

УДК: 524.45 ПЛЕЯДЫ: 524. 338.6

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ КРАСНЫХ КАРЛИКОВ II. НОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД ОБЛАСТИ СКОПЛЕНИЯ ПЛЕЯДЫ

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

Поступила 22 декабря 1994

Принята к печати 29 декабря 1994

Исследованы спектры 24 вспыхивающих звезд скопления Плеяды, полученных на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории в 1986–89 гг. По спектральным индексам окиси титана (TiO) и других химических элементов исследованных звезд определены их спектральные классы и светимости (абсолютные визуальные звездные величины). Согласие полученных модулей звезд с модулем расстояния скопления Плеяды подтверждает принадлежность 21 из них к скоплению. Только 3 из них: ВЗП 169, ВЗП 377 и ВЗП 435 возможно не являются членами скопления. Это свидетельствует о том, что вспыхивающая активность звезды является надежным критерием ее принадлежности к близлежащей звездной системе (скоплению или ассоциации).

1. *Введение.* В первой статье этой серии [1] были приведены результаты исследования спектров 17 вспыхивающих звезд области Плеяд, полученных 6-м телескопом Специальной астрофизической обсерватории (Россия). Спектры 14 звезд содержали эмиссионные линии бальмеровской серии водорода и линии H и K ионизированного кальция, а также сильные полосы молекул TiO, CaH, MgH и других. Для этих 14 звезд по спектральным индексам полос окиси титана — TiO, по методу, предложенному Стауффером и Гартманном [2,3], были определены показатель цвета $R-I$, спектральный класс и абсолютная звездная величина.

Полученные спектры показали полное сходство спектров вспыхивающих звезд скопления Плеяды со спектрами вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнца. Этот факт является новым аргументом в пользу представления о том, что все эти объекты составляют единый класс вспыхивающих звезд,



обладающих вспышечной активностью и находящихся в одной из стадий развития эволюции красных карликовых звезд [4].

Заслуживает внимания и полученное совершенно независимое свидетельство в пользу эволюционного статуса вспыхивающих звезд. Оказалось, что подавляющее большинство красных карликовых звезд скопления Плеяды, исследованных Стауффером [5], как молодых звезд, еще не достигших, на диаграмме Герцшпрунга—Рессела, главной последовательности (pre-main-sequence stars), входят в каталог вспыхивающих звезд Аро, Чавира и Гонсалес [6]. Имеются основания допустить, что и остальные звезды этого списка являются вспыхивающими.

В настоящей статье рассматриваются результаты спектральных наблюдений еще 24 вспыхивающих звезд области скопления Плеяды.

2. Новые наблюдения спектров вспыхивающих звезд в Плеядах. Спектральные наблюдения вспыхивающих звезд области скопления Плеяды были выполнены в 1986—89 гг. в Бюраканской астрофизической обсерватории Национальной Академии наук Республики Армения.

Полученный наблюдательный материал представлен в табл.1, где в последовательных столбцах приведены: номер звезды (ВЗП) в каталоге вспыхивающих звезд области Плеяды Аро и др. [6], дата наблюдения, спектральный диапазон и количество спектрограмм.

Спектры были получены на 2.6-м телескопе с помощью универсального дифракционного спектрографа "UAGS", с использованием ЭОПа. Наблюдения были выполнены с помощью дифракционной решетки 651/8, с обратной линейной дисперсией 100Å/мм. При спектральных наблюдениях были использованы эмульсии сортов Kodak 103aO, A500Y и A600H. Дисперсионные кривые были построены с помощью спектральной лампы с He—Ne—Ar наполнением.

Все спектры были калиброваны с помощью трубчатого фотометра Бюраканской обсерватории. Для стандартизации спектров исследуемых звезд, вместе с ними были получены спектры стандартных звезд из работы Бареса и Гайеса [7], возможно, на близких зенитных расстояниях.

Регистрация спектров осуществлялась с помощью автоматического микроденситометра PDS-1010A Бюраканской обсерватории.

Сканирование спектров производилось, в основном, с диафрагмой размером 50мм x 50мм. Во всех случаях шаг сканирования выбирался в два раза меньше ширины сканирующей щели.

Построение дисперсионных кривых, линеаризация шкалы длин волн, построение характеристических кривых для перехода от почернений к интенсивностям, фильтрация с помощью гауссианы, исправление спектров за спектральную

чувствительность системы, разрисовка спектрограмм, определение различных спектральных параметров и т.д., были осуществлены полуавтоматически, с помощью системы обработки спектров AIDA, разработанной в Бюраканской обсерватории на персональном компьютере типа PC/AT с использованием системы АДА [8].

Таблица 1

**СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД
В ОБЛАСТИ ПЛЕЯД**

Звезда (ВЗП)	V	Дата наблюдения	Спектральный диапазон (А)	Кол. спектров
85	12.75	24/11/1986	3000-8000	1
108	12.65	23/11/1986	3000-8000	4
147	12.99	23/11/1986	3000-8000	4
153	13.77	08/11/1986	4500-7300	1
154	14.00	08/11/1986	4500-7300	1
158	13.32	08/11/1986	4500-7300	1
168	13.43	08/11/1986	4500-7300	1
169	13.84	10/09/1988	4500-7300	1
190	15.64	29/01/1989	4500-7300	1
208	13.05	08/11/1988	4500-7300	1
223	12.96	10/09/1988	4500-7300	1
228	12.25	23/11/1986	3000-8000	3
256	12.93	25/11/1986	4500-7300	1
278	12.86	24/11/1986	4500-7300	1
290	12.49	24/11/1986	4500-7300	1
300	13.50	08/11/1986	4500-7300	1
331	12.66	23/11/1986	3000-8000	4
348	12.65	25/11/1986	4500-7300	1
377	15.52	10/09/1988	4500-7300	1
418	13.97	08/11/1988	4500-7300	1
435	13.47	10/09/1988	4500-7300	1
444	12.77	25/11/1986	4500-7300	1
477	14.26	10/09/1988	4500-7300	1

3. *Общий вид полученных спектров.* Спектры вспыхивающих звезд области Плеяд, полученные нами, покрывают большую часть область 4500-7300А. В спектрах всех наблюдаемых звезд бросается в глаза сильная узкая абсорбцион-

ная линия нейтрального натрия NaI 'D' , эмиссионные линии водорода и ионизованного кальция умеренной интенсивности. В некоторых спектрах видны также слабые полосы поглощения окиси титана и других молекул.

Запись спектра вспыхивающей звезды ВЗП 256 дает общее представление о полученных спектрах (рис.1).

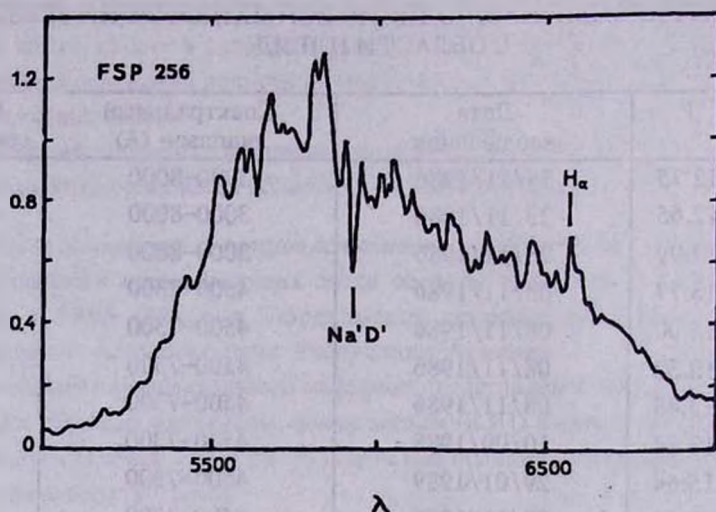


Рис.1. Запись спектра ВЗП 256. Интенсивность в длине волны 5556Å принята за единицу.

Исследованные нами вспыхивающие звезды сравнительно яркие и поэтому примерно половина из них ранее была исследована другими авторами как фотометрически, так и спектроскопически [5,9–11], что освобождает нас от необходимости описывать полученные спектры. Отметим лишь, что они напоминают спектры сравнительно ярких вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнца.

4. *Спектральные классы и светимости вспыхивающих звезд Плеяд.* Спектральные классы исследованных звезд были определены, как и в первой статье настоящей серии [1], с помощью спектральных индексов окиси титана (TiO), по методу, разработанному Стауффером [2] и Стауффером и Гартманном [3]. Эти спектральные индексы основаны на интенсивности полос поглощения окиси титана и других молекул. Они являются весьма эффективными, особенно, для звезд спектрального класса М. Однако большинство исследуемых нами вспыхи-

вающих звезд принадлежит к спектральному классу К и поэтому нами были использованы также спектральные индексы других химических элементов, введенные Притчетом и Ван ден Бергом [12].

Все указанные спектральные индексы были использованы для определения спектральных классов и светимостей (абсолютных звездных величин) исследованных вспыхивающих звезд с помощью дискриминантного анализа и пошаговой регрессии [13,14]. При этом в качестве стандартных звезд нами были использованы наблюдаемые нами известные красные карликовые звезды типа UV Кита окрестностей Солнца (они войдут в следующую работу настоящей серии), и карликовые звезды спектральных классов К–М из работы Джакоби и др. [15].

Результаты наших определений спектральных классов и абсолютных визуальных звездных величин исследованных звезд представлены в табл.2. В ней приведены: номер (ВЗП) звезды в каталоге вспыхивающих звезд области скопления Плеяды Аро и др. [6], число зарегистрированных у них вспышек — k , спектральный класс — S_p и абсолютная визуальная звездная величина — M_v .

Таблица 2

СПЕКТРАЛЬНЫЕ КЛАССЫ И АБСОЛЮТНЫЕ ВИЗУАЛЬНЫЕ
ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД ПЛЕЯД

ВЗП	k	S_p	M_v	ВЗП	k	S_p	M_v
85	2	K1.4	5.7	256	11	K6.1	8.2
108	1	K5.0	8.1	278	1	K3.7	6.9
147	2	K6.2	8.2	290	2	K3.4	6.8
153	9	K7.3	8.8	300	6	K6.6	8.4
154	9	K8.1	9.2	331	2	K4.0	7.1
158	8	K6.6	8.4	348	1	K3.2	6.7
168	1	K6.4	8.3	369	1	K7.0	8.6
169	12	K1.0	5.5	377	132	M4.5	12.6
190	2	K6.2	8.2	418	8	K7.1	8.7
208	1	K7.0	8.6	435	10	K1.0	5.5
223	1	K2.0	6.0	444	1	K3.5	6.8
228	2	K4.0	7.1	477	12	K4.0	7.1

5. Сравнение наших определений спектральных классов с определениями других авторов. Спектральные классы некоторых исследованных нами вспыхивающих звезд были ранее определены Крафто и Гринстейном [9], МакКарти и

Тренором [10], Стауффером [5] и Содербломом и другими [11]. В табл.3 приводятся сравнения с этими результатами. Сравнение спектральных классов исследованных нами вспыхивающих звезд с более ранними определениями показывает удовлетворительное согласие между ними (табл.3). Разность составляет, в среднем, один спектральный подкласс.

Таблица 3

СРАВНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ КЛАССОВ ИССЛЕДОВАННЫХ НАМИ
ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД ОБЛАСТИ СКОПЛЕНИЯ ПЛЕЯДЫ С БОЛЕЕ
РАННИМИ ОПРЕДЕЛЕНИЯМИ ДРУГИХ АВТОРОВ

ВЗП	[5]	[9]	[10]	[11]	Настоящая работа
108				K3V	K5.0
153	K7.9		K5Ve	K5Ve	K7.3
154	M0.6	dM1	K7Ve	K7Ve	K8.1
158		dK4e	K6Ve	K6Ve	K6.6
169			K5Ve	K5Ve	K1.0
190			K3.5V	K3.5V	K6.2
228				K3V	K4.0
256				dK5Ve	K6.1
300		dK7	K4.5Ve	K4.5Ve	K6.6
369				K2.5V	K7.0
377		dM3e, dM4e			M4.5
418			K4Ve		K7.1
477	K7.9				K4.0

6. *Вспышечная активность звезды — критерий ее принадлежности к близлежащему скоплению.* Пространственное распределение вспыхивающих звезд в Галактике свидетельствует, что подавляющая часть вспыхивающих звезд входит в состав общего звездного поля. Остальные входят в состав звездных ассоциаций и скоплений [16]. Оценка доли вспыхивающих звезд, не принадлежащих скоплению Плеяды, среди вспыхивающих звезд, обнаруженных фотографическими наблюдениями в этой области не превышает 10% [17]. Если придерживаться этой оценки, то следует считать, что среди 24 вспыхивающих звезд, исследованных нами, 2–3 вспыхивающие звезды могут быть звездами общего галактического поля.

Для выделения вспыхивающих звезд, не входящих в скопление Плеяды, мы сравнили их абсолютные величины, полученные по спектральным индексам, с абсолютными звездными величинами, вычисленными в предположении, что все

они принадлежат к скоплению Плеяды, т.е. имеют модуль расстояния равный модулю расстояния скопления — 5.5^m [18].

Таблица 4

АБСОЛЮТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД ОБЛАСТИ ПЛЕЯД, ОПРЕДЕЛЕННЫХ ПО СПЕКТРАЛЬНЫМ ИНДЕКСАМ И ПО МОДУЛЮ РАССТОЯНИЯ СКОПЛЕНИЯ ПЛЕЯДЫ

ВЗП	$M_v (Sp)$	$M_v (r)$	ΔM_v	ВЗП	$M_v (Sp)$	$M_v (r)$	ΔM_v
85	5.7	7.1	-1.4	256	8.2	7.3	0.9
108	8.1	7.0	1.1	278	6.9	7.2	-0.3
147	8.2	7.3	0.9	290	6.8	6.8	0.0
153	8.8	8.1	0.7	300	8.4	7.8	0.6
154	9.2	8.3	0.9	331	7.1	7.0	0.1
158	8.4	7.7	0.7	348	6.7	7.0	-0.3
168	8.3	7.8	0.5	369	8.6	6.9	1.7
169	5.5	8.2	-2.7	377	12.6	9.9	2.7
190	8.2	10.0	-1.8	418	8.7	8.3	0.4
208	8.6	7.4	1.2	435	5.5	7.8	-2.3
223	6.0	7.3	-1.3	444	6.8	7.1	-0.3
228	7.1	6.6	0.5	477	7.1	8.6	-1.5

Это сравнение приведено в табл. 4, где после номера вспыхивающей звезды по каталогу [6], даются абсолютные визуальные звездные величины, определенные по спектральным индексам — $M_v (Sp)$ и по модулю расстояния — $M_v (r)$ скопления Плеяды, а также их разность ΔM_v .

У двух вспыхивающих звезд — ВЗП 169 и 377 разность ΔM_v превышает 2.5 звездных величин. У третьей вспыхивающей звезды — ВЗП 435 разность ΔM_v равна 2.3. Эти вспыхивающие звезды могут рассматриваться как звезды, не принадлежащие скоплению Плеяды. Для остальных вспыхивающих звезд ΔM_v значительно меньше, чаще меньше 1.0^m .

ВЗП 377, единственная М-звезда, абсолютно самая слабая звезда среди 24 исследованных. Согласно работе Хербига [19] является членом более близкого скопления Гиады. Имеет 132 вспышки.

ВЗП 169, спектральный класс К1, одна из двух абсолютно самых ярких вспыхивающих звезд в нашей выборке. Вероятность ее принадлежности к скоплению Плеяды, по определению Стауффера и др. [20] равна нулю. Имела 12 вспышек.

ВЗП 435, спектральный класс К1, тоже одна из абсолютно самых ярких вспыхивающих звезд нашего списка, вероятность ее принадлежности к скоплению равна 0.83 [20]. Имела 10 вспышек.

Вполне вероятно, что эти 3 вспыхивающие звезды не принадлежат к скоплению Плеяды.

Очевидно, что даже если наши определения абсолютных звездных величин вполне корректны, они содержат в себе неопределенность (из-за физической ширины, т.е. разброса яркости звезд) главной последовательности, равной 1–2 звездных величин. Это дает нам основание считать, что остальные 21 вспыхивающие звезды, исследованные нами, по-видимому, являются членами скопления Плеяды.

Это подтверждает наш прежний вывод о том, что вспышечная активность звезды является надежным критерием ее принадлежности к скоплению [21].

7. Заключение. Для 24 вспыхивающих звезд области скопления Плеяды приведены определения спектрального класса и светимостей. Они находятся в общем согласии с более ранними определениями. Из 24 исследованных вспыхивающих звезд только три звезды ВЗП 377, ВЗП 169 и ВЗП 435, по-видимому, не являются членами скопления. Этот результат находится в согласии с тем, что вспышечная активность звезды может быть рассмотрена как надежный критерий ее принадлежности к близлежащему скоплению.

Бюраканская астрофизическая обсерватория,
Армения

SPECTRAL OBSERVATIONS OF RED DWARFS II. NEW OBSERVATIONS OF FLARE STARS IN THE PLEIADES CLUSTER REGION

L.V.Mirzoyan, V.V.Hambarian, A.T.Garibjanian

The spectra of 24 flare stars in the Pleiades cluster region, obtained with 2.6-m telescope of the Byurakan observatory in 1986–89 are studied. By the spectral indices of molecules of titan oxide and other chemical elements their spectral classes and luminosities (absolute visual magnitudes) are determined. The agreement of the obtained modules of distance of stars with the distance modul of the Pleiades cluster confirm the membership of 21 of them in the cluster. Only 3 of them: FSP 169, FSP 377 and FSP 435 are probably not members of the cluster. This testifies that the flare activity of a star is the reliable criterion of its membership in the nearby stellar system (cluster or association).

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.В.Мирзоян, В.В.Амбарян, А.Т.Гарибджанян, *Астрофизика*, 33, 5, 1990.
2. J.R. Stauffer, *Astron.J.*, 87, 899, 1982.
3. J.R. Stauffer, L.W. Hartmann, *Astrophys.J. Suppl. Ser.*, 61, 531, 1986.
4. Л.В.Мирзоян, Ранние стадии эволюции звезд, АН Армении, Ереван, 1991.
5. J.R. Stauffer, *Astron.J.*, 85, 1341, 1980.
6. G.Haro, E.Chavira, G.Gonzalez, *Bol. Inst. Tonantzintla*, 3, No.1, 3, 1982.
7. J.V.Bares, D.S.Hayes, *IRS Standard Manual*, Kitt Peak National Observatory, 1984.
8. Т.Ю.Мазакян, С.В.Зарацян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 55, 80, 1984.
9. M.F.McCarthy, P.J.Treanor, *Ricerche Astron. Specola Vaticana*, 6, 535, 1964.
10. R.P.Kraft, J.L.Greenstein, *Low-luminosity Stars*, Proceedings of the Symposium, ed. S.S.Kumar, Gordon and Breach Science Publishers, New York-London-Paris, 1968, p.65.
11. D.R.Soderblom, J.R. Stauffer, J.D.Hudon, B.F.Iones, *Astrophys.J. Suppl. Ser.*, 85, 315, 1993.
12. C.Pritchett, van den Bergh, *Astron.J. Suppl. Ser.*, 34, 101, 1977.
13. А.Афифи, С.Эйзен, *Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ*, М., Мир, 1982, с.354.
14. К.Энслийн, Э.Рэлстон, Г.С.Уилф, *Статистические методы для ЭВМ*, М., Наука, 1986, с.460.
15. G.Jacoby, D.A.Hunter, C.A.Christian, *Astrophys.J. Suppl. Ser.*, 56, 257, 1984.
16. Л.В.Мирзоян, В.В.Амбарян, А.Т.Гарибджанян, А.Л.Мирзоян, *Астрофизика*, 29, 544, 1988.
17. Л.В.Мирзоян, В.В.Амбарян, А.Т.Гарибджанян, А.Л.Мирзоян, *Астрофизика*, 29, 531, 1988.
18. D.L.Grawford, C.L.Perry, *Astron.J.*, 81, 419, 1976.
19. G.H.Herbig, *Astrophys.J.*, 135, 736, 1962.
20. J.Stauffer, A.Klemola, C.Prosser, R.Probst, *Astron.J.*, 101, 980, 1991.
21. Л.В.Мирзоян, В.В.Амбарян, А.Л.Мирзоян, *Астрофизика*, 36, №3, 1993.