

Переменные звезды в шаровом скоплении M13.

III. Короткопериодические переменные

Т.С. Русева, Р.М. Русев

Приводятся новые результаты исследования семи переменных звезд шарового скопления M13. Улучшены периоды и построены кривые блеска звезд типа RR Лиры (V5, V7, V8, V9) и звезд типа W Девы (V1, V2, V6). Изучено изменение периодов этих звезд на основе всех опубликованных до настоящего времени наблюдений. Построены зависимости период–светимость, период–амплитуда и период–цвет. Рассмотрено положение переменных в полосе неустойчивости. Определены пульсационные массы и радиусы V1 и V6.

Variable Stars in the Globular Cluster M13.

III. Shortperiodic Variables

by T.S. Russeva and R.M. Russev

The new results of photographic observations are given for seven variable stars in globular cluster M13. More accurate data for the elements of the light curves in photometric B system are obtained for W Virginis type stars V1, V2, V6 and for RR Lyrae type stars V5, V7, V8, V9. The period changing of the stars is studied on the basis of the total published observational material. The period-luminosity, period-amplitude and period-colour relations are constructed. The position of the variables in the instability strip is shown and the pulsational masses and radii of V1 and V6 are determined.

ВВЕДЕНИЕ. Первые переменные звезды в шаровом скоплении M13 = NGC 6205 были открыты Бейли в 1898 г. С конца прошлого столетия до настоящего времени проведены весьма немногочисленные исследования переменных звезд M13. Сводка наблюдений в старых фотометрических системах, выполненных Барнардом, Шепли, Коллинг-Шатшнайдер и Сойер-Хогг, приведена в работе Осборна (1969). Следует отметить также еще работу Арпа (1955). За последние десять лет интерес к фотометрическому изучению переменных звезд M13 заметно возрос, главным образом, в связи с необходимостью проверки теории эволюции звезд на поздних стадиях. Демерс (1971) выполнил единственные пока фотоэлектрические U, B, V наблюдения шести переменных M13. Осборн (1973) изучил две переменные (V5 и V9) в системе В. Фуенмайер и Осборн (1974), Русева и Русев (1980) доказали переменность еще четырех красных гигантов скопления. Пайк

и Местон (1977) провели фотографическое исследование 3 переменных в системе BV.

Настоящая работа является продолжением исследования переменных звезд M 13 в фотографической системе В, начатого Русевым (1973, Работа I) по пластинкам фототеки ГАИШ в Москве и Русевым и Русевой (1979, Работа II).

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ. На обсерватории г.Белоградчика, Болгария, за период JD 2443667–2444760, при помощи 60-см цейсовского рефлектора и методикой, описанной в Работе II, были получены и измерены еще 24 пластинки скопления M 13. В таблице 1 приведены величины В переменных V1, V2, V6, V7 и V8 за этот период. Таблица 2 содержит результаты фотометрирования переменных V5 и V9 на 32 пластинках — 8 из стеклотеки ГАИШ за период JD 2437790–2441061 (метод обработки как в Работе I) и 26 из нашей коллекции за период JD 2442985–2444137.

Сравнение результатов фотометрирования в двух независимых сериях показало, что связь между В величинами из фотоэлектрических стандартов Арпа и Джонсона (1955) и Кети (1974) дается формулой:

$$B_C = 0.913 + 0.939 B_{AJ} \pm 0.024 \pm 0.016$$

Пользуясь этой зависимостью мы дополнили стандарт Арпа и Джонсона в области $B = 13^m.5 - 16^m.0$ звездами из стандарта Кети. Следует отметить, что фотоэлектрический стандарт, опубликованный Кадела (1966), который был использован в Работе I, совпадает со стандартом Арпа и Джонсона, расширенным Саведовым (1956). Так что В величины исследуемых нами звезд (Работы I, II и настоящая статья) основываются практически на стандарте Арпа и Джонсона.

Для проведения более полного анализа элементов изменения блеска переменных наш ряд наблюдений был дополнен определениями, опубликованными Демерсом (1971), Осборном (1969, 1973), Осборном и Фуенмайером (1977), Пайком и Местон (1977). В процессе обработки всего наличного материала было установлено, что определения Пайка и Местон (1977, Tables 2, 3 и 5) систематически отклоняются от кривых блеска. В частном письме авторы сообщили нам, что моменты их наблюдений нужно исправить вычитанием $0^d.167$ (4^h) и введением поправки для приведения моментов к центру Солнца.

Для исследования переменной V2 были использованы результаты фотометрирования 57 пластинок в системе В, полученные Осборном и Фуенмайером (1977). В этой работе авторы повторяют измерения V2 на 28 пластинках, полученные ранее Осборном в системе близкой к m_{pg} . Из сопоставления определений для V2 в обеих работах получилось, что

$$(B - 12.5) = 0.23 + 0.49 (m_{pg} - 12.5) + 0.18 (m_{pg} - 12.5)^2 \\ \quad .14 \quad .26 \quad .12$$

Имея ввиду эту зависимость, мы перевели оценки m_{pg} для V2 из первой части Table 1 в работе Осборна (1969) в стандартную систему В, и эти величины далее были включены в наш анализ изменения блеска переменной.

Таким образом, для уточнения периодов, исследования их изменчивости и построения кривых блеска переменных нами были использованы В-наблюдения, полученные примерно за 18 лет (JD 2437790–2444760).

ПЕРИОДЫ. При помощи известных уже периодов (Осборн, 1973 и Работа II) сначала были построены средние кривые блеска переменных V1, V2, V5, V6, V8 и V9. Потом на основе средних кривых были получены моменты сезонных максимумов, которые приведены в табл. 3. Во втором столбце таблицы указано количество наблюдений, из которых построена каждая сезонная кривая блеска, а в третьем — остатки О–С для эфемерид из табл. 4. Для V5 и V9 в последнем столбце табл. 3 приведены остатки $\Delta(O-C)_c$ в предположении, что периоды этих переменных изменяются синусоидально.

Осборн (1969) рассматривает вопрос об изменчивости периодов V1, V2, V6 и V8 на основе старых наблюдений. Автор определяет моменты выбранных точек на восходящих ветвях сезонных кривых блеска (Осборн, 1969, Fig. 1) и строит диаграммы О–С для этих моментов. Пользуясь наблюдениями Осборна (1969) и Коллинг–Шаттнайдер (1942) мы постарались перевести моменты для выбранной точки кривых блеска, полученные Осборном (1969), в моменты максимумов блеска. В результате получилось, что переход из системы моментов Осборна к нашей системе (табл. 2) осуществляется введением следующих поправок: $+0^d.290$ для V1; $+0^d.822$ для V2; $+0^d.176$ для V6 и $+0^d.109$ для V8. На рис. 1 приведены диаграммы О–С этих четырех переменных за время около 66 лет (для V2 — 80 лет). Они показывают, что их можно интерпретировать прямыми линиями. Каждая линия на рис. 1 сопровождается соответствующим ей периодом, а для V1, V6 и V8 указаны средние элементы, представляющие все известные нам моменты максимумов блеска. Величина $|\frac{\Delta P}{P}|$, характеризующая изменчивость периодов, получилась $2.3 \cdot 10^{-5}$ для V1, $6.15 \cdot 10^{-5}$ для V2 и $3.2 \cdot 10^{-5}$ для V6. Период V8 практически постоянный, но показывает слабую тенденцию к уменьшению в последние годы ($|\frac{\Delta P}{P}| \approx 0.03 \cdot 10^{-5}$).

На рис. 2 приведены диаграммы О–С для переменных V5 и V9, построенные по данным табл. 3. Интерпретация диаграмм прямыми линиями показывает, что $|\frac{\Delta P}{P}| = 14.8 \cdot 10^{-5}$ для V5 и $9.7 \cdot 10^{-5}$ для V9. Однако все максимумы блеска обеих переменных объясняются лучше всего синусоидальным законом. Соответствующие формулы, полученные методом наименьших квадратов, даны на рис. 2. При этом периоды изменяются непрерывно в границах $P(V5) = 0^d.3817598 \pm 0^d.0000429$ и $P(V9) = 0^d.3926661 \pm 0^d.0000276$. Синусоидальное изменение периодов V5 и V9 можно объяснить реальным влиянием эффекта Блажко, что характерно для галактических переменных типа RRc с периодами около $0^d.4$, или тем, что они имеют

87

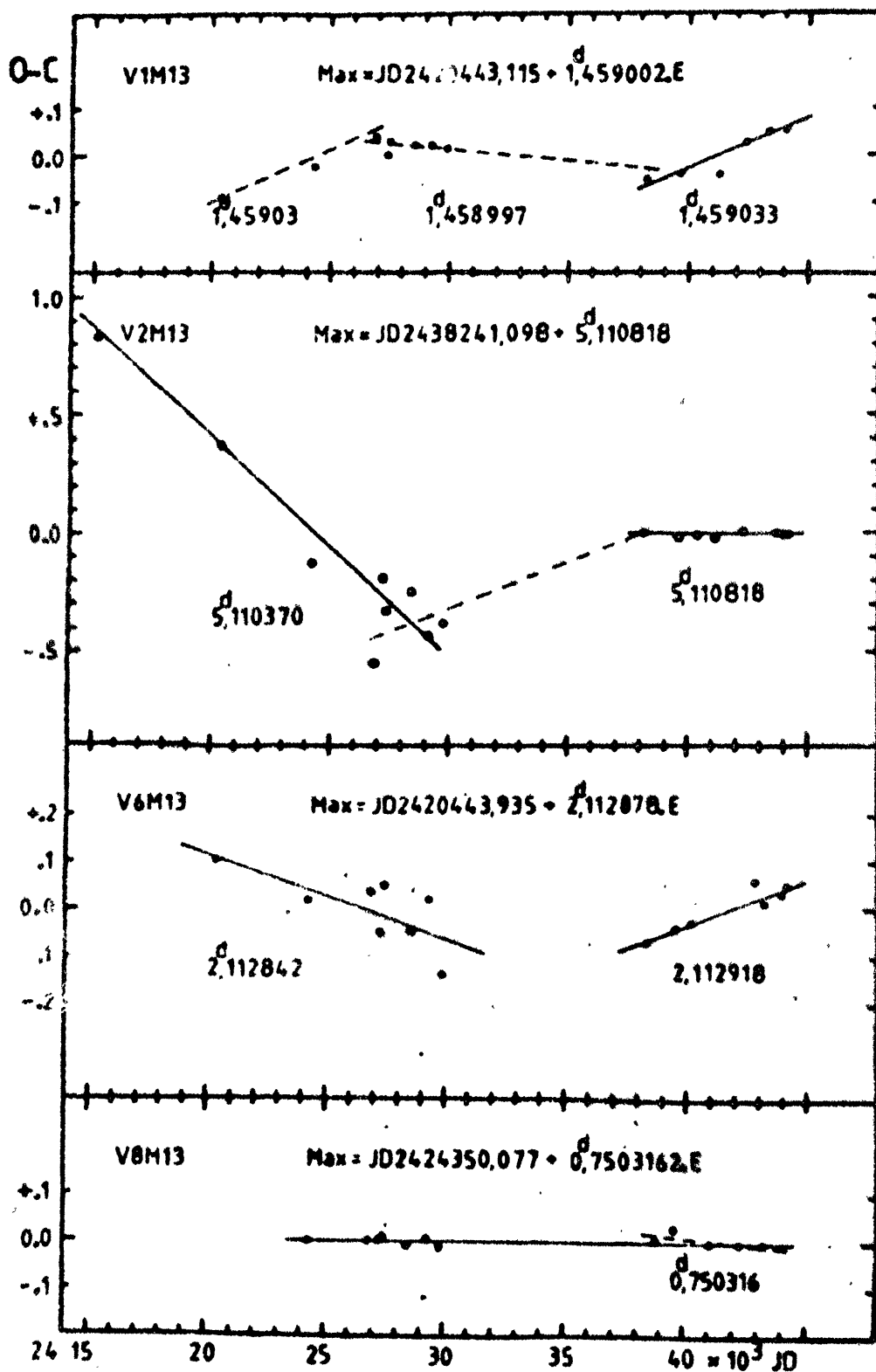


Рис.1. Диаграммы O-C для V1, V2, V6 и V8

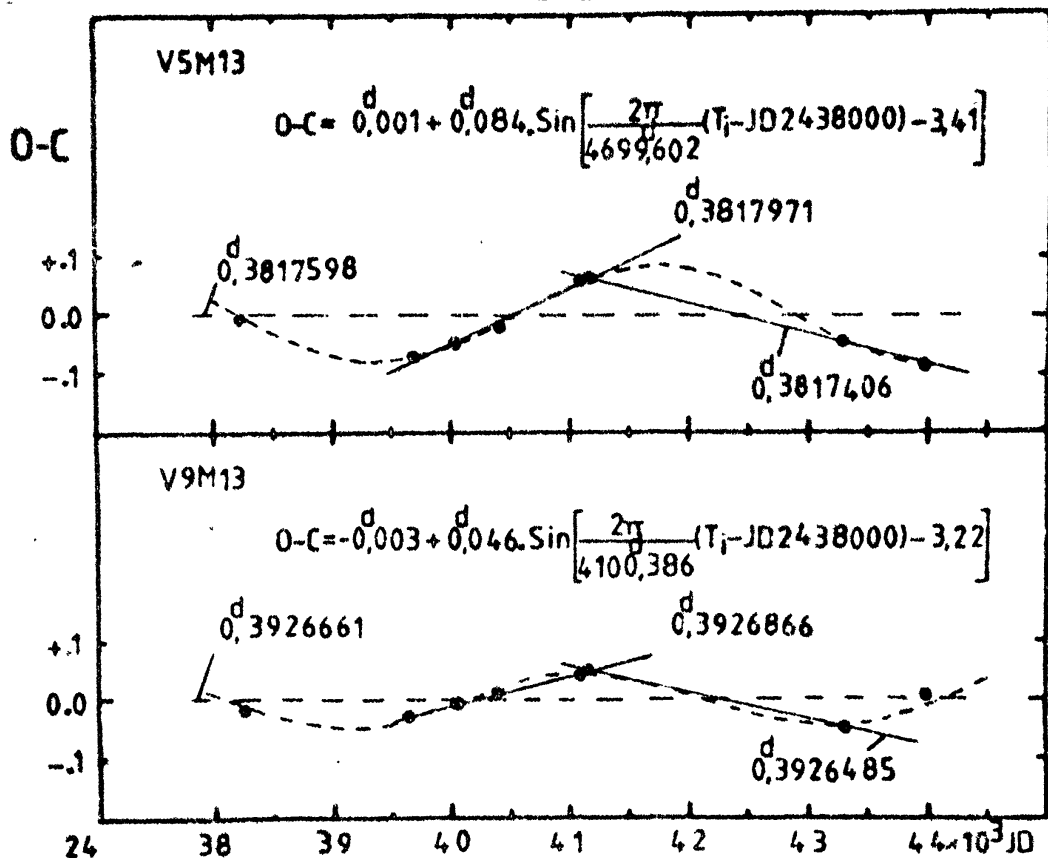


Рис.2. Диаграммы O-C для V5 и V9

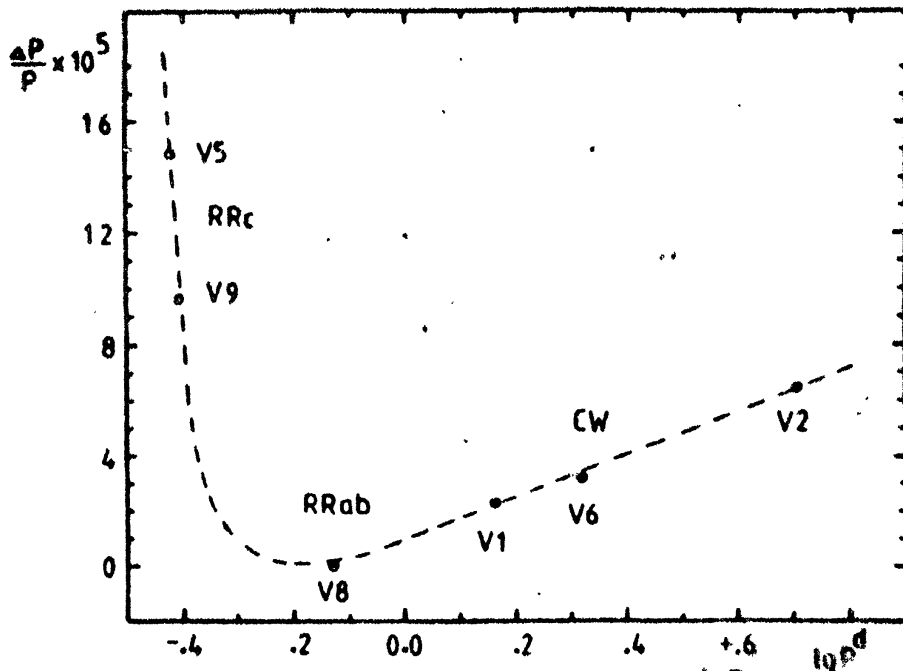


Рис.3. Относительное изменение периода $\left|\frac{\Delta P}{P}\right|$ в зависимости от его средней величины

смешанную моду пульсаций, подобно переменной V31 скопления M 15 (Смит и Сэндидж, 1981). Следует отметить, что диаграмму O-C для V1 (рис. 1) тоже можно объяснить синусоидальным законом

$$O-C = -0.^d025 + 0.^d056 \cdot \sin \left[\frac{2\pi}{15519.^d97} (T_i - [D 2420000] - 1.54) \right],$$

однако это не дает существенного улучшения остатков O-C.

На рис. 3 сопоставлены относительные изменения периодов $\left| \frac{\Delta P}{P} \right|$ и средние периоды ($\lg \bar{P}$) для хорошо изученных короткопериодических переменных V1, V2, V5, V6, V8 и V9 скопления.

Анализ всего наличного материала для V7 показал, что он лучше всего объясняется периодом $0.^d3126635$, являющимся $3/4$ периода переменной в Работе II и близким к предложенному Бисарда и Осборна (1978).

В Работе II звезда № 931 по каталогу Лудендорфа (1905) неправильно идентифицирована как V12, которая в действительности имеет № 187. Добавление новых наблюдений для обеих звезд показало, что они, по-видимому, постоянные.

КРИВЫЕ БЛЕСКА. Переменные типа W Девы (V1, V2 и V6) скопления являются весьма примечательными объектами. Среди звезд этого типа в шаровых скоплениях V1 — одна из наиболее голубых, V6 — одна из наиболее красных, а V2 имеет довольно редко встречающийся период ($5.^d11$). Близкие к этому периоды имеют только V48 в ($4.^d47$) и V3 в M10 ($7.^d91$).

Кривые блеска для V1, V2 и V6 даны на рис. 4, где кружками отмечены определения из Работы I, крестиками — наблюдения Демерса (1971) и Осборна (1969), косыми крестами — определения Пайка и Местон (1977) и точками — наблюдения из Работы II и табл. 1 в настоящей статье. Величина символов для V2 и V6 соответствует количеству наблюдений в одну ночь. У всех трех кривых блеска выявляются горбы на восходящих ветвях при $\phi \approx 0.88$ для V1 и V2 и $\phi \approx 0.79$ для V6. Горб для V6 типа вторичного максимума, но, по-видимому, он непостоянен. На нисходящих ветвях тоже намечаются горбы — для V1 при $\phi \approx 0.^d42$, а для V2 при $\phi \approx 0.11$ ("пик", замеченный еще Арпом, 1955) и $\phi \approx 0.^d25$. Возможно, что у V6 тоже имеется горб при $\phi \approx 0.^d25$.

Кривые блеска переменных типа RR Лиры V5, V7, V8 и V9 приведены на рис. 5. Обозначения такие же, как и на рис. 4. При построении кривых для V5 и V9 принято во внимание синусоидальное изменение периодов (рис. 2). Необходимо отметить, что из всех исследуемых нами звезд только для V5 и V9 измерения разных авторов показывают систематические отклонения ($\sim \pm 0.1$) от средних кривых блеска. Скорее всего, это является результатом близости обеих звезд, которые, кроме того, находятся недалеко от центра скопления.

В табл. 4 собраны основные характеристики средних кривых блеска переменных.

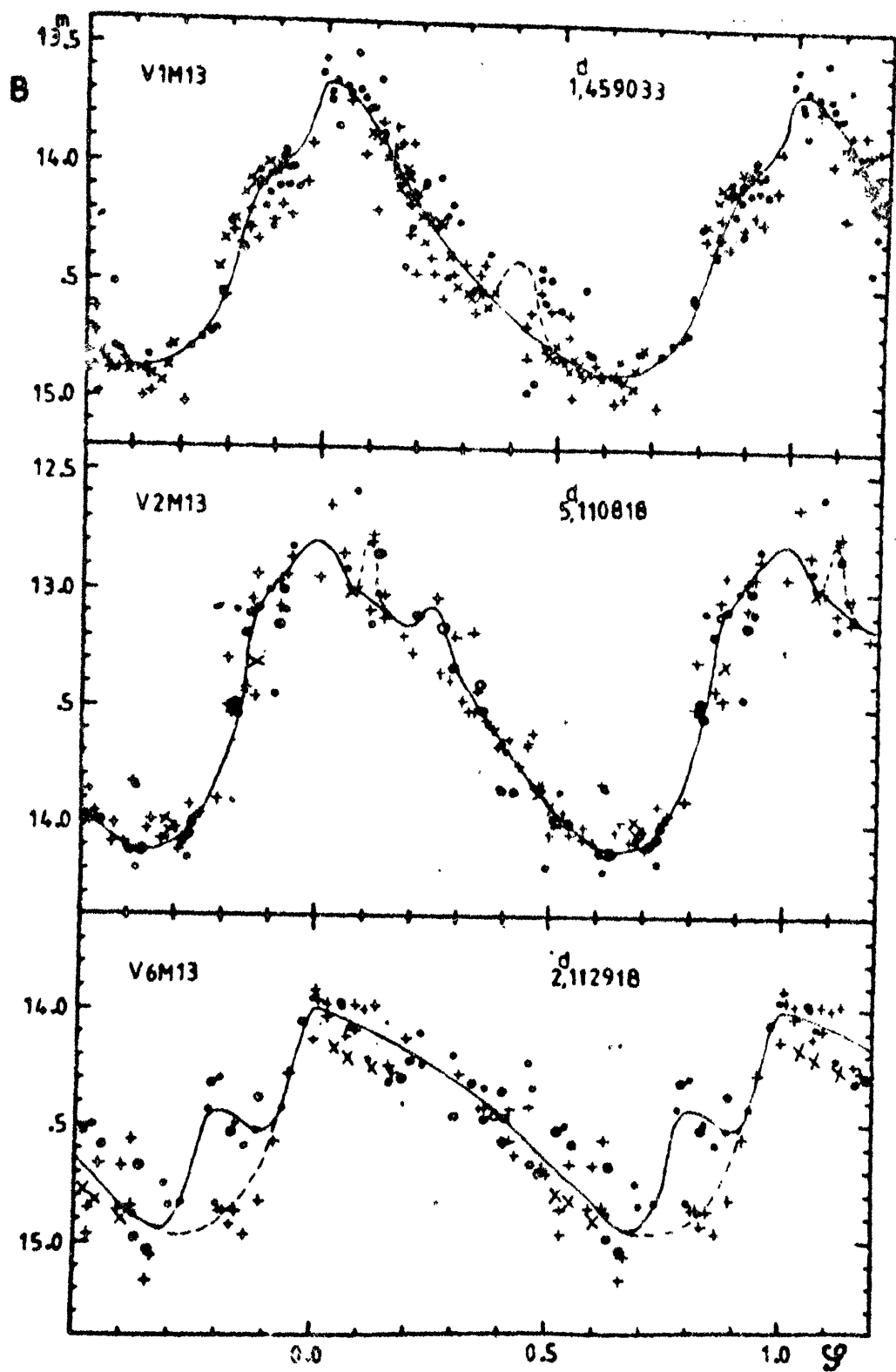


Рис.4. Кривые блеска переменных типа W Девы

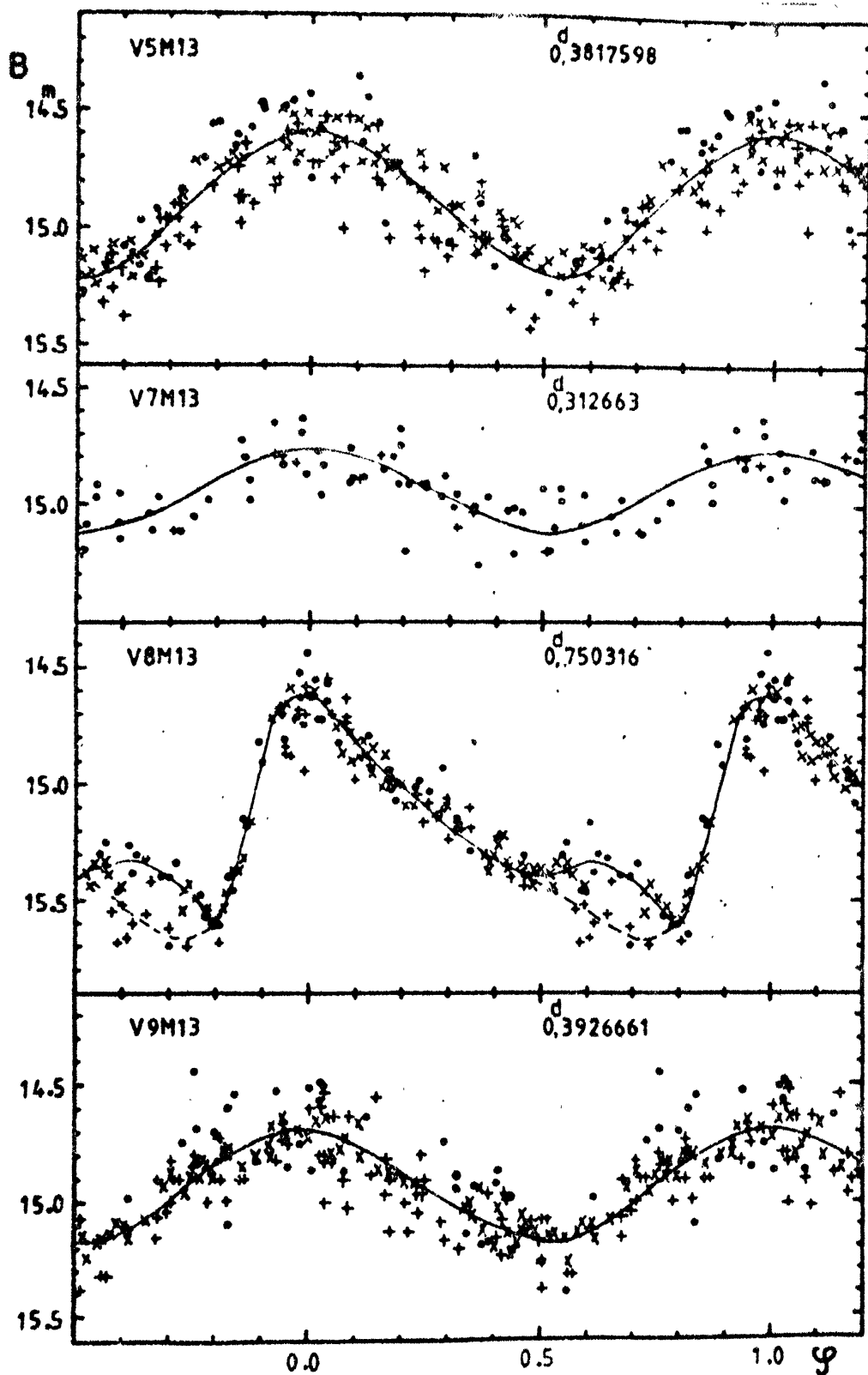


Рис.5. Кривые блеска переменных типа RR Лирь

ЗАВИСИМОСТЬ СВЕТИМОСТИ, АМПЛИТУДЫ И ЦВЕТА ПЕРЕМЕННЫХ ОТ ПЕРИОДА. В столбцах табл. 5 даны последовательно номера переменных, логарифмы периодов, амплитуды изменения блеска в системе В, средние величины ($\bar{B}$, $\bar{V}$) и количество наблюдений, по которым они определены (n), цвета $B-V$ и абсолютные величины M_V (принимая $\text{Mod}_{\text{app}}^V = 14.06$, Кукаркин, 1974). В последних двух столбцах таблицы даны логарифмы температур и светимостей звезд, полученные на основе результатов работы Бем-Витенса (1973). В таблицу включена также переменная V4. Добавление девяти новых оценок к данным Работы II показало, что период 0.293829 хорошо объясняет все наблюдения, но несмотря на это переменную следует считать плохо изученной. В столбец V для V4 в табл. 5 вписано значение m_{pV} из работы Коллинг-Шаттнайдер (1942).

ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРИОД-СВЕТИМОСТЬ изображена на рис. 6а. Переменные типа RR Лиры имеют $M_V^{RR} = 0.72$, переменные W Девы показывают зависимость $M_V^{CW} = +0.5 - 2.0 \lg P$. На рисунке проведены для сравнения зависимости, полученные Демерсом и Велау (1971) (штриховая линия) и Кукаркиным и Расторгуевым (1972) (пунктирная линия).

ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРИОД-АМПЛИТУДА (рис. 6в) представлена двумя последовательностями, для которых амплитуда нарастает с увеличением периода. Притом переменная V1 (тип CW), кажется, продолжает зависимость для звезд типа RR Лиры при больших периодах. Сравнение этой зависимости с теми же для других шаровых скоплений (см. Дикенс, 1970; Сэндидж и др., 1981) показывает, что такое поведение на диаграмме P-A имеют переменные типа RRc в скоплении Palomar 5, и, вероятно, в M3, тогда как для скоплений II класса по Оостерхофу, например, M15 и ω Cen, ясно выражено уменьшение амплитуды с увеличением периода звезд типов RRc и RRab соответственно. Интерпретация зависимости на рис. 6в может быть ошибочной из-за небольшого количества переменных в M13.

ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРИОД-ЦВЕТ (рис. 6с) построена, принимая что $E_{B-V} = 0.02$ (Кукаркин, 1974). Все звезды типа RR Лиры в M13 показывают единую зависимость $(B-V)_0 = 0.30 + 0.37 \lg P$, на продолжение которой попадает V6 (CW).

На диаграмме период-цвет переменные RRc и RRab для скоплений II класса по Оостерхофу (напр., M15 и ω Cen, Сэндидж и др., 1981) образуют две последовательности, смещенные только по периоду, тогда как для скоплений I класса по Оостерхофу (напр., M3 и NGC 6171, Дикенс, 1970) обе последовательности смещены и по цвету. Поведение переменных RR Лиры в M13 на диаграмме период-цвет, по-видимому, больше напоминает скопления I класса по Оостерхофу.

ПОЛОЖЕНИЕ В ПОЛОСЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ. На рис. 7 изображена диаграмма $\lg T_e - \lg L/L_\odot$, на которой проведены теоретические последовательности красных гигантов с массами 0.60 и $0.80 M_\odot$ и горизонтальная ветвь нулевого возраста (ZAHV), рассчитанные Рудом

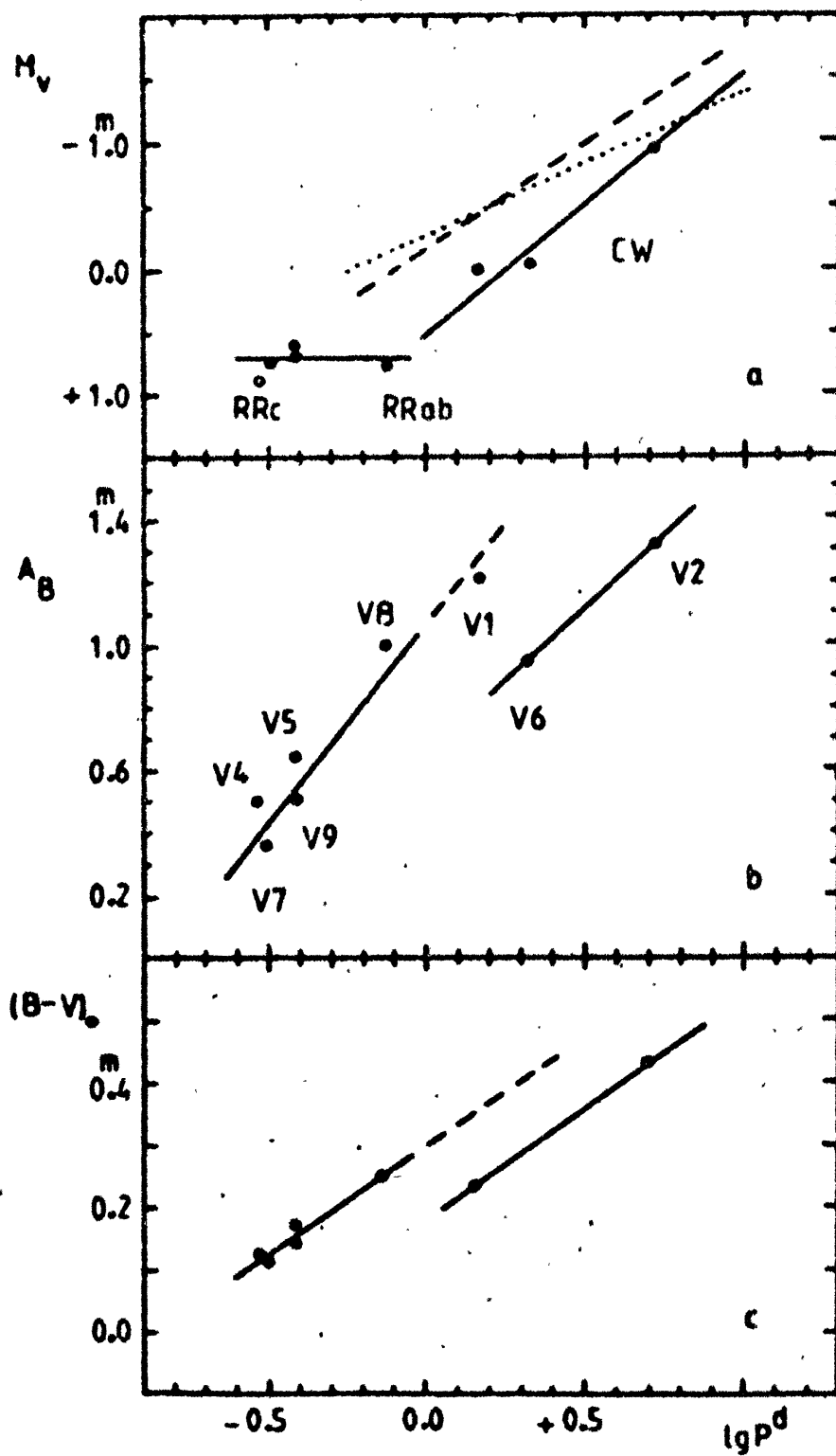


Рис.6. Зависимость светимости (а), амплитуды (в) и цвета (с) от периода

шим изменением ее периода (рис. 3), чем у V1 и V6, которые находятся на этапе эволюции SHB-CW (время 10^6-10^7 лет согласно Строму и др., 1970).

ДИСКУССИЯ. Изменение периодов $|\frac{\Delta P}{P}|$ (рис. 3) звезд типа W Девы в M13 небольшое и показывает, что в этом отношении они подобны галактическим цефеидам, для которых согласно Паренаго (1956)

$$|\frac{\Delta P}{P}| \sim 8 \cdot 10^{-6} - 3 \cdot 10^{-3}.$$

Пользуясь более точными кривыми блеска и методикой Стоби (1973) можно получить, что фазы горбов на восходящих ветвях V1 и V6 соответственно при $\phi_1 = 1.27$ ($\phi_V = 1.47$) и $\phi_1 = 1.13$ ($\phi_V = 1.33$) с точностью ± 0.02 . Тогда для пульсационных масс обеих звезд получается $M(V1) = (0.54 \pm 0.02) M_\odot$ и $M(V6) = (0.62 \pm 0.02) M_\odot$, а для радиусов $R(V1) = (8.6 \pm 0.1) R_\odot$ и $R(V6) = (11.2 \pm 0.2) R_\odot$. Оценки для пульсационных масс V1 и V6 хорошо согласуются с их эволюционными массами (около $0.60 M_\odot$, рис. 7).

На основе поведения переменных на диаграммах, показанных на рис. 6, следует заключить, что скопление M13 может быть отнесено скорее к I, чем к II классу по Оостерхофу. Если иметь в виду положение V1 на диаграмме период-амплитуда (рис. 6в), переменную можно отнести к т.н. долгопериодическим лиридам, что сделано в Работе II. Однако ее другие характеристики показывают, что она является звездой типа W Девы.

В заключение авторам приятно выразить сердечную благодарность Н.П. Кукаркиной и участникам семинара "Шаровые скопления" при кафедре звездной астрономии ГАИШ за внимание и ценные замечания при обсуждении настоящей работы.

Таблица 1

JD _{hel} 24...	V1	V2	V6	V7	V8
43667.374	14.05	14.01	—	14.69	—
.391	14.25	14.20	14.47	14.83	—
.408	14.10	13.97	14.49	14.90	—
669.387	—	12.83	—	—	—
.394	14.47	12.87	—	—	—
723.375	—	—	14.59	14.88	14.99
993.505	—	14.02	—	—	—
.530	—	13.98	—	—	—
994.454	13.70	14.07	14.35	14.75	15.30:
.477	13.68	14.11	14.31	14.84	—
.504	13.77	14.03	14.29	14.90	—
.528	13.76	14.02	14.31	14.95	—
.552	13.87	13.96	14.31	—	—
995.431	14.79	13.14	15.02	14.90	15.48
.454	14.74	13.25	14.94	14.96	15.61
.476	14.72	13.07	15.05	15.02	15.40
.498	14.70	13.09	15.00	15.02	15.15
.523	14.54	12.92	15.07	15.20	15.82
996.466	14.92	13.16	14.22	15.08	14.97
44137.374	13.73	14.07	14.83	14.90	14.70
755.371	14.80	14.11	14.49	15.05	15.46
.455	14.82	14.14	14.42	14.76	15.70
759.387	—	13.67	—	—	—
760.535	—	14.20	14.83	—	—

Таблица 2

JD _{hel} 24...	V5	V9	JD _{hel} 24...	V5	V9
37790.451	14.88	14.63	43366.348	15.12	14.95
794.482	14.44	—	368.318	15.08:	15.14:
38222.444	14.54	14.74	.332	14.97	15.19
236.369	15.10	14.44	.346	14.92	14.86
237.390	15.05	14.93	667.374	14.46	14.52
.410	14.68	14.92	.391	14.79	14.74
243.384	14.43	14.98	.408	14.64	14.56
41061.515	14.56	15.19	723.375	15.22	—
42985.460	14.86	14.63	994.454	14.65	15.10
43308.514	14.48	14.50	.477	14.50	14.82
310.394	14.58	14.60	.504	14.73	14.85
.401	14.48	14.54	995.431	15.16	14.89
338.350	14.45	14.50	.476	15.27	14.97
.355	14.63	14.48	.498	15.14:	15.16
.372	—	14.86	.523	15.16	15.40
365.329	14.70	14.74	996.486	14.98	14.86
.341	14.56	14.68	44137.374	14.80	14.83
.356	14.61	14.70			

Таблица 3

JD _{hel} 24...	n	O-C	JD _{hel} 24...	n	O-C	Δ(O-C) _c
V1			V2			
38222.460	14	+0.017	38241.108	15	+0.010	
39631.863	49	-0.005	39646.565	52	-0.007	
41157.982	59	-0.035	40438.750	29	+0.001	
42319.416	12	+0.009	41159.355	59	-0.020	
43308.638	21	+0.006	42324.658	12	+0.017	
43994.380	11	+0.003	43668.789	23	+0.003	
44137.364:	3	+0.002	43995.876	13	-0.003	
V6			44138.979:	5	-0.002	
38179.364	17	+0.001	V5			
39609.814	49	+0.004	38243.382	5	-0.007	-0.003
41069.825	59	-0.011	39689.806	30	-0.070	+0.006
42988.402	15	+0.036	40046.774	27	-0.048	+0.003
43305.285	20	-0.019	40424.742	10	-0.022	-0.009
43994.105	12	-0.010	41070.001	14	+0.063	+0.008
44137.797:	4	+0.004	41157.807	43	+0.064	+0.002
V7			43308.534	15	-0.044	-0.001
38236.417	9	+0.001	43994.516	9	-0.084	-0.001
39631.830	9	-0.003	V9			
42985.477	8	+0.016	38236.463	5	-0.017	-0.001
43365.331	19	-0.017	39659.862	30	-0.032	0.000
43994.430	13	+0.003	40038.811	27	-0.006	+0.001
V8			40408.717	10	+0.009	-0.009
38902.462	10.	0.000	41070.000	14	+0.042	-0.001
39643.797	43	+0.023	41156.787	42	+0.050	+0.007
41070.868	58	-0.007	43338.340	14	-0.050	-0.002
42332.149	6	-0.007	43996.505	8	+0.006	+0.023
43365.334	22	-0.008				

Таблица 4

Var	Max JD _{hel} 24...	P ^d	B _{max}	B _{min}	M-m	Тип
1	38222.443 ±3	1.459033 ±5	13.67	14.88	0.38	CW
2	38241.098 ±9	5.110818 ±13	12.80	14.12	0.35	CW
5	38243.389	0.3817598 ±44	14.58	15.22	0.46	RRc
6	38179.365 ±15	2.112918 ±7	14.00	14.95	0.33	CW
7	38236.416 ±11	0.3126635 ±9	14.76	15.12	0.48	RRc
8	38902.462 ±11	0.750316 ±3	14.62	15.62	0.21	RRab
9	38236.480	0.3926661 ±28	14.68	15.18	0.45	RRc

Таблица 5

Var	$\lg P$	A_B	$\bar{B}$	n	$\bar{V}$	n	$\bar{B}-\bar{V}$	M_V	$\lg T_e$	$\lg L/L_\odot$
1	0.164	1.21	14.32	169	14.07	74	0.25	+0.01	3.829	1.90
2	0.709	1.32	13.57	209	13.12	73	0.45	-0.94	3.763	2.45
4	-0.525	0.50	15.26	38	(15.14)	—	(0.12)	(+1.08)	(3.878)	(1.6:)
5	-0.419	0.64	14.88	157	14.69	56	0.19	+0.63	3.851	1.65
6	0.325	0.95	14.46	176	14.03	72	0.43	-0.03	3.771	1.95
7	-0.499	0.36	14.94	61	14.81	11	0.13	+0.75	3.875	1.65
8	-0.125	1.00	15.12	144	14.85	70	0.27	+0.79	3.823	1.65
9	-0.406	0.50	14.92	155	14.76	55	0.16	+0.70	3.860	1.65

Литература

- Арп, 1955—Arp H., AJ 60, 1.
 Арп и Джонсон, 1955—Arp H. and Johnson H., ApJ 122, 171.
 Бем-Витенс, 1973—Bohm-Vitense E., Astron. and Astrophys. 24, 447.
 Бисард и Осборн, 1978—Bisard W. and Osborn W., IBVS No 1475.
 Демерс, 1971—Demers S., AJ 76, 445.
 Демерс и Харис, 1974—Demers S. and Haris W., AJ 79, 627.
 Демерс и Велау, 1971—Demers S. and Wehlau A., AJ 76, 916.
 Дикенс, 1970—Dickens R., ApJ Suppl. Ser. 22, 187.
 Ибен и Руд, 1970—Iben I. and Rood R., ApJ 161, 587.
 Кадла З.И., 1966, Изв. ГАО 24, 5, №181, 93.
 Кети, 1974—Cathey L.R., AJ 79, 1370.
 Кокс и др., 1973—Cox A., King D. and Tabor J., ApJ 184, 201.
 Коллинг-Шаттшнайдер, 1942—Kolling-Schattshneider E., Astron. Nachr. 273, 145.
 Кукаркин Б.В., 1974, Шаровые звездные скопления, Общий каталог, Изд. "Наука", Москва.
 Кукаркин Б.В. и Расторгуев А., 1972, АЖ 40, 121.
 Лудендорф, 1905—Ludendorff H., Post. Publ. 15, No 50.
 Менгел, 1973—Mengel J., Variable Stars in Globular Clusters and in Related Systems, ed. J. Fernie, p. 214.
 Осборн, 1969—Osborn W., AJ 74, 108.
 Осборн, 1973—Osborn W., MNRAS 162, 91.
 Осборн и Фуенмайер, 1977—Osborn W. and Fuenmayor F., AJ 82, 395.
 Пайк и Местон, 1977—Pike C. and Meston J., MNRAS 180, 613.
 Паренаго, 1956—Паренаго И.П., ПЗ 11, 236.
 Руд, 1972—Rood R., ApJ 177, 631.
 Русев, 1973—Русев Р.М., ПЗ 19, 181 (Работа I).
 Русев и Русева, 1979—Русев Р.М., и Русева Т., ПЗ 21, 169 (Работа II).
 Русева и Русев, 1980—Russeva T. and Russev R., IBVS No 1769.
 Саведов, 1956—Savdoff M., AJ 61, 254.
 Смит и Сэндидж, 1981—Smith H., and Sandage A., AJ 86, 1870.
 Стоби, 1973—Stobie R., Observatory 93, 111.
 Стром и др., 1970—Strom S., Strom K., Rood R. and Iben I., Astron. and Astrophys. 8, 243.

Сэндидж и др., 1981 — Sandage A., Katem B. and Sandage M., ApJ Suppl.
Ser. 46, 41.

Фуенмайер и Осборн, 1974 — Fuenmayor F. and Osborn W., IBVS
No 952.

Шварцшильд и Херм, 1970 — Schwarzschild M. and Harm R., ApJ 160,
341.

Софийский университет
им. Климента Охридского

*Поступила в редакцию
24 декабря 1982 г.*

