индексов.

Для определения светимостей исследуемых звезд мы использовали спектральные индексы TiO .

5. Показатели цвета $R-I$ и спектральные классы. Еще в 1974 г. в работе Джоя и Абта [33] была обнаружена зависимость между показателем цвета $R-I$ и спектральным классом красных карликовых звезд. Это обстоятельство Штауффером [23] было использовано для спектральной классификации исследованных им звезд — красных карликов в Плеядах.

Сами показатели цвета $R-I$ с достаточной точностью определяются спектральными индексами TiO . Пример зависимости $R-I$ от одного из спектральных индексов $D 54$ для красных карликов окрестностей Солнца, с эмиссионными линиями в спектрах, по данным Штауффера и Гартманна [32], графически представлен на рис. 4. Имеются основания допустить, что большинство этих звезд, если не все, являются вспыхивающими (см., например, [34]).

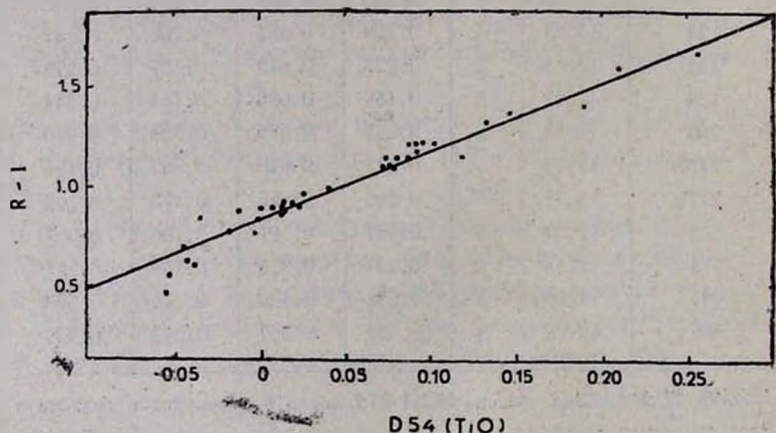


Рис. 4. Зависимость показателя цвета $R-I$ от спектрального индекса $D 54 (TiO)$ для красных карликов окрестностей Солнца, с эмиссионными линиями в спектрах, по данным Штауффера и Гартманна [32].

Определенные нами спектральные индексы TiO несколько отличаются от штауфферовских. Поэтому для дальнейшего использования с помощью зависимости ($R-I$, спектральный индекс TiO) последняя была калибрована на основе наших немногочисленных данных о вспыхивающих звездах типа UV Кита. Эта процедура была повторена для всех четырех спектральных индексов TiO . Затем по величинам $R-I$, средним для четырех индексов, были определены спектральные классы исследуемых вспыхивающих звезд Плеяд.

Различия в показателях цвета $R-I$ и спектральных классах, определенные по разным спектральным индексам TiO , небольшие: около 0.05 и один спектральный подкласс (см. также [23]).

В табл. 4 приводятся средние показатели цвета $R-I$ и спектральные классы исследованных нами вспыхивающих звезд. Как и следовало ожидать, все они принадлежат спектральному классу M .

Таблица 4

ПОКАЗАТЕЛИ ЦВЕТА $R-I$ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ КЛАССЫ
ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД ОБЛАСТИ ПЛЕЯД

Звезда (ВЗП)	$R-I$ (сред- ний)	Спектраль- ный класс (средний)
36	1.36	M4.5
49	1.32	M4.3
73	1.28	M4.1
79	1.35	M4.5
124	1.44	M4.9
135	1.33	M4.4
184	1.28	M4.1
263	1.20	M3.8
275N	1.30	M4.2
275S	1.19	M3.7
313	1.29	M4.2
394	1.30	M4.2
441	1.48	M5.1
465	1.37	M4.6

Полученный результат подтверждает вывод Штауффера [23] о том, что спектральные индексы TiO являются чувствительными индикаторами поверхностной температуры красных карликовых звезд.

6. Светимости. Спектральные индексы TiO являются также индикаторами светимости красных карликовых звезд.

Петтерсен и Хаули [18] показали, что существует тесная зависимость между спектральными индексами TiO и светимостью вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнца. Правда, метод определения этих индексов у этих авторов несколько иной. Однако спектральные индексы TiO вспыхивающих звезд, определенные методом Штауффера [31], также весьма чувствительны к их светимостям.

Этот вывод наглядно иллюстрируется рис. 5, где представлена зависимость между абсолютной визуальной величиной звезды M_v и одним из

ее спектральных индексов D 65. Эта зависимость также построена по данным Штауффера и Гартманна [32] для эмиссионных карликов окрестностей Солнца. Абсолютные визуальные величины звезд заимствованы из каталога близлежащих звезд Глизе [35].

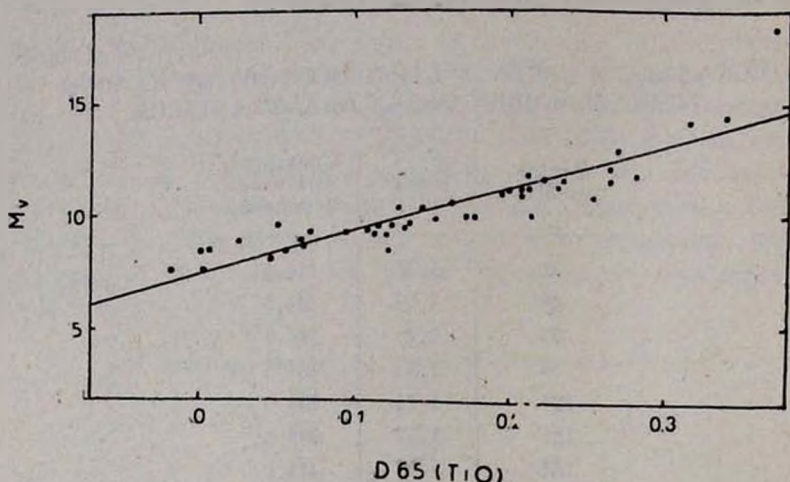


Рис. 5. Зависимость абсолютной визуальной величины от спектрального индекса D 65 (TiO) для красных карликов окрестностей Солнца, с эмиссионными линиями в спектрах. Абсолютные визуальные величины заимствованы из Каталога близлежащих звезд Глизе [35], а спектральные индексы — из работы Штауффера и Гартманна [32].

Такая же прямолинейная зависимость наблюдается и для других спектральных индексов TiO. На том же статистическом материале аналогичные прямолинейные зависимости между абсолютной визуальной величиной и спектральным индексом звезд были построены и для индексов CaH, NaI'D' и Mg'b' + MgH. Отклонения от полученных зависимостей в этих случаях существенно больше.

Это наглядно видно при сравнении корреляционных коэффициентов для соответствующих зависимостей:

(D54, M_v) - 0.96,	(CaH, M_v) - 0.69,
(D59, M_v) - 0.85,	(NaI'D', M_v) - 0.13,
(D61, M_v) - 0.91,	(Mg'b' + MgH, M_v) - 0.29.
(D65, M_v) - 0.91.	

Оно показывает, что спектральные индексы TiO несравненно лучше характеризуют светимость звезд, чем индексы CaH, NaI'D' и Mg'b' + MgH. Корреляционные коэффициенты зависимостей светимости звезд от послед-

них двух индексов небольшие, а для спектрального индекса CaH значительно меньше, чем в случаях спектральных индексов TiO . Естественно, что мы для определения светимостей исследованных звезд использовали спектральные индексы TiO .

Исходя из физической общности вспыхивающих звезд в звездных скоплениях и ассоциациях и вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнца [19], мы сочли вполне обоснованным использование зависимостей, типа зависимости, представленной на рис. 5, для определения светимостей вспыхивающих звезд Плеяд с помощью их спектральных индексов TiO .

В табл. 5 даются абсолютные визуальные величины исследованных вспыхивающих Плеяд, определенные при следующих двух предположениях:

1. Для них справедливы зависимости типа рис. 5 (средняя абсолютная величина, определенная по всем спектральным индексам TiO).

2. Все исследованные звезды являются членами скопления Плеяды (находятся на расстоянии этой системы: $m-M = 5.54$, $A_0 = 0.12$ [36]).

В последнем столбце табл. 5 приводятся разности ΔM_0 этих двух величин. Рассмотрение этого столбца показывает, что разница между абсолютными визуальными величинами, определенными двумя независимыми методами, превышает одну звездную величину лишь для двойной звезды ВЭП 275, оба компонента которой являются вспыхивающими. Для всех остальных звезд эта разница не превышает 0.8, и можно думать, что все они являются физическими членами скопления Плеяды.

Эти результаты можно рассматривать в пользу нашего предположения, сделанного при оценке абсолютных визуальных величин вспыхивающих звезд Плеяд по их спектральным индексам TiO , о том, что для них справедливы зависимости светимости от этих индексов, полученные для вспыхивающих звезд окрестностей Солнца.

В случае звезды ВЭП 275 не исключена возможность, что она не является членом этой системы. Правда, ее собственное движение близко к собственному движению центра скопления, и, согласно исследованию Джонса [29], вероятность того, что ВЭП 275 является членом Плеяд, равна 0.93. Вопрос этот нуждается в дальнейшем исследовании.

Табл. 5 свидетельствует о том, что спектральные индексы TiO чувствительны не только к температуре (спектральному классу) звезды, но и к ее светимости. Поэтому она дает основание использовать спектральные индексы TiO вспыхивающих звезд для оценки их светимостей.

Для нашей выборки вспыхивающих звезд интервал значений светимостей весьма ограниченный, однако спектральные наблюдения показывают, что интервал, где имеет место прямолинейная зависимость между



светимостями и спектральными индексами TiO, в действительности довольно широкий (см., например, рис. 5).

Таблица 5

АБСОЛЮТНЫЕ ВИЗУАЛЬНЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ
ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД ОБЛАСТИ ПЛЕЯД

Звезда (ВЗП)	M_v		ΔM_v
	(средняя)	$m-M=$ $=5.54$	
36	12.3	11.5	0.8
49	12.1	12.6	-0.5
73	11.7	12.3	-0.6
79	12.0	11.9	0.1
124	12.7	12.0	0.7
135	12.1	12.3	-0.2
184	11.6	12.1	-0.5
263	11.5	11.2	0.3
275N	11.9	10.1	1.8
275S	11.4	10.1	1.3
313	12.0	11.4	0.6
394	11.9	11.9	0.0
441	13.0	12.2	0.8
465	12.3	12.7	-0.4

Примечание. В случае двойной звезды ВЗП 275 абсолютные визуальные величины компонентов вычислены в предположении, что они имеют одинаковый видимый блеск ($V = 15.73$), следующий из интегрального видимого блеска двойной (14.98) [14]).

7. **Заключение.** Получены спектры 17 известных вспыхивающих звезд скопления Плеяды, большинство из них впервые.

В спектрах 14 вспыхивающих звезд наблюдаются интенсивные эмиссионные линии водорода и ионизированного кальция и сильные молекулярные полосы, в частности TiO. В спектрах 3 звезд (ВЗП 70, 191 и 243) не наблюдаются ни эмиссионные линии, ни достаточно сильные молекулярные полосы. Возможно, что они в действительности не являются вспыхивающими звездами (у всех трех звезд вспышки были зарегистрированы только по одному разу [7]).

Измерены спектральные индексы TiO в спектрах исследованных вспыхивающих звезд, которые использованы для определения показателей цвета $R-I$, спектральных классов и светимостей этих звезд.

Полученные данные свидетельствуют, что спектральные индексы TiO являются индикаторами как температуры, так и светимости красных карликов.

Сходство параметров звезд (общий вид спектров, спектральные индексы, показатели цвета $R-I$, спектральные классы, светимости) и корреляций между ними можно рассматривать как новое свидетельство общей физической природы вспыхивающих звезд в звездных скоплениях и ассоциациях и звезд типа UV Кита окрестностей Солнца.

Авторы признательны Н. В. Борисову за помощь в спектральных наблюдениях.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SPECTRAL OBSERVATIONS OF RED DWARFS. I. FLARE STARS IN THE PLEIADES CLUSTER

L. V. MIRZOYAN, V. V. HAMBARIAN, A. T. GARIBJANIAN

Spectral observations of 17 flare stars of the Pleiades cluster are carried out. Emission lines of the hydrogen and ionized calcium, as well as strong molecular bands, in particular those of the TiO, are observed in the spectra of 14 stars. The other 3 stars are probably not flare ones. The TiO spectral indices were measured in these spectra. By means of these indices $R-I$ colours, spectral classes and luminosities were determined for all studied flare stars. Similarity of star parameters (general shape of spectra, spectral indices, $R-I$ colour, spectral class, luminosity) and of correlations between them is considered as a new evidence in favour of the common physical nature of flare stars in clusters and associations and the UV Ceti type flare stars of solar vicinity. Attention is paid on the significant fact, that of 34 stars in the Pleiades cluster, studied by Stauffer as pre-main-sequence stars 27 are known as flare stars according to the 1982 data, which confirms the evolutionary status of flare stars.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, Эволюция звезд и астрофизика, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1947.
2. G. Haro, E. Chavira, *Vistas in Astronomy*, 8, 89, 1966.
3. В. А. Амбарцумян, Звезды, туманности, галактики, ред. В. В. Соболев, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1969, стр. 283.
4. V. A. Ambartsumian, L. V. Mirzoyan, *New Directions and New Frontiers in Variable Star Research*, IAU Colloquium № 15, Veröff. Bamberg, 9, № 100, 98, 1971.
5. G. Haro, *The Galaxy and the Magellanic Clouds*, eds. F. J. Kerr, A. W. Rodgers, Australian Acad. Sci., Canberra, 1964, p. 30.

6. *L. Rostino*, Low-luminosity Stars, ed. S. S. Kumar, Gordon and Breach, New-York—London—Paris, 1969, p. 181.
7. *G. Haro, F. Chavira, G. Gonzalez*, Bol. Inst. Tonantzintla, 3, No. 1, 3, 1982.
8. А. В. Мирзоян, Г. В. Оганян, Вспыхивающие звезды и родственные объекты, ред. А. В. Мирзоян, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1986, стр. 68.
9. А. В. Мирзоян, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян, А. А. Мирзоян, Астрофизика, 29, 531, 1988.
10. *L. V. Mirzoyan*, Vistas in Astronomy, 27, 77, 1984.
11. С. В. Драбек, И. М. Копылов, Н. Н. Сомов, Т. А. Сомова, Астрофиз. исслед. (Изв. Спец. астрофиз. обсерв.), 22, 64, 1985.
12. *J. V. Bares, D. S. Hayes*, IRS Standard Star Manual, Kitt Peak National Obs., 1984.
13. *J. R. Stauffer*, Astron. J., 87, 1507, 1982.
14. *J. R. Stauffer*, Astrophys. J., 280, 189, 1984.
15. О. С. Чавушян, А. Т. Гарибджанян, Астрофизика, 11, 565, 1975.
16. Н. Н. Сомов, Астрофиз. исслед. (Изв. Спец. астрофиз. обсерв.), 22, 73, 1985.
17. С. В. Зарацян, Т. Ю. Матакян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 57, 80, 1985.
18. *B. R. Pettersen, S. L. Hawley*, Astron. and Astrophys., 217, 187, 1989.
19. А. В. Мирзоян, В. В. Амбарян, Астрофизика, 28, 375, 1988.
20. *B. Iriarte*, Bol. Inst. Tonantzintla, 1, 209, 1975.
21. *R. F. Kraft, J. L. Greinstein*, Low-luminosity Stars, ed. S. S. Kumar, Gordon and Breach, New-York—London—Paris, 1969, p. 65.
22. *M. F. McCarthy*, Low-luminosity Stars, ed. S. S. Kumar, Gordon and Breach, New-York—London—Paris, 1969, p. 83.
23. *J. R. Stauffer*, Astron. J., 85, 1341, 1980.
24. *E. Hertzsprung*, Ann. Leiden Observ., 19, Part 1A, 1947.
25. В. А. Амбарцумян, А. В. Мирзоян, Э. С. Парсаян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, Астрофизика, 8, 7, 1970.
26. *M. McCarthy, P. Treanor*, Ric. Astron. Specola Vaticana, 7 (12), 367, 1968.
27. *A. van Maanen*, Astrophys. J., 102, 26, 1945.
28. *B. F. Jones*, Astrophys. J. Lett., 171, L57, 1972.
29. *B. F. Jones*, Astron. J., 86, 290, 1981.
30. А. В. Мирзоян, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян (не опубликовано).
31. *J. R. Stauffer*, Astron. J., 87, 899, 1982.
32. *J. R. Stauffer, L. W. Hartmann*, Astrophys. J. Suppl. Ser., 61, 531, 1986.
33. *A. H. Joy, H. A. Abt*, Astrophys. J. Suppl. Ser., 28, 1, 1974.
34. А. В. Мирзоян, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян, А. А. Мирзоян, Астрофизика, 29, 46, 1988.
35. *W. Gliese*, Catalogue of Nearby Stars, Veröff. Astron. Rechen-Institut, Heidelberg, No. 22, 1969.
36. *D. L. Crawford, C. L. Perry*, Astron. J., 81, 419, 1976.