

Новые пекулярные звезды, выявленные предобъективной призмой

Цв. Радославова

Введение

Использование предобъективных призм и соответственно низкодисперсных спектров является эффективным методом в современной астрофизике. Его значимость не только в качестве разведывательного метода в спектроскопии, необходимо оценить и его самостоятельную роль в ряде задач. Обозрения звездных систем или избранных областей звездного неба, основанные на данных, получаемых призматическими камерами, позволяют классифицировать звезды до данной предельной величины, а также снабжают материалом для исследования межзвездного поглощения, пространственного распределения звезд, функции светимости и др. В своей совокупности все эти данные уточняют картину структуры нашей Галактики. При спектральных обозрениях в ходе работы обнаруживают ряд новых и интересных объектов: пекулярные и металлические звезды, звезды со составными спектрами, объекты с низким содержанием металлов и т. п.

Наблюдательный материал

Настоящая работа выполнена на основе наблюдательного материала, полученного на 70-см менисковом телескопе Абастуманской астрофизической обсерватории, оснащенной 8° предобъективной призмой. Рабочее поле зрения $4^\circ 50'$ фотографируется на пластинках размером 18×18 см. Обратная дисперсия спектрограмм составляет $166 \text{ \AA}/\text{mm}$ при $H\gamma$. Хорошая прозрачность предобъективной призмы, изготовленной из легкого флинта, и ультрафиолетовые мениск и полеисправляющая линза делают возможными исследования спектра до 3500 \AA .

Предобъективная призма Абастуманской обсерватории применяется в основном для классификационных работ, в целях которых Х а р а д з е, Е. К., Р. А. Б а р т а я (1960) разработана система двумерной МК-спек-

тральной классификации звезд до 11—11,5 фотографической звездной величины. Одновременно, на основе подходяще выбранных критериев выделяются звезды с аномалиями в спектре (K h a r a d z e, E., R. B a r t a y a, 1973; Б а р т а я, 1977).

Наши спектры засняты на фотоэмульсии Kodak Па-О и Kodak 103а-О, расширены до 0,4 μm , с временем экспозиции 20—30 min. Наблюдательный материал охватывает 38 пластинок в областях неба с центрами в ассоциациях Лебедь OB4, Цефей—Ящерица OB1 и Кассиопея OB9, каждая из них площадью около 70 кв. градусов.

Результаты

В процессе спектральной классификации около 11 000 звезд на наших пластинках были выявлены 90 пекулярных объектов: 48 Ар-звезд, 32 Ам-звезды и 10 звезд со составными спектрами (табл. 1). В этом числе фигурируют только звезды, при которых линии пекулярных элементов наблюдаются не менее, чем на двух, а чаще на трех и более пластинках.

Другие объекты, числом 61, у которых пекулярность выявлена только на одной пластинке, приведены в табл. 2, как заподозренные в пекулярности. Среди них 32 Ар-звезды, 23 Ам-звезды, 2 звезды со составными спектрами и 4 бариевые звезды.

В первом столбце таблиц — порядковый номер звезды в списке; во втором приведены их HD- или BD-номера, или же приблизительные экваториальные координаты в эпохе BD-атласа (1855). В третьем столбце приводятся видимые звездные величины из BD-каталога; следует спектральный класс по нашим определениям. В пятом столбце табл. 1 отмечено число пластинок, на которых звезда выявлена как пекулярная. На последнем месте указаны особенности в спектре, в частности длины волн пекулярных линий.

Из звезд в табл. 1 десять фигурируют в каталоге Ар-звезд Берто и Флоке (Bertrand, Ch., M. Floquet, 1974), шесть наблюдаются Бартая (1974), одна опубликована в списке Байдельмана и Виктора (Videlman, W., R. Victor, 1966), так что 73 объекта впервые идентифицированы нами как пекулярные.

Нужно подчеркнуть, что приведенная в таблицах спектральная классификация Ар- и Ам-звезд условна и не вполне правомерна (в случае переменности звезды), будучи основанной на отношении интенсивностей линии К-ионизованного кальция и соседней H+He-линии. Все-таки любопытно отметить совпадение спектральных классов десяти звезд, общих с Берто и Флоке. Все они — Ар-звезды.

Из звезд, общих с Бартая, одна А+С, одна Ар, четыре Ам. В опубликованном списке Бартая (1974) фигурирует еще одна звезда, общая с нами, которая, однако, на наших пластинках не выявляется как пекулярная.

Обсуждение некоторых особенностей в спектрах наблюдаемых звезд

1. Звезды Ар

Существование этой группы звезд, известных еще под именем „магнитных“, было установлено Морганом (Morgan, W. 1933). Ар-звезды характеризуются усиленными линиями некоторых элементов в своих спектрах по сравнению

Таблица 1

Список пекулярных звезд

№	HD (DM) No	$m_V^*(DM)$	Sp	n	Примечания
1	2	3	4	5	6
1	33°4228	9,2	A5m:	4	
2	34°4240	9,5	A5m	3	
3	34°4270	9,0	A7m	3	
4	21h07m; 33°37'		A5m	6	
5	33°4263	9,2	A2m	4	
6	34°4429	9,3	A5m	4	
7	34°4216	9,1	A+G	3	A0+G
8	199970	8,4	B8p	3	4128, 4077
9	200467	8,5	A4m	3	
10	21h26m; 35°20'		A0p	4	4128, 4077
11	35°4313	9,5	A3m	3	
12	20h54m; 36°10'		A0p:	3	4128
13	36°4400	9,5	A+F:	3	A1+F
14	35°4488	9,3	A2p	4	4128, 4077
15	36°4535	9,5	A5p	4	4128, 4173
16	37°4152	9,2	F0p	4	4128, 4077
17*	202655	8,5	A5m	4	
18*	36°4528	9,3	A1m	4	
19	36°4589	9,3	A3p:	3	4128, 4077, 4030
20	20h52m; 38°00'		A5m	3	
21	37°4130	9,0	A1m	3	
22	38°4342	9,5	A2m:	3	
23	201804	8,4	B8p	4	4128
24*	37°4231	8,8	A+G	6	
25	38°4414	9,3	A3m:	6	
26	21h25m; 38°27'		A3p	3	4128, 4077, 4030
27	38°4332	9,2	A7m	3	
28	39°4435	9,3	F0p	3	4128, 4077, 4030
29	39°4448	9,4	B8p	7	4128, 4077
30	38°4494	9,1	A2m	4	4128, 4077, 4030, 4173; m или p?
31	40°4348	8,6	A5m	3	
32	40°4368	8,8	A4m	3	
33	40°4371	9,4	A0p	3	4128
34	40°4388	9,5	A0p:	3	4128
35	40°4409	9,3	A3p	3	p или m?
36	21h09m; 39°44'		B9p:	6	4128, 4077
37	40°4381	9,1	A2m:	3	
38	40°4475	9,4	A2m	3	m или p?
39	49°3739	9,4	B8p	2	4128
40*	208525	8,7	A0p	2	4128, 4077
41	50°3528	9,0	A7m:	2	
42	50°3677	9,2	B9p	2	4128
43	50°3683	9,2	A7m	2	
44*	50°3712	8,6	B9p	2	4128
45	50°3539	9,4	F0p	2	4128, 4077
46	22h02m; 51°20'		A7m:	4	
47	50°3654	9,5	A7m	4	
48*	51°3356	9,1	B9p	2	4128, 4173
49	51°3399	9,2	A7m:	2	
50*	208340	8,5	B8p	2	4128, 4077
51	22h03m; 52°15'		A1p:	4	4128, 4077
52	52°3124	9,4	A0p	4	4128
53*	52°3127	9,4	B8p	4	4128
54	51°3311	8,8	A4m:	4	
55*	209308	9,0	B9p	4	4128
56	212094	8,3	A+G	2	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
57	22h18m; 53°32'		B9p	2	4128, 4077
58	53°2867	9,2	B9p	2	4128
59	22h16m; 55°25'		F0p	4	4128, 4077, 4173
60	56°2684	9,4	A5m	3	
61	56°2745	9,4	A7m	4	
62*	57°2460	9,2	B9p	2	4128, 4077
63	56°2720	9,0	B9p	4	4128
64	56°2809	9,5	B8p	2	4128
65	221088	9,0	B9p	3	4128, 4077 и др.
66	222186	8,5	A5m	5	
67	23h39m; 54°22'		A2p	2	4128, 4077
68	54°2962	9,5	A+G:	3	
69	23h21m; 55°05'		A0p	3	4128, 4077
70	23h23m; 55°33'		A3p	5	4128, 4173, 4030
71	23h46m; 55°54'		A+F:	3	
72	55°3046	9,2	B9p:	3	4128, 4077
73*	219855	8,0	A0p	2	4128
74*	57°2817	9,2	B8p	3	4128, 4173
75*	57°2831	8,7	A5m	2	
76*	56°3124	9,5	A7m	2	
77	57°2716	9,4	A4p	3	4128
78*	222853	8,1	B9p	4	4128, 4077
79	58°2576	9,0	A+G	4	
80	23h16m; 59°17'		B8p	4	4128
81	58°2600	9,5	B8p	6	4128
82	59°2700	9,0	A+G	3	
83	60°2551	9,4	B9p	6	4128, 4077
84	23h26m; 60°22'		B8p	6	4128, 4077
85	23h11m; 60°32'		A3m:	2	
86*	61°2436	9,3	B9p	2	4128
87	61°2461	9,5	A+G:	4	
88	23h31m; 61°28'		A+F:	4	A5+F
89*	61°2565	9,4	F0p	2	4128, 4077 и др.
90	61°2430	8,6	B9p	2	4128, 4077

* Звезды, пекулярность которых выявлена другими авторами:

- 17 A5m (Бартая, 1974)
- 18 A2m (Бартая, 1974)
- 24 A+G (Бартая, 1974)
- 40 Sr (Bertaud, Floquet, 1974)
- 44 Si (Bidelman, Victor, 1966)
- 48 B9 Si Cr (Bertaud, Floquet, 1974)
- 50 B9p Cr Eu; Si Cr Sr (Bertaud, Floquet, 1974)
- 53 Cr Eu? (Bertaud, Floquet, 1974)
- 55 B9p Si 4200 (Bertaud, Floquet, 1974)
- 62 Cr Eu? Si Cr Sr Eu (Bertaud, Floquet, 1974)
- 73 B9p Si? Cr (Bertaud, Floquet, 1974)
- 74 B9p (Бартая, 1974)
- 75 A1m (Бартая, 1974)
- 77 A3m (Бартая, 1974)
- 78 A2p Sr Cr Si (Bertaud, Floquet, 1974)
- 86 B9p (Bertaud, Floquet, 1974)
- 89 FOVp Sr Eu Cr (Bertaud, Floquet, 1974)

Таблица 2

Список звезд, заподозренных в пекулярности на основании одного спектра

№	HD (DM) No	$m_V^*(DM)$	Sp	Примечание
1	2	3	4	5
1	33°4115	9,5	A7m	4128, 4077; p?
2	33°4153	8,9	G8BaII	
3	20h52m; 34°58'		A2p	4128, 4077
4	35°4356	9,5	A0p	4128, 4077
5	200710	8,4	A5m	
6	35°4406	9,5	B8p	4128
7	21h04m; 35°08'		A5p	4128
8	34°4321	9,5	A7m	4128, 4077; p?
9	201911	8,8	A5m	4128, 4030, 4173
10	20h52m; 35°50'		B9p	4128
11	36°4337	9,0	A7m	
12	35°4340	9,4	F0p	4128, 4077
13	36°4364	9,5	A7m	
14	36°4374	9,5	B9p	4128, 4173
15	200371	7,5	G8BaII	
16	21h00m; 36°00'		A7m	p?
17	35°4409	8,9	A3m	
18	36°4436	9,1	A7m	
19	21h05m; 36°28'		A2p	4128
20	35°4422	8,7	A5p	4128
21	200947	8,3	A2p	4128
22	37°4187	9,0	A7m	
23	38°4309	9,1	A+F	
24	38°4331	9,3	A1p	4128
25	38°4339	8,9	A7m	
26	21h17m; 38°15'		A3p	4128
27	200859	9,0	A2p	4128
28	201273	8,4	A1m	
29	21h17m; 39°15'		A5m	
30	40°4406	9,3	A1m	
31	41°4078	9,0	A5p	4128, 4173
32	21h56m; 50°30'		A0p	4128, 4077
33	22h10m; 50°18'		B9p	4128
34	49°3819	9,0	G8BaII	
35	22h06m; 50°38'		B9p	4128
36	50°3635	9,5	B8p	4128, 4077
37	21h49m; 52°15'		A3m	4128; p?
38	52°3076	9,5	A5m	
39	210714	8,5	A5m	
40	22h16m; 52°18'		B9p	4128, 4077, 4030
41	212510	8,5	A4m	
42	21h55m; 52°36'		B+F	B8+F
43	21h58m; 52°51'		A2p	4128, 4077
44	209992	7,2	G8BaII	
45	53°2909	9,5	A7m	
46	53°2747	9,5	B9p	
47	21h53m; 54°15'		B9p	4128, 4077
48	22h10m; 55°30'		B8p	4128
49	55°2725	9,5	A5m	
50	23h17m; 54°10'		B9p	4128
51	23h31m; 54°40'		B9p	4128, 4077
52	23h42m; 55°42'		A0p	4128
53	23h41m; 57°27'		A2p	4128, 4030
54	23h49m; 56°47'		A7m	4128, 4077; p?
55	23h18m; 58°40'		A4m	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
56	59°2671			
57	23h11m; 59°40'	9,5	A7m	
58	23h20m; 60°22'		A1p	4128, 4077
59	23h11m; 60°42'		A1p	4128, 4030, 4173
60	23h43m; 61°08'		A0p	4128
61	23h43m; 61°47'		B8p	4077
			B9p	4128

с нормальными звездами того же спектрального подкласса. Такими являются линии Mn $\lambda\lambda$ 4030-33, λ 4137; Eu λ 4129, λ 4205; Si $\lambda\lambda$ 4128-31, λ 4200; Cr λ 4171; Sr λ 4077, λ 4215; Hg λ 3984. Все они наблюдаются как поодиночке, так и в различных комбинациях, причем ни одна из Ar -звезд не похожа полностью на другую. По этой причине, а также и оттого, что пекулярность проявляется по-разному в зависимости от дисперсии, классификация этих звезд встречает большие трудности. Многие авторы продолжают пользоваться классификационной схемой Моргана; нужно упомянуть и о классификационных схемах, предложенных Яшеками (*J a s c h e k, M., C. J a s c h e k, 1958*), Осава (*O s a w a, K., 1965*), Коули и др. (*C o w l e y, A. et al., 1969*). В последнее время во многих работах принято просто приписывать к спектральному типу Ar -звезды обозначения элементов, линии которых замечены в ее спектре, причем элементы даются в порядке уменьшения интенсивностей линий. Классификация усложняется еще и тем, что большое число этих звезд являются спектрально-переменными.

Кроме визуальной классификации, проводились опыты по количественной характеристике пекулярности спектров, базирующейся на эквивалентной ширине линий пекулярных элементов или на других параметрах.

Остановившись на характеристиках пекулярных звезд на наших пластинках, нужно подчеркнуть, что из-за низкого разрешения спектров не всегда возможно связать наблюдаемые пекулярные линии с определенным элементом. Так, например, линии в участке $\lambda\lambda$ 4128—4131 наблюдаются в виде бленды и мы не в состоянии уточнить, относятся ли они к Eu или к Si . Потому мы и ограничились лишь указанием длин волн наблюдаемых линий. Упомянутая бленда наблюдается на всех наших спектрах Ar -звезд. Часто видны и линии Sr λ 4077, Mn $\lambda\lambda$ 4030—33, Cr λ 4171.

Дисперсия $166 \text{ \AA}/\text{mm}$ оказалась весьма подходящей для обнаружения Ar -звезд. Действительно, на наших спектрах нормальных A -звезд заметны лишь Бальмеровские линии водорода и K -линия ионизованного кальция. Линий металлов не наблюдается, кроме у звезд-сверхгигантов, которые слишком малочисленны. Потому и наличие пекулярной линии — лишь бы она была достаточно сильной, невозможно пропустить — таким образом, пекулярная звезда сразу выявляется.

Нужно упомянуть и о т. наз. горячих пекулярных звездах — звездах Vr , спектрального класса до $B5$, характеризующихся слабыми линиями гелия в спектре. К сожалению, такие звезды невозможно выделять на наших пластинках, поскольку гелиевые линии очень слабы, а при звездах $B8$ совсем незаметны: по этой причине Vr -звезда спектрального класса $B5$ будет похожей на нормальную звезду $B8$, и мы пропустим ее как пекулярную.

2. Особенности в спектрах Am-звезд. Альтернатива Ar—Am

Металлическими звездами, по классической дефиниции (Roman, N. et al., 1947), являются такие звезды, спектральные классы которых, определенные по К-линии, H-линиям и по линиям металлов, не совпадают, причем самый ранний класс представляется по К-линии, самый поздний — по линиям металлов.

Вопрос о классификации Am-звезд сталкивается с трудностями такого же характера, как и при Ar-звездах. Классическая дефиниция Am-звезд как-будто наиболее удобна, потому что, следуя ей, можно выделять эти звезды при довольно низких дисперсиях. Интересна идея Конти (Conti, P., 1970) об „Am-явлении“, под которым он подразумевает „явное наличие дефицита Ca (и/или Sc) и/или явный эксцесс элементов группы Fe и тяжелее“. Довольно конвенциональным является предложение Яшеков (Jaschek, M., S. Jaschek, 1974) об обособлении Am-звезд в три группы: Am; „умеренные“ Am и AmI (похожие на Am), соразмерно дисперсии, при которой они могут быть обнаружены.

Наблюдаемые нами Am-звезды относятся к спектральному участку A1-A7 (определение по К-линии). На наших спектрах они отличаются резкостью водородных линий, но основным признаком является наличие линии SrII $\lambda 4077$. Она специфична и при сверхгигантах, но лишь после спектрального класса A5. Так что если звезда до A5 и в ее спектре наблюдается $\lambda 4077$, можно утверждать, что это Am-звезда. С другой стороны, если звезда около спектрального класса A2-3 и в ней наблюдается большое число металлических линий, трудно сказать, является ли это Am- или Ar-звездой. По-видимому, это затруднение нельзя отнести единственно за счет низкой дисперсии. Осава (Osawa K., 1965) в своем исследовании 244 Ar-звезд при дисперсии 60 Å/mm отмечает, что некоторые из этих звезд, классифицированные как Ar в каталоге Берто, в действительности Am-звезды. Кажется, что Ar- и Am-звезды можно интерпретировать как представители одной и той же группы, известные характеристики членов которой усиливаются с „чистых“ Ar по „чистые“ Am, причем посередине этой последовательности находятся звезды со свойствами, переходными между Ar и Am (Jaschek, M., S. Jaschek, 1974). Подобные теории связывают Ar- и Am-звезды в единую эволюционную схему, касающуюся как их происхождения, так и возраста.

При нашей классификации мы тоже столкнулись с известным числом звезд, для которых затруднились в альтернативе Ar—Am, так что можно ожидать, что некоторые звезды, классифицированные нами как Ar, окажутся Am, или наоборот. Но цель нашей работы — выявление этих звезд, а не их исследование; остается надеяться, что их будущее изучение на щелевых спектрографах уточнит их природу. Это относится, в частности, к звездам с сильной линией SrII $\lambda 4077$. Известно, что Ar-стронциевые звезды поздние, около FO; с другой стороны, $\lambda 4077$ близко к FO не проявляет эффекта абсолютной величины; так что звезда не может быть сверхгигантом. Если одновременно наблюдается и бленда $\lambda\lambda 4128-4131$, то можно быть уверенным, что звезда является Ar, в частности FOr. На наших спектрах пять таких звезд; они очень своеобразно выделяются тем, что линий металлов почти не заметно, кроме расположенных с обеих сторон H₈ линий $\lambda 4077$ и $\lambda\lambda 4128-4131$, очень сильных, интенсивностью 1:3 или даже 1:2 по отношению к H₈. Одна из этих пяти звезд отмечена именно как FOr в каталоге Берто.

Звезды типа FOr впервые выявлены нами на абастуманских пластинках.

3. Звезды со составными спектрами

Таких звезд фигурирует 10 в табл. 1: три A+F и семь A+G; в табл. 2 отмечена одна звезда B+F и одна A+F. Как видно из обозначений, на спектрах наблюдаются характеристики звезды спектрального типа A (или B) одновременно с характеристиками F- или же G-звезды. При A+F-звездах К-линия слабее H+H₂, но рядом с H_γ видна G-полоса; при A+G, кроме G-полосы, заметна λ 4325, а иногда и другие линии металлов.

4. Бариевые звезды

Бариевые звезды (Bidelman, W., Ph. Keenan, 1951) относятся к спектральному классу G8-K0, классу светимости III и ведут свое название от линии λ4554 BaII, которая в них усилена. У нас эта линия не видна из-за низкой дисперсии в этом участке спектра, зато сильно выделяются линии Sr II λ4215 и λ4077, которые отличаются повышенной интенсивностью в бариевых звездах. Характерны соотношения интенсивностей

$$\begin{aligned} \lambda 4215 (\text{Sr II}) &\cong \lambda 4226 (\text{CaI}), \\ \lambda 4077 (\text{SrII}) &\gg \lambda 4063 (\text{FeI}). \end{aligned}$$

G-полоса тоже усилена. В табл. 2 фигурируют четыре бариевые звезды

В заключение, считаю своей приятной обязанностью выразить благодарность Бартаю Р. А. за ценную помощь и внимание при выполнении настоящей работы.

Л и т е р а т у р а

1. Бартая, Р. А. 1974. АЦ, **845**, 3.
2. Бартая, Р. А. 1977. Бюлл. Абаст. обс., **49**.
3. Харадзе, Е. К., Р. А. Бартая. 1960. Бюлл. Абаст. обс., **25**, 139.
4. Bertaud, Ch., M. Floquet. 1974. Astron. Astrophys. Suppl., **16**, 71.
5. Bidelman, W. P., R. C. Victor. 1966. Publ. Astron. Soc. Pac., **78**, 550.
6. Bidelman, W. P., Ph. Keenan. 1951. Ap. J., **114**, 473.
7. Conti, P. S. 1970. Publ. Astron. Soc. Pac., **82**, 781.
8. Cowley, A. P., Ch. R. Cowley, M. Jaschek, C. Jaschek. 1969. Astron. J., **74**, 375.
9. Jaschek, M., C. Jaschek. 1958. Z. f. A., **45**, 35.
10. Jaschek, M., C. Jaschek. 1974. Vistas in Astron., **16**, 131.
11. Kharadze, E. K., R. A. Bartaya. 1973. IAU Symp., **50**, 91.
12. Morgan, W. W. 1933. Ap. J., **77**, 330.
13. Osawa, K. 1965. Annals Tokyo Astr. Obs., II ser., **IX**, No 3.
14. Roman, N. G., W. W. Morgan, O. J. Eggen. 1947. Ap. J., **107**, 107.

New peculiar stars identified on objective-prism plates

Tz. Radoslavova

(S u m m a r y)

A list of 90 peculiar stars: 48 Ap, 32 Am and 10 with composite spectra (Table 1), revealed on more than one plate and another one of 61 stars suspected in peculiarity on the basis of a single spectrum (Table 2) are presented. The stars (9-10 stellar magnitude) are recognized as peculiar in the course of spectral classification work in the regions of the OB-associations Cyg OB4, Cep-Lac OB1 and Cas OB9. The spectra are taken on the 70 cm meniscus telescope of the Abastumani Astrophysical Observatory (USSR), supplied with an 8° objective prism of dispersion 166 Å/mm at H_γ . The characteristics in the spectra of the different types of peculiar stars are discussed.

*Самостоятельный сектор астрономии
с Национальной астрономической об-
серваторией Болгарской академии
наук*

Поступила 16. III. 1977 г.