

Красные переменные звезды в шаровых скоплениях Галактики

I. Общая характеристика

Р. М. Русев

Red Variable Stars in the Galactic Globular Clusters

I. General characterization

by R. M. Russev

Summary. All available data for periods, average magnitudes in the UBVR_I photometric system, amplitudes, spectral types and the presence of heavy-elements absorption bands in spectra of 43 red variables (RV) in 13 galactic globular clusters are collected (Tables 1, 2 and 3). On the basis of the available data, the characteristics of the three general types of these variables are described: long-periodic (LPM), semiregular (SR) and irregular (I). The dependence between the number of red variables (N_{RV}) and the that of the RR Lyrae stars (N_{RR}) in a given cluster is considered (Fig. 1). The dependence between the N_{RV} number and distance R from the galactic centre (Fig. 2) clearly shows a separation of the clusters in two groups. The diagrams "period v. V amplitude" (Fig. 3), "metallicity [m/H] v. V amplitude" (Fig. 4) and "period v. spectral type" (Fig. 5) are studied.

1. Введение. В шаровых звездных скоплениях, кроме переменных типа RR Лирь, W Девы и RV Тельца встречаются также неправильные, полуправильные и долгопериодические переменные звезды. На диаграмме "цвет - величина" они попадают на красном конце ветви гигантов, поэтому их часто называют просто красными переменными. В очень небольшом количестве в шаровых скоплениях встречаются еще Новые звезды и звезды типа U Близнецов (Кукаркин и Миронов, 1970).

Все сведения о красных переменных в шаровых скоплениях, полученные до 1963 г., собраны в работе Стозерса (1963). Автор приводит полную библиографию работ об открытии переменных в шаровых скоплениях с периодами больше 20 дней, начиная с 1890 по

1963 г.г. Стозерс анализирует все собранные им данные о 105 звезд в 38 скоплениях. Однако он не пришел к убедительным выводам. Впоследствии оказалось, что немало звезд в его списке являются переменными галактического поля, либо звездами имеющими другие периоды (Фист, 1965; Русев, 1972).

К сожалению, за последние 10-15 лет красные переменные звезды не были объектом активного исследования из-за необходимости продолжительных систематических наблюдений. Несмотря на это, за истекшее после работы Стозерса (1963) время, накоплен новый наблюдательный материал, требующий обобщения.

Интерес к красным переменным вызван тем, что - как показал Кукаркин (1968) - относительное количество переменных звезд среди красных гигантов ряда шаровых скоплений в действительности довольно велико. Следовательно, при определенных физических условиях нестационарность красных гигантов является закономерным этапом в их развитии. Именно с эволюционной точки зрения весьма важно иметь уверенные данные о поведении этих звезд на диаграммах, связывающих их основные физические параметры - температура, светимость, амплитуда, период изменения блеска и т.д. Сразу следует отметить, что этот вопрос остается теоретически мало исследованным.

2. Классификация. До сих пор в шаровых скоплениях открыто около 140 красных переменных звезд. По исследованию лучевых скоростей установлено, что около 30 из них несомненно являются членами скоплений. Принадлежность остальных основана на их видимых расстояниях от центра скоплений - геометрический критерий, а также на их положениях на диаграмме "цвет - величина" - фотометрический критерий.

В настоящее время сведения о спектрах красных переменных весьма недостаточны. После работы Джойя (1949) опубликовано только несколько работ по исследованию спектров этих звезд (см., например, Фист и др., 1960; Диккенс, 1972; Русев и Колотилов, 1974).

Для около 50 звезд из известных сейчас красных переменных имеются более или менее уверенные данные о характеристиках их кривых блеска. Что касается остальных, для них получены неполные

ряды наблюдений, а в ряде случаев есть только отрывочные определения величин в различных фотометрических системах.

Кривые блеска красных переменных в шаровых скоплениях в общем не являются повторяющимися как в случае, например, классических цефеид. Тем не менее, при наличии достаточно длинного ряда наблюдений, довольно уверенно можно определить период и тип переменности рассматриваемой звезды.

На основе известных сейчас данных о кривых блеска и спектров (см. табл. 2 и далее) как первое приближение можно принять следующую классификацию основных типов переменности красных звезд-гигантов, встречающихся в шаровых скоплениях:

LPM - долгопериодические красные переменные звезды (подобные звездам типа Мира Кита галактического поля), спектрального класса M с периодами больше 190 дней (и по видимому не больше примерно 310 дней) и амплитудами от $2^m, 5$ до около $5^m, 5$. Как правило, в спектрах этих звезд наблюдаются полосы поглощения окиси титана (TiO), а также линии бальмеровской серии в эмиссии, хотя бы в некоторых из фаз.

До сих пор открыто около 14 звезд этого типа (Фист, 1973 - Table II; Эндрюс и др., 1974), для 10 из которых установлено по лучевым скоростям, что они являются членами шаровых скоплений, богатых металлами ($+0,09 > [m/H] > -0,83$).

SR - полуправильные красные переменные спектральных классов $G - K - M$, показывающие заметную периодичность, редко нарушаемую различными неправильностями в изменении блеска. Периоды изменения блеска от 60 до 190 дней и с амплитудами от $0^m, 2$ до около $2^m, 5$. Обычно в их спектрах не наблюдается полос поглощения тяжелых элементов или эмиссионных линий.

Сравнительно уверенно к этому типу отнесены около 20 звезд. Кроме того, к этому классу причисляются также четыре звезды ($V 42$ в ωCen , $V 95$ в $M 3$, $V 5$ и $V 8$ в $NGC 6556$ - Фист, 1973), весьма подобные желтым полуправильным типа SRd галактического поля. В спектрах этих звезд в минимуме блеска наблюдаются полосы поглощения окиси титана, а в минимуме - эмиссия линий бальмеровской серии.

I - неправильные переменные спектральных классов $G - K - M$, обладающие слабо выраженной периодичностью. Средние периоды изменения блеска от 30 до около 75 дней, амплитуды - от $0^m; 2$ до около 1^m . Как правило в спектрах I-звезд не наблюдаются полос поглощения тяжелых элементов или эмиссионных линий.

Более или менее уверенно к этому типу сейчас отнесены около 20 звезд.

3. *Встречаемость красных переменных звезд.* До настоящего времени красные переменные звезды обнаружены в 33 из 129 шаровых скоплений нашей Галактики. Список этих скоплений приводится в таблице 1. Во втором и третьем столбцах таблицы даны соответственно расстояния скоплений (R в кпс при $R_{\odot} = 10$ кпс) от центра Галактики и содержание металлов $[m/H]$ в атмосферах их звезд по каталогу Кукаркина (1974). В следующих столбцах приведены количество открытых до сих пор красных переменных (N_{RV}) в каждом скоплении, количество классифицированных звезд как LPM , SR или I переменных и количество звезд типа RR Лиры (N_{RR}) по каталогу Сойер-Хогг (1973). Здесь и далее неуверенные значения отмечены двуточием.

Известно, что красные переменные избегают скоплений с наиболее низким содержанием металлов, тогда как звезды типа RR Лиры, наоборот, практически не встречаются в скоплениях с высоким содержанием металлов (Кукаркин, 1972). Не трудно убедиться в этом, имея ввиду данные таблицы 1. Условно будем считать, что скопления с $[m/H] < -1$ имеют низкое содержание металлов, а скопления с $[m/H] > -1$ - высокое содержание металлов. Скопления первой группы (19) в среднем имеют по 3 красных переменных, тогда как скопления второй группы (14) имеют в среднем в два раза больше таких звезд - около 6. Наоборот, для звезд типа RR Лиры средняя численность соответственно 36 и 5 звезд. Сравнения численности красных переменных звезд и звезд типа RR Лиры в каждом скоплении приведено на рис. 1. За исключением скопления ω Cep, наблюдается обратная зависимость численности красных переменных и звезд типа RR Лиры.

Таблица 1

<i>NGC</i>	<i>Имя</i>	<i>R</i>	<i>[m/H]</i>	<i>N_{RV}</i>	<i>N_{LPM}</i>	<i>N_{SR}</i>	<i>N_I</i>	<i>N_{RR}</i>		
104	47 Tuc	9,1	- 0,52	26	3	2	7	2		
288		12,5	- 1,37	1:				-		
362		10,2	- 0,98	1				7		
1904	M 79	18,1	- 1,46	1:	1	1	3:	3		
2419		70,0	- 1,48	3				-		
3201	Pal 4	10,4	- 1,36	1:				84		
4833		8,4	- 1,67	2				-		
5024		18,0	- 1,75	2				6		
5139	ω Cen	8,0	- 1,55	16	2	9	142	33		
5272	M 3	12,4	- 1,44	3				3	182	
5897	M 107	6,3	- 1,85	1	1		1	6		
5927		5,9	+ 0,09	9				-		
5986		4,5	- 1,39	1:				-		
6121		8,1	- 1,11	2				1	1	40
6171		5,6	- 0,80	1				-	22	
6205		M 13	9,5	- 1,53				3	-	3
6352	M 26	6,6	- 0,11	1	3			-		
6356		3,1	- 0,21	7				-		
6388		4,8	- 0,10	9				3	-	
6553		6,7	- 0,22	11				1	3	
6569	M 69	3,2:	- 0,81	1:	2			1		
6626		4,4	- 0,90	1				7		
6637		4,0	- 0,18	7				-		
6656	M 22	7,3	- 1,68	3	1	2	2	18		
6712	M 54	5,5	- 0,83	6				2	10	
6715		5,1	- 1,17	4				4:	34	
6723		3,3	- 0,79	2	2	19				
6752	M 56	7,1	- 1,52	1	5:	1:	1:	-		
6779		9,9	- 1,77	7				-		
6838	M 71	8,7	- 0,36	2	1:	1:	-			
6981	M 72	11,2	- 1,38	1:	2			28		
7006		31,3	- 1,50	2				57		

Численность красных переменных звезд в данном скоплении в зависимости от расстояния от центра Галактики показана на рис. 2. Сразу видно, что существуют две группы скоплений. Для первой численность красных переменных нарастает с увеличением расстояния от галактического центра, тогда как для второй, включающей более далекие скопления, численность звезд не превышает 3 (исключением является только *M 56*). Следует отметить, что металличность скоплений первой группы в среднем значительно больше ($\overline{[m/H]} \approx -0,6$), чем металличность второй группы ($\overline{[m/H]} \approx -1,4$).

Как на первом, так и на втором рисунке опущены скопления, в которых обнаружено только одна красная переменная и ни одной звезды типа *RR* Лиры. Это скопления *NGC 288, 5986, 6352* и *6752*, которые в общем плохо изучены в отношении переменных звезд.

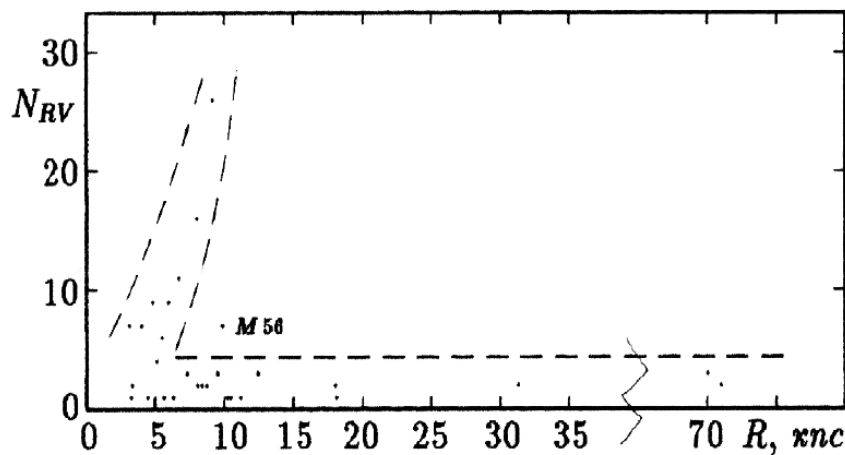


Рис. 2. Численность красных переменных в шаровых скоплениях в зависимости от расстояния от галактического центра.

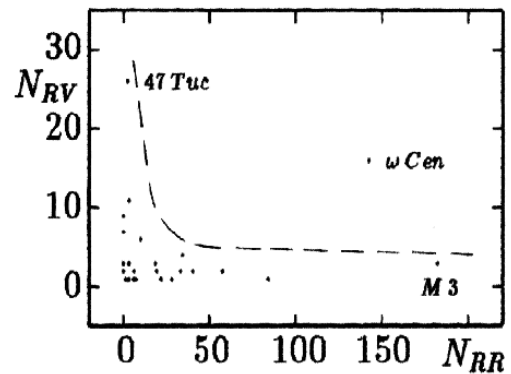


Рис. 1. Сравнение численности красных переменных звезд и звезд типа *RR* Лиры в шаровых скоплениях Галактики.

4. *Фотометрический материал.* За последние годы на кафедре астрономии софийского университета мы начали составлять каталог всех известных красных переменных в шаровых скоплениях, охватывающий все доступные нами наблюдения. Данные в системе $UBVRI$ о 43 красных переменных 13 скоплений получены в результате критического рассмотрения имеющегося материала и приведены в таблице 2. В столбцах таблицы даны последовательно: обозначения скоплений по NGC ; номер переменных по каталогу Сойер-Хогг (1973); их периоды в днях; средние величины \bar{V} (средние значения для звезд с большими амплитудами среднее по интенсивности); средние цвета $\bar{B} - \bar{V}$ и $\bar{U} - \bar{B}$ переменных; средние величины $\langle I \rangle$ в системе Джонсона и др. (1951) (чаще всего полученные из не связанных в кривую блеска наблюдений; некоторые из величин I , получены после трансформации из системы Крона и Смита (1951)); цвета $\langle R - I \rangle$ и $\langle B - I \rangle$; амплитуды переменных в системах B и V ; спектральный класс (Sp) переменных; наличия полос поглощения (ПП) тяжелых элементов в спектре; тип переменности; принадлежность переменных (П) к данному скоплению, установленную по лучевым скоростям (V) и в последнем столбце - источник данных.

5. *Диаграмма "период - амплитуда A_V "*, построенная по данным табл. 2, показана на рис. 3. Здесь нанесены 35 звезд с известными периодами и амплитудами (38) в системе V . Показано также распределение звезд по периодам. Заметно, что неправильные переменные (треугольники, здесь и далее заполненные символы означают уверенные данные, а не заполненные - неуверенные) имеют

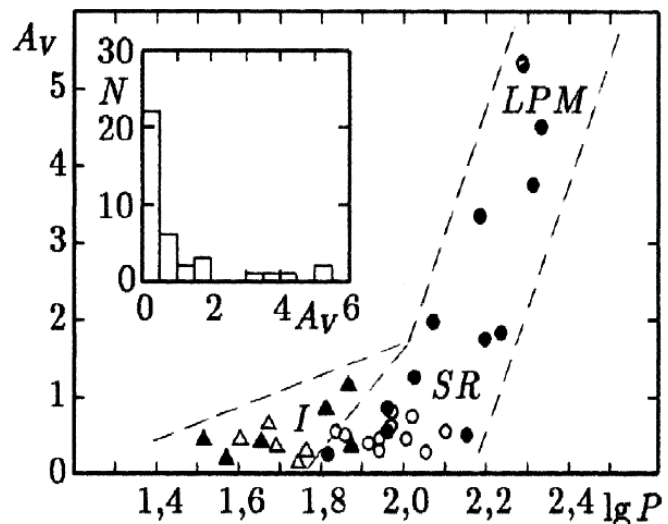


Рис. 3. Диаграмма "период - амплитуда A_V " и распределение A_V .

Таблица 2

NGC	No	P^d	\bar{V}	$\bar{B}-\bar{V}$	$\bar{U}-\bar{B}$	$\langle I \rangle$	$\langle R-I \rangle$	$\langle B-I \rangle$	
104	1	212	11,65	+ 1,31	-	8,8	-	+ 4,1	
	2	203	11,59	1,42	+ 1,0	8,5	-	4,5	
	3	192	11,67	1,43	0,85	9,00	+ 1,35	4,10	
	4	165	11,79	1,43	-	9,80	-	3,42	
	5	45	11,72	1,67	2,0	9,95	0,82	3,44	
	6	47	11,67	1,61	-	9,88	-	3,40	
	7	58	11,78	1,66	2,43	9,72	0,99	3,72	
	8	155	11,86	1,41	-	9,55	-	3,72	
	11	-	12,21	1,61	1,63	9,53	1,22	4,29	
	15	-	11,78	1,66	-	9,78	-	3,66	
	18	49:	11,86	1,66	2,10	9,95	0,84	3,57	
	362	2	90	12,75	1,70	1,60	11,23	0,67	3,22
	5024	49	111,6	14,11	1,34	-	-	-	-
		50	55,4	13,79	1,59	-	-	-	-
	5139	6	73,51	12,80	1,60	1,00	10,45	-	3,95
		17	64,72	13,15	1,70	1,40	10,58	-	4,27
		42	149,4	12,75	1,6:	-	10,25:	-	4,10
		53	32,7	12,0	1,75	1,80	10,58	0,62:	3,17
138		74,6	11,35	1,61	-	10,03	-	2,93	
148		90:	11,60	1,72	-	10,22	-	3,10	
152		124:	11,3	1,8	-	9,95	-	3,15	
161		100:	11,67	1,80	-	10,46	-	3,01	
162		70:	11,75	1,59	1,55	10,49	0,56	2,85	
164		37,2	12,20	1,71	1,89	10,75	0,70	3,16	
170		86:	11,59	1,73	1,73	9,94:	0,7:	3,38	
5272		95	103,19	12,4	1,6	-	-	-	-
		138	80,98	12,7	1,6	-	-	-	-
	225	89,59	12,7	1,5	-	-	-	-	
5897	5	64,5	13,40	1,53	1,45	12,02	0,60	2,91	
6121	4	65:	10,0	1,55	1,45	8,45	0,75	3,10	
	13	40:	10,95	1,75	1,95	9,05	0,80	3,65	
6205	11	91,8	11,73	1,62	-	9,97:	-	3,38	
	15	140,3	12,05	1,50	-	10,58	-	2,97	
6637	4	196	13,1	1,9	-	10,6	-	4,4	
6656	5	92,6	10,8	1,73	1,52	9,01	0,74	3,52	
	8	65:	10,3	1,66	1,45	9,25	0,70	2,71	
	9	87,71	11,25	1,94	2,00	9,35	0,77	3,84	
6712	2	104,6	13,10	1,72	-	10,4	-	4,4	
	7	190,48	13,60	1,82	-	10,7	-	4,7	
	8	116,29	13,25	1,92	-	10,7	-	4,5	
	10	71,2	13,52	2,18	-	10,4	-	5,3	
6723	25	-	12,80	1,84	-	-	-		
7006	19	92,17	15,43	1,69	-	-	-		

1 Арп и др., 1963

2 Гардинг, 1965.

3 Демерс, 1971.

4 Джой, 1949.

5 Ликкенс и др., 1972.

6 Эгген, 1961.

7 Эгген, 1972.

8 Эгген, 1975а.

9 Эгген, 1972б.

10 Каффи, 1965.

11 Каффи, 1966.

12 Кенон и др., 1973.

13 Кэтчпоул и др., 1970.

14 Лойд Иванс и др., 1971.

15 Лойд Иванс и др., 1973.

16 Лойд Иванс, 1974.

17 Мэнзи, 1974.

18 Розино, 1966.

19 Русев, 1971.

20 Русев, 1974а.

Таблица 2 (продолжение)

NGC	No	A_B	A_V	Sp	ПП	Тип	П	Источник	
104	1	4,03	4,45	$M 2 - 4e$	TiO	LPM	V	1,25,27	
	2	2,78	3,70	$M 2 - 5, 2e$	TiO	LPM	V	1,6,25,27	
	3	4,83	5,25	$M 2 - 7, 5e$	TiO	LPM	V	1,7,8,9,25,27	
	4	1,50	1,78	$M 5$	(TiO)	(SR)	-	1,16,25	
	5	0,38	0,46	$M 2, 5$	-	I	V	1,7,8,9,27	
	6	0,6:	0,7:	-	-	I	-	1	
	7	0,39	0,34	$M 2, 5$	-	I	V	1,6,7,8,9,16,27	
	8	1,6	1,7	$M 2 - 3e$	-	(SR)	V	1,16,27	
	11	0,37	0,42	$M 4, 4$	-	(I)	-	8,9,16,25	
	15	0,38	0,40	-	-	I	-	1,16	
	18	0,42	0,40	-	-	(I)	-	8,9,16	
	362	2	0,88	0,8	$K 2 - 4, 5$	-	SR	-	7,25
		49	0,30	0,22	-	-	I(SR)	-	10,11
	5024	50	0,25	0,19	-	-	I(SR)	-	10,11
		6	1,4:	1,20	$M 4 - 5e$	TiO	I	V	5,7,26,28
5139	17	0,4:	0,90	$M 3 - 4$	TiO	I(SR)	V	5,7,25,26,28	
	42	2,4:	3,30	$M 0 - 2, 5$	TiO	SRd	V	5,25,29	
	53	0,55	0,50	$K 0 - 5$	-	I(SR)	V	5,7,25	
	138	1,1:	0,4:	$< K 4, 5$	-	I(SR)	-	5,25,26	
	148	0,9:	0,5:	$< K 4, 5$	(CN)	I(SR)	-	5,25,26	
	152	0,9:	0,5:	$G 8 - K 5$	-	(SR)I	V	5,25	
	161	0,5:	0,4:	-	-	I	-	5	
	162	0,7:	-	$\sim G 2$	-	I	V	5,25	
	164	0,28	0,35	$G 8 - K 5$	(CN)	I	V	5,7,25	
	170	0,25	0,25	-	-	SR(I)	V	2,7,12	
	5272	95	0,7:	0,7	$G 4 - M 2e$	-	SRd	V	4,19,23,29
		138	0,3:	0,3	-	-	I(SR)	-	4,19,23,29
		225	0,3:	0,4	-	-	I(SR)	-	4,19,23,29
	5897	5	0,25	0,2	-	-	I(SR)	-	7,23
	6121	4	0,65	0,50	$G 2 - 8$	-	I(SR)	V	4,7
13		0,6	0,5	$G 3 - K 0$	-	I	V	4,7	
6205	11	0,64	0,50	$G 2 - K 4$	-	SR	V	3,4,20,21,22	
	15	0,41	0,45	-	-	SR	-	3,4,20,21,22	
6637	4	2,9:	-	-	TiO	LPM	V	13,14,15	
6656	5	0,9:	-	$G 0 - K 4e$	-	SRd	V	4,7,22,29	
	8	1,0:	-	$G 2 - 5e$	-	SRd	V	4,7,29	
	9	1,0:	-	$G 2 - 5$	-	(SR)	V	4,7	
6712	2	1,08	1,20	-	-	SR	V	18,23	
	7	4,28	5,28:	Me	-	LPM	V	18,23,28	
	8	1,58	1,92	-	-	(SR)	-	18,23	
	10	0,50	0,45	-	-	(SR)	-	18,23	
6723	25	0,9	0,8	-	-	I	-	27	
7006	19	0,74	0,75	-	-	SR	-	24	

21 Русев, 1974б.

22 Русев и Колотилов, 1974.

23 Сендидж и др., 1966.

24 Сендидж и др., 1967.

25 Уинг, 1973.

26 Вули и др., 1966.

27 Фист и др., 1960.

28 Фист, 1967.

29 Фист, 1973.

Таблица 3

NGC	\bar{A}_B	n
104	1,57	11
362	0,88	1
5024	0,28	2
5139	0,85	11
5272	0,43	3
5897	0,25	1
6121	0,62	2
6205	0,52	2
6637	2,90	1
6656	0,97	3
6712	1,86	4
6723	0,9	1
7006	0,74	1

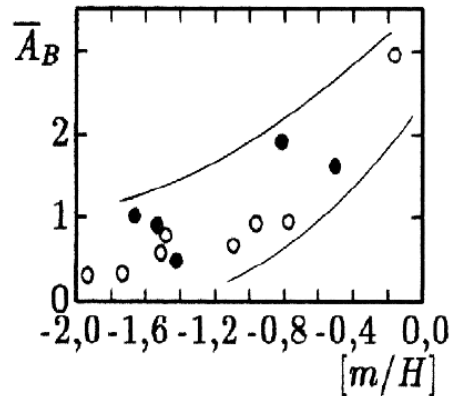


Рис. 4. Диаграмма "металличность - средняя амплитуда A_B ".

периоды больше 30 и меньше 75 дней ($\lg P \lesssim 1,9$), а их амплитуды не больше $1,2$ в системе V . При этом, они заполняют сравнительно беспорядочно указанную на диаграмме область. Звезды SR и LPM с периодами больше 70 дней ($\lg P \gtrsim 1,8$) показывают хорошо выраженную тенденцию нарастания амплитуды с увеличением периода. Подобным образом ведут себя красные переменные на диаграмме "период - амплитуда A_B ".

6. Диаграмма "металличность - амплитуда \bar{A}_B ". В таблице 3 приведены средние значения амплитуды переменности в системе B для 13 скоплений (n - число переменных, использованных для определения средней амплитуды). На рис. 4 построена диаграмма "содержание металлов в атмосферах звезд скоплений $[m/H]$ (из табл. 1) - средняя амплитуда A_B ". Здесь заполненные кружки относятся к скоплениям с $n \geq 3$. Из этой диаграммы следует, что между увеличением амплитуды и нарастанием металличности соществует хорошая корреляция.

7. Диаграмма "период - спектральный класс", построенная по данным табл. 2, показана на рис. 5. Штриховыми линиями отделены на диаграмме области, занимаемые неправильным, а также *SR* и *LPM* звездами. К сожалению, как уже отмечалось, спектры красных переменных исследованы весьма недостаточно. Поэтому диаграмма на рис. 5 имеет более или менее иллюстративный характер по отношению к описанной выше классификации красных переменных по типам.

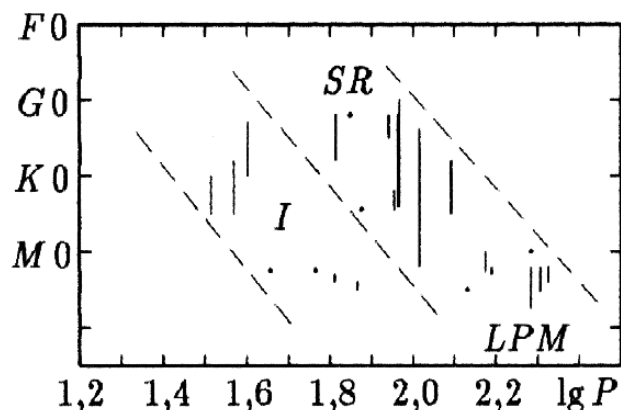


Рис. 5. Диаграмма "период - спектр".

Собравшие нами данные о красных переменных в шаровых скоплениях (табл. 2) является основой для получения их абсолютных величин, нормальных цветов и соответствующих им физических параметров - температура, светимость т.д. - что будет сделано в следующей работе. Поэтому здесь мы воздерживаемся более детального обсуждения собранного материала и показанных на диаграммах корреляций.

Автор выражает свою благодарность проф. Б. В. Кукаркину за постоянное внимание к настоящей работе и ценные советы, а также А. Я. Стефанову, принявший участие в составлении каталога красных переменных в шаровых скоплениях.

Л и т е р а т у р а:

- Арп и др., 1963 - Arp H., Brueckel F. and Lourens J.v.B., *ApJ*, **137**, 228.
 Вули и др., 1966 - Woolley R., et. al., *R. O. Ann.*, No 2.
 Гардинг, 1965 - Harding G. A., *ROB*, No 99.

- Демерс, 1971 - Demers S., AJ, **76**, 445.
 Джонсон и др., 1966 - Johnson H. L., et al., Comm. of Lun. and Pl. Lab., Univ. Arizona, No 63.
 Лжой, 1949 - Joy A. H., ApJ, **110**, 105.
 Диккенс и др., 1972 - Dickens R. J., Feast M. W. and Lloyd Evans T., MNRAS, **159**, 337.
 Каффи, 1965 - Caffey J., AJ, **70**, 732.
 Каффи, 1966 - Caffey J., AJ, **71**, 514.
 Крон и др., 1951 - Kron G. E. and Smith J. L., ApJ, **113**, 324.
 Кукаркин Б. В., 1968, Проблемы звездной эволюции и переменные звезды, Изд. "Наука", 120.
 Кукаркин Б. В., Миронов А. В., 1970, АЖ, **47**, 1211.
 Кукаркин Б. В., 1972, ПЗ, **18**, 401.
 Кукаркин Б. В., 1974, Шаровые звездные скопления, Общий каталог, Изд. "Наука".
 Канон и др., 1973 - Cannon R. D. and Stobie R. S., MNRAS, **162**, 207.
 Кэтчпоул и др., 1970 - Catchpole R. M., Feast M. W. and Menzies J. W., Obs., **90**, 73.
 Лойд Иванс и др., 1971 - Lloyd Evans T. and Menzies J. W., Obs. **91**, 35.
 Лойд Иванс и др., 1973 - Lloyd Evans T. and Menzies J. W., Proceed. IAU Coll. 21, p. 151.
 Лойд Иванс, 1974 - Lloyd Evans T., MNRAS, **167**, 393.
 Мэнзи, 1974 - Menzies J., MNRAS, **168**, 177.
 Розино, 1966 - Rosino L., ApJ, **144**, 903.
 Русев Р. М., 1971, ПЗ, **18**, 171.
 Русев Р. М., 1972, Кандидатская диссертация, ГАИШ, Москва.
 Русев Р. М., 1974а, ПЗ, **19**, 181.
 Русев Р. М., 1974б, АЖ, **51**, 122.
 Русев Р. М., Колотилов Е. А., 1974, АИ, No 841, 2.
 Сендидж и др., 1966 - Sandage A., Smith L. and Norton R., ApJ, **144**, 894.
 Сендидж и др., 1967 - Sandage A. and Wildey R., ApJ, **150**, 469.
 Соьер-Хогг, 1973 - Sawyer Hogg H., Publ. DDO, **3**, No 6.
 Стозерс, 1963 - Stothers R., AJ, **68**, 242.
 Уинг, 1973 - Wing R. F., Proceed. IAU Coll. 21, p. 164.
 Фист и др., 1960 - Feast M. W. and Thackeray A. D., MNRAS, **120**, 463.
 Фист, 1965 - Feast M. W., Obs., **85**, 16.
 Фист, 1967 - Feast M. W., Obs., **87**, 35.
 Фист, 1973 - Feast M. W., Proceed. IAU Coll. 21, p. 131.
 Эгген, 1961 - Eggen O. J., ROB, No 29, E73.
 Эгген, 1972 - Eggen O. J., ApJ, **172**, 639.
 Эгген, 1975а - Eggen O. J., ApJ, **195**, 661.
 Эгген, 1975б - Eggen O. J., ApJ Supp., No 267, **29**, 77.
 Эндриус и др., 1974 - Andrews P. J., Feast M. W., Lloyd Evans T. and Menzies J. W., Obs., **94**, 133.

Софийский университет
 им. Климента Охридского

Поступила в редакцию
 14 декабря 1982 г.