

Переменные типа W Большой Медведицы в скоплении NGC 188

П. Н. Холопов, А. С. Шаров

Для четырех переменных типа W UMa в скоплении NGC 188 (EP, EQ, ER и ES Cep) приведены фотографические величины в системе B, V и элементы изменения блеска, полученные по наблюдениям 1964–1970 гг. Обнаружена переменность периода изменения блеска ES Cep.

W UMa Type Variables in the Cluster NGC 188

by P. N. Kholopov and A. S. Sharov

Photographic magnitudes in B, V system and elements of brightness variation based on observations in 1964–1970 are given for four W UMa type variables in the cluster NGC 188 (EP, EQ, ER and ES Cep). The period of ES Cep brightness variation is variable.

Четыре переменные типа W UMa в старом скоплении NGC 188 (S 8278, 8279, 8280 и 8474) были открыты в 1964 г. Н. Рихтером и К. Хофмейстером [1] по снимкам, полученным с Таутенбургским телескопом системы Шмидта. Первоначально три из них были приняты за переменные типа RR Лиры, а одна (S 8278) была отнесена Хофмейстером к затменным типа Алголя с периодом $0^d.74055$. Вскоре после этого Б. В. Кукаркин, Ю. И. Ефремов и авторы настоящей работы [2] обратили внимание на большие показатели цвета S 8280, а также двух других подобных переменных (СПЗ 1277 и 1284), открытых еще в 1960 г. Н. Е. Курочкиным в старом скоплении M67. Оказалось, что все эти звезды лежат в районах главных последовательностей соответствующих скоплений на диаграмме Герцшпрунга-Рессела и могут быть только переменными типа W UMa.

В 1966 г. мы начали систематические наблюдения переменных в скоплении NGC 188, для того чтобы определить их истинные периоды и положение на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Предварительные сообщения о результатах этих исследований были опубликованы нами в 1966–67 гг. [3, 4]. В работе [3] на весьма ограниченном материале было показано, что все четыре переменные в NGC 188 относятся к типу W UMa и располагаются на диаграмме V, B–V в районе звезд главной последовательности скопления.

Чрезвычайная (для наших инструментов) слабость этих переменных, незначительность амплитуд изменения блеска, переменность форм кривых блеска некоторых из них и сравнительно небольшое число наблюдений, которыми мы располагали, явились причиной того, что лишь для одной из них (ER Cep = S 8279) удалось с самого начала найти правильное значение периода. Именно эта звезда обладает наиболее стабильной формой средней кривой блеска и наибольшей амплитудой его изменения, будучи в то же время одной из самых ярких. Уместно отметить, что при первоначальных поисках периодов мы исходили из удвоенных значений периодов, найденных Хофмейстером, пытались уточнить эти значения. К сожалению, все они, за исключением периода для ER Cep, оказались кажущимися — сопряженными с истинными.

Однако именно в это время была разработана программа для автоматического определения периодов переменных звезд с помощью электронных вычислительных машин [5], применение которой позволило найти истинные значения периодов трех других звезд [4]. Периоды ES Cep (S 8280) и EQ Cep (S 8278) были подтверждены многочисленными телевизионными наблюдениями Л. Ф. Истомина [6], а также В. В. Прокофьевой и С. Н. Клочкова [7].

Зная периоды всех переменных, мы продолжали наблюдения для получения надежных пределов блеска рассматриваемых звезд.

К настоящему времени в касегреновском фокусе 70-см рефлектора АЗТ-2 ГАИШ в Москве и на 50-см камере Максудова АЗТ-5 Крымской станции ГАИШ получено 196 пригодных для измерения снимков скопления NGC 188. Снимки охватывают интервал J.D. 2438489—40809 (1964—1970). Они получались на пластинках Agfa Astro Spezial или ORWO ZU-2 с фильтром BC-8 толщиной 2,6 мм — в системе, близкой к В, а также на пластинках Kodak OAD и широкоформатных высокочувствительных астрономических пленках А-600, экспонировавшихся сквозь стекло, с фильтром ЖС-17 — в системе, близкой к V. Кроме нас, в фотографировании принимали участие О. Д. Докучаева, В. Т. Дорошенко, Ю. Н. Ефремов, В. М. Коваленко, Г. И. Медведева, Е. Д. Павловская, Н. В. Перова и Г. А. Пономарева, которым мы выражаем глубокую благодарность.

Все снимки были измерены на ирисовом астрофотометре ГАИШ. Для построения калибровочных кривых использовались фотоэлектрические величины звезд скопления NGC 188, опубликованные А. Сэндиджем [8].

Результаты измерений приведены в таблице 2, в конце настоящей статьи. В столбце В/V указано, в какой системе получены соответствующие величины. Ниже приводятся графики средних кривых и пределы изменения блеска рассматриваемых переменных, а также окончательные элементы изменения их блеска, полученные с помощью ЭЦВМ М-20 и БЭСМ-4 Вычислительного центра МГУ.

ER Cep (S 8474): $\text{Min } I_{\text{hel}} = 2439236.472 + 0^{\text{d}}289745 \cdot E;$
 $17^{\text{m}}50 - 18^{\text{m}}05 - 17^{\text{m}}90 \text{ В}, 16^{\text{m}}65 - 17^{\text{m}}15 - 17^{\text{m}}05 \text{ V}.$

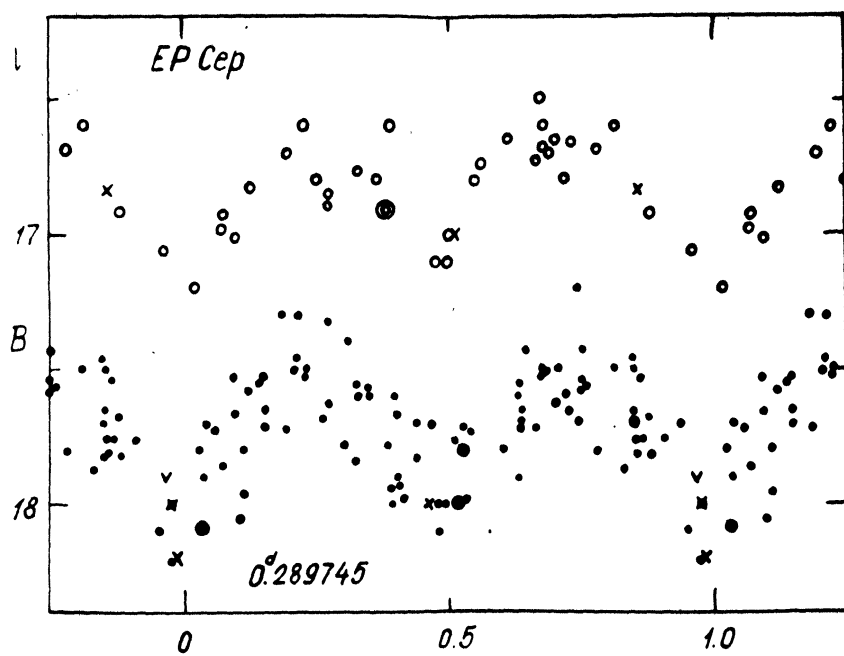


Рис. 1

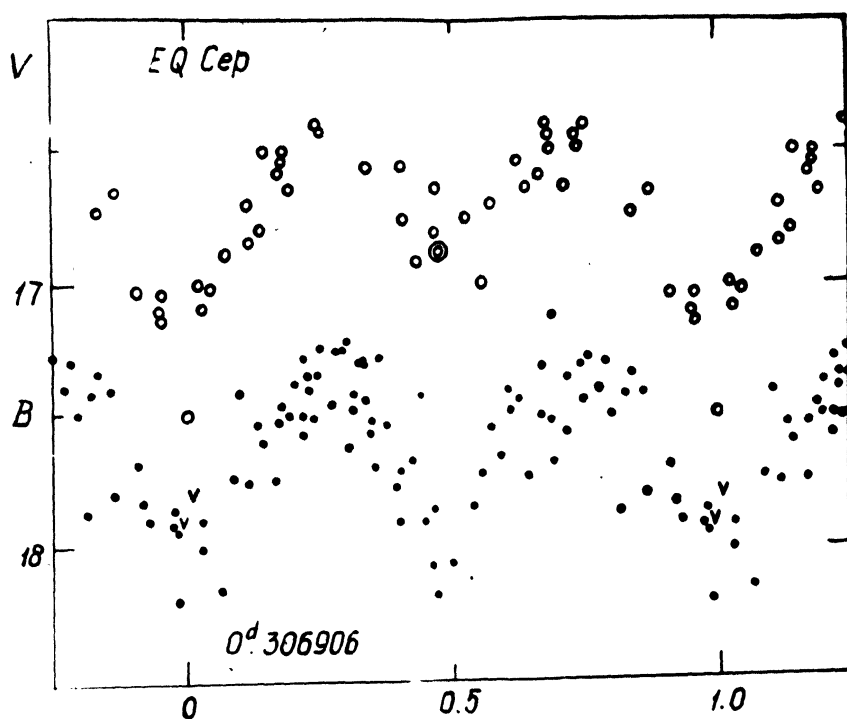


Рис. 2

EQ Cep (S 8278): $\text{Min I hel} = 2439237.319 + 0^d.306906 \cdot E$;
 $17^m.4 - 18^m.1 - 18^m.0$ В, $16^m.5 - 17^m.2 - 16^m.9$ V.

ER Cep (S 8279): $\text{Min I hel} = 2439237.410 + 0^d.285737 \cdot E$;
 $16^m.50 - 17^m.25 - 17^m.05$ В, $15^m.70 - 16^m.45 - 16^m.25$ V.

Переменная ES Cep (S 8280) заслуживает особого рассмотрения. Вначале казалось, что все наши наблюдения удастся представить единым периодом $0^d.342456$. Однако, когда наша работа уже приближалась к концу, появилась статья О. Эггена и А. Сэндиджа [9], в которой были графически представлены результаты фотоэлектрических наблюдений ER и ES Cep, выполненных Эггеном 1 и 2 декабря 1965 г. с 200" рефлексом. Эпохи и величины, относящиеся к наблюдениям 2 декабря, были сняты с графика, приведенного на рис. А1 работы [9], и использованы для проверки полученных нами элементов.

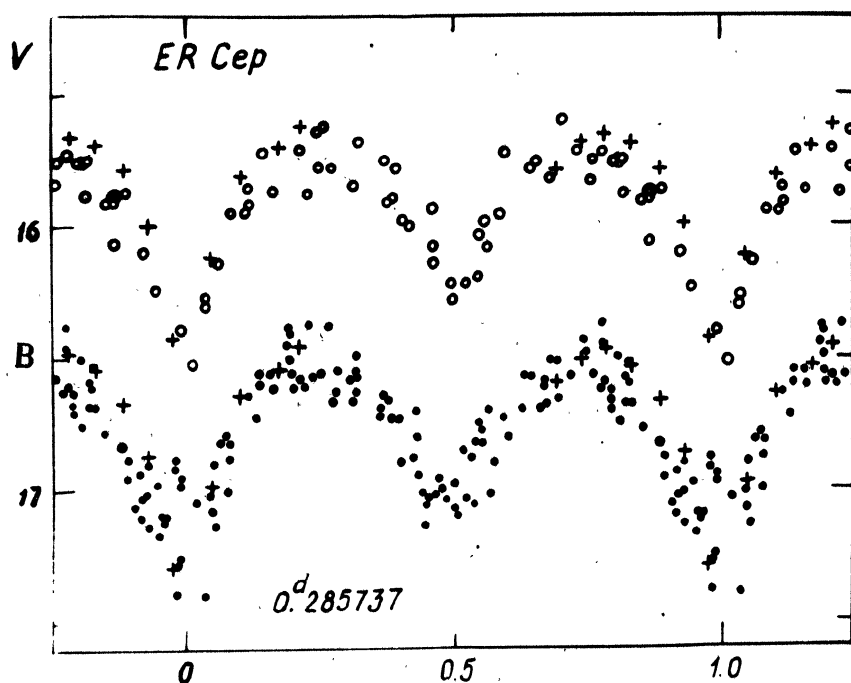


Рис. 3

В то время как наблюдения ER Cep, полученные Эггеном на долготе, отличающейся почти на 120° от долготы Москвы и Крыма, прекрасно удовлетворяют нашим элементам (на рис. 3 они представлены крестиками), наблюдения ES Cep оказались резко противоречащими приведенному выше периоду.

Более подробный анализ показал, что в районе J.D. 2439085–095 период ES Cep испытал значительное изменение. В табл. 1 приводятся результаты определения периода P , относящиеся к разным интервалам времени. В таблице указаны соответствующие числа наблюдений n и значения параметра θ , характеризующего рассеяние точек получаемых средних кривых блеска (см., например, [5]).

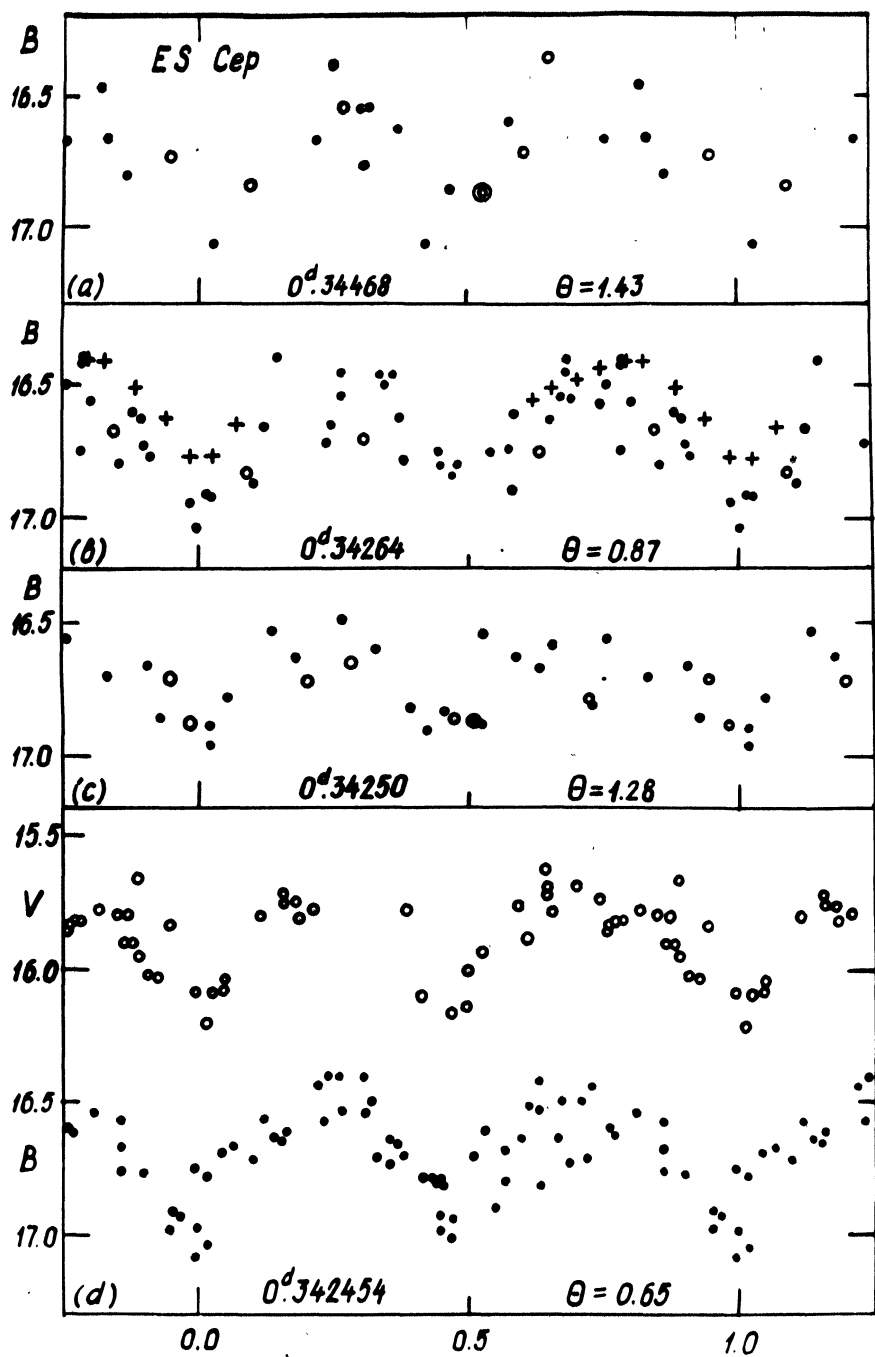


Рис.4

Таблица 1

Интервал	J.D. 24...	$\Delta J.D.$	n	P	θ
1.	38489—39083	594 ^d	21	0 ^d .34468?	1.43
2.	39097—39271	174	56	0.34264	0.87
3.	39168—39271	103	45	0.34266	0.80
4.	39097—39625	528	113	0.34262	0.91
5.	39404—39600	196	27	0.34250	1.28
6.	39404—39625	221	57	0.34251	0.99
7.	39705—40005	300	42	0.34241	0.85
8.	40301—40809	508	29	0.34245	0.99
9.	39404—40809	1405	128	0.342455	0.83
10.	39600—40809	1209	100	0.342454	0.65

Наилучшего вида сезонных средних кривых блеска ES Сер по нашим наблюдениям (рис. 4) можно добиться, если принять следующие элементы изменения блеска в соответствующих интервалах юлианских дней:

- (a) J. D. 2438489—39083: Min h_{el} = 2439082.238 + 0^d.34468 · E;
 (b) J. D. 2439097—39271: Min I h_{el} = 2439236.501 + 0.34264 · E;
 (c) J. D. 2439404—39600: Min I h_{el} = 2439594.548 + 0.34250 · E;
 (d) J. D. 2439600—40809: Min I h_{el} = 2440808.380 + 0.342454 · E.

Интервал 2 (табл. 1) включает наблюдения Эггена, представленные на рис. 4 б крестиками. Если исключить их и рассмотреть только наши наблюдения, заключенные в интервале 3, то период практически не изменится. Таким образом, реальность изменений периода ES Сер не подлежит сомнению. Значение периода, найденное для интервала (a), основано на слишком малом числе наблюдений и поэтому не может считаться надежным. Не исключено, что в действительности период в этом интервале окажется близким к 0^d.3405.

Насколько нам известно, снимки, относящиеся к этому интервалу времени, имеются в достаточном количестве только на Таутенбургской обсерватории. Было бы чрезвычайно желательно получить оценки блеска ES Сер по этим снимкам.

Величин, определенных в системе V, в интервалах a, b и c, слишком мало, чтобы по ним можно было строить отдельные средние кривые блеска. Поэтому они переведены в систему B, — принимая, что для ES Сер, в среднем, $B-V = +0^m.39$ [9], — и изображены на рис. 4 a, b, c открытыми кружками.

Форма кривой блеска ES Сер и, по-видимому, ее амплитуда, как показывает рис. 4, меняются. Во всяком случае, рассеяние точек на средней кривой блеска ER Сер, расположенной на снимках рядом с ES Сер и имеющей такой же блеск, гораздо меньше. В среднем, по нашим измерениям можно принять следующие пределы изменения блеска ES Сер:

$$16^m.50 - 16^m.95 - 16^m.90 \text{ B}, 15^m.75 - 16^m.15 - 16^m.10 \text{ V}.$$

Сравнение наших величин и показателей цвета ER и EQ Сер с соответствующими фотоэлектрическими величинами, приведенными в работе [9], показывает довольно хорошее согласие между ними. Так, для ER Сер различие составляет $0^m.05$ по V и $0^m.03$ по $B-V$, для EQ Сер значения $B-V$ совпадают. Для ES Сер значения $B-V$ расходятся на $0^m.1$, а значения V — на $0^m.23$ (возможно, вследствие переменности формы кривой блеска).

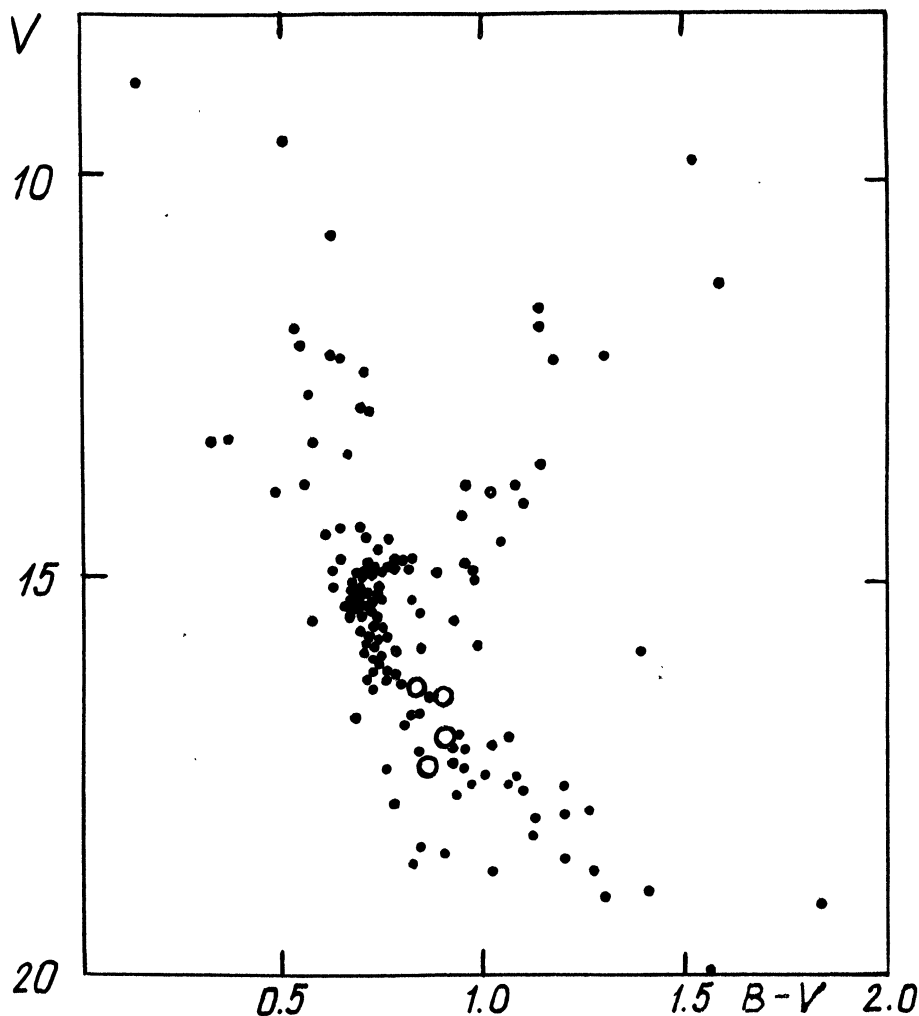


Рис. 5

На рис. 5 открытыми кружками нанесены средние положения компонентов рассмотренных нами систем на диаграмме $V, B-V$, построенной для звезд скопления NGC 188 по данным работы [9]. Величины V этих компонентов получены путем прибавления $0^m.75$ к величинам V , соответствующим максимуму блеска каждой переменной. Разумеется, блеск и цвет компонентов каждой системы, как правило, неодинаков, но можно считать, что кружки соответствуют их среднему блеску и цвету.

Четыре переменные типа W UMa, открытые в NGC 188, занимают очень узкую область главной последовательности скопления ($+0^m.8 < B-V \leq +0^m.9$).

Таблица 2

J.D. hel 24...	EP	EQ	ER	ES	B/V
38489.4933	—	—	17 ^m .07	16 ^m .77	B
516.385	—	—	16 .35:	—	B
702.5043	17 ^m .96	17 ^m .72	16 .92	16 .55	B
706.3004	—	—	16 .38	16 .54	B
.3521	—	—	17 .06	16 .86	B
707.3125	17 .50	18 .15	16 .50	16 .38	B
.3542	17 .50	17 .38	17 .17	16 .62	B
929.4259	—	16 .04:	15 .72	15 .48	V
982.4892	—	16 .40	15 .91	15 .84	V
997.3829	17 .70	17 .40	16 .95	16 .66	B
.4800	—	16 .75	15 .35	15 .95	V
998.4644	—	16 .44	15 .84	15 .84	V
999.3528	—	16 .54	15 .91	15 .99	V
.4517	—	—	16 .58	16 .46	B
39003.395	—	—	16 .52	—	V
.5040	—	—	16 .73	16 .60	B
029.2505	16 .60	17 .02	16 .28	15 .66	V
.3405	16 .83	16 .56	15 .89	15 .99	V
.4560	17 .80	17 .36	16 .61	16 .80	B
033.3703	18 .09	18 .18	16 .94	16 .66	B
037.3448	—	—	16 .53	16 .67	B
082.2485	—	—	—	17 .07	B
083.4166	—	—	16 .82	17 .04	B
168.2275	—	—	16 .83	16 .57	B
208.3741	17 .80	17 .12	16 .73	16 .77	B
.4138	—	17 .87	17 .04	16 .92	B
.4859	—	—	16 .62	16 .72	B
.5594	—	17 .25	16 .75:	16 .80	B
213.4316	18 .0	17 .75	16 .82	16 .54	B
.4754	17 .90	17 .48	16 .57	16 .56	B
.5107	17 .43	—	16 .69	16 .72	B
.5517	—	—	17 .10	16 .91	B
.5864	—	—	16 .70	16 .66	B
236.2833	17 .60	17 .44	17 .14	16 .46	B
.3208	18 .1	17 .44	16 .39	16 .84	B
.3569	17 .80	17 .80	16 .57	16 .74	B
.3927	17 .66	17 .86	17 .01	16 .40	B
.4285	17 .65	17 .42	17 .02	16 .40	B
.4653	18 .20	17 .28	16 .52	16 .62	B
.5014	18 .06	17 .44	16 .68	17 .04	B

Таблица 2
(продолжение)

J.D. hel 24...	EF	EQ	ER	ES	B/V
39236.5375	17 ^m .53	17 ^m .53:	16 ^m .98	16 ^m .87	B
237.2778	17 .8	17 .8	17 .06	16 .54	B
.3144	17 .76	18 .2	16 .61	16 .62	B
.3507	—	—	16 .67	16 .80	B
.3854	17 .71	17 .58	17 .10	16 .90	B
.4201	17 .33	17 .30	17 .40	16 .45	B
.4549	18 .0	17 .9	16 .56	16 .75	B
.4893	17 .76	17 .72	16 .63	16 .60	B
.5243	17 .56	17 .31	16 .90	16 .94	B
238.3055	17 .56	—	16 .56	16 .45	B
.3451	17 .7	—	16 .67	16 .79	B
.3800	—	—	16 .90:	17 .02:	B
.4146	17 .63	17 .55	16 .85	16 .61	B
.4510	17 .87	17 .68	16 .58	16 .55	B
.4840	—	—	16 .57	16 .42	B
240.3208	—	—	16 .45	16 .40	B
.3549	17 .9	—	16 .58	16 .65	B
.3889	—	—	16 .70	16 .50	B
.4233	17 .65	17 .76	16 .75	16 .75	B
.4569	17 .54	17 .35	16 .70	16 .75	B
.4934	17 .82	17 .57	16 .63	16 .63	B
.5299	—	—	17 .03	16 .50	B
245.3576	16 .73	16 .65	15 .75	15 .78	V
.4421	17 .06	16 .64	15 .95	15 .94	V
263.4448	—	—	15 .92	15 .86	V
264.3611	—	—	15 .68	15 .81	V
265.3990	—	—	—	16 .46	B
270.3731	—	—	16 .72	16 .8	B
404.2911	—	—	16 .30	15 .98	V
.5276	—	—	16 .06	15 .83	V
426.3598	16 .8	17 .14	15 .78	15 .82	V
439.2994	17 .20	16 .84	15 .99	15 .89	V
.3875	16 .77	16 .76	15 .88	15 .99	V
.4903	16 .60	16 .48	15 .88	15 .76	V
.5570	—	—	16 .08	15 .97	V
555.3842	17 .72	17 .28	16 .58	16 .58	B
557.3716	17 .71	17 .34	16 .46	16 .83	B
.4156	17 .50	17 .94	16 .90	16 .63	B
.4741	17 .68	17 .53	16 .60	16 .56	B
.5254	17 .72	17 .31	16 .49	16 .66	B
.5644	17 .72	17 .86	17 .03	16 .89	B
.6043	17 .60	17 .66	16 .73	16 .53	B
559.3615	17 .94	17 .30	16 .49	16 .49	B
.4042	17 .73	18 .07	16 .88	16 .82	B

Таблица 2
(продолжение)

JD. hel 24...	EP	EQ	ER	ES	B/V
39559.4503	17 ^m .63	17 ^m .48	17 ^m .08	16 ^m .54	B
561.3419	17 .50	17 .40	16 .68	16 .78	B
.3870	17 .78	17 .83	16 .68	16 .63	B
594.3171	17 .9	17 .50	16 .79	16 .60	B
.3504	17 .65	17 .30	16 .50	16 .90	B
.3851	17 .62	—	16 .56	16 .88	B
.4220	17 .60	—	17 .14	16 .67	B
.4561	18 .0	17 .36:	16 .70	16 .80	B
.4893	17 .60	17 .39	16 .52	16 .70	B
.5220	17 .2	—	16 .70	16 .86	B
.5547	17 .82	—	17 .06	16 .96	B
614.2852	18 .1	17 .25	17 .12	16 .57	B
.3192	17 .86	17 .78	17 .00	16 .43	B
.3526	17 .30	18 .06	16 .56	16 .50	B
.3859	17 .78	17 .40	16 .67	16 .78	B
.4192	17 .98	17 .56	16 .80	16 .70	B
.4526	17 .98	17 .42	16 .83	16 .52	B
.4859	17 .43	17 .90	16 .69	16 .50	B
.5206	17 .57	17 .73:	16 .60	16 .54	B
615.2858	17 .93	17 .85	17 .02	16 .69	B
.3184	18 .00	17 .74	16 .90	16 .64	B
.3525	17 .72	17 .28	16 .66	16 .40	B
.3851	17 .70	17 .41	16 .75	16 .71	B
.4198	17 .76	17 .92	17 .14	16 .79	B
.4532	18 .2:	17 .74	17 .07	16 .61	B
.4865	17 .66	17 .50	16 .61	16 .42	B
.5198	17 .46	17 .22	16 .55	16 .44	B
616.2865	17 .76	17 .50	17 .10	16 .93	B
.3205	18 .0:	17 .69	16 .88	16 .67	B
.3540	17 .53	18 .3:	16 .61	16 .62	B
.3873	17 .51	17 .54	16 .63	16 .40	B
.4205	17 .84	17 .51	16 .94	16 .74	B
.4540	17 .83	17 .52	16 .78	16 .82	B
.4873	—	—	16 .59	16 .90	B
624.3016	—	—	—	16 .66	B
.3356	17 .7	—	16 .72	17 .01	B
.3689	17 .58	18 .1:	16 .56	16 .68	B
.4023	17 .54	17 .34	16 .64	16 .64	B
.4356	—	17 .70	17 .04	16 .60	B
.4689	—	—	16 .20	16 .76	B
.5023	17 .30	—	16 .58	16 .91	B
705.4084	—	—	15 .88	15 .78	V
740.5353	16 .68	16 .64	15 .76	15 .82	V

Таблица 2
(продолжение)

LD.hel 24...	EP	EQ	ER	ES	B/V
39741.2754	—	—	15 ^m .78	15 ^m .84	V
.3484	—	—	15 .78	15 .75	V
753.2357	17 ^m .3:	17 ^m .00	15 .64	15 .80	V
.2836	16 .50	16 .50	16 .00	16 .21	V
755.2962	—	—	15 .94	15 .66	V
.3261	—	—	16 .0:	16 .3:	V
776.2324	16 .92	17 .04	15 .72	16 .09	V
.2879	16 .93	16 .80	16 .10	15 .81	V
.3279	—	—	16 .15:	16 .03:	V
779.1842	16 .98	16 .70	16 .14	15 .70	V
.2280	—	16 .64	15 .71	15 .82	V
.2745	16 .91	16 .65	15 .91	16 .02	V
.3236	16 .8	17 .09	16 .04	16 .04	V
.3681	16 .65	16 .58	15 .60	15 .75	V
.4378	—	16 .56	16 .24	15 .78	V
.4862	—	17 .0	15 .86	15 .94	V
.5261	16 .8	16 .44	15 .62	15 .62	V
.5677	16 .60	16 .4:	15 .98	15 .83	V
.6021	17 .0:	17 .2:	16 .22	15 .90	V
806.2210	16 .91	16 .60	15 .82	15 .76	V
.2730	16 .74	16 .73	15 .82	15 .73	V
.3230	16 .66	17 .50	16 .27	15 .95	V
.3585	16 .84:	16 .70	15 .87	16 .08	V
816.1881	16 .69	16 .50	16 .09	15 .69	V
.250	—	—	15 .72	15 .90	V
919.2492	17 .10	17 .10	15 .78	15 .72	V
.2874	16 .65	16 .89	15 .90	15 .84	V
.3191	16 .80	16 .54	16 .22	15 .80	V
936.2902	—	16 .9:	15 .87	16 .10	V
.3195	—	16 .8:	16 .40	16 .14	V
964.4566	17 .00	16 .43	16 .14	15 .79	V
.5115	16 .70	16 .92	15 .76	15 .78	V
967.2878	16 .86	16 .88	15 .75	16 .03	V
.3528	17 .10	16 .50	15 .72	15 .80	V
975.3507	17 .02	16 .40	15 .96	16 .16	V
.3997	16 .90	17 .03	15 .75	15 .88	V
977.4149	16 .60	16 .88	15 .75	16 .00	V
.4742	—	17 .50	17 .04	16 .50	B
40004.3525	16 .70	16 .40	15 .95	15 .72	V
005.3414	17 .2:	16 .80	16 .20	16 .08	V
301.2970	17 .7	17 .30	16 .66	16 .54	B
.3602	17 .68:	—	16 .88	16 .99	B
308.3022	—	17 .7:	16 .60	16 .72	B

Таблица 2
(продолжение)

JD. hel 24...	EP	EQ	ER	ES	B/V
40308.3497	—	17 ^m 1:	16 ^m 98	16 ^m 57	В
309.3168	17 ^m 6	—	16 .66	16 .73	В
324.3118	—	17 .4	16 .78	16 .94	В
446.3584	—	17 .9	17 .39	16 .67	В
452.3580	—	(17 .9	16 .88	16 .70	В
457.3638	17 .53	17 .62	16 .98	17 .08	В
474.3609	—	17 .52	17 .28	16 .53	В
475.3763	17 .46	—	17 .06	16 .64	В
479.2883	17 .58	17 .30	16 .37	16 .78	В
490.2919	17 .5	(17 .8	16 .44	16 .98	В
.3620	—	—	17 .25	16 .65	В
481.3435	17 .7	17 .43	16 .38	17 .04	В
719.3770	(17 .9	17 .9	16 .96	16 .72	В
.4221	17 .58	17 .46	16 .57	16 .58	В
.4638	—	17 .42	16 .37	16 .64	В
724.3545	17 .53	17 .24	16 .96	16 .82	В
.4004	17 .4	17 .9	16 .90	16 .62	В
.4458	18 .0:	—	16 .46	16 .77	В
728.3512	17 .7	17 .46	16 .83	16 .54	В
.3983	17 .8	17 .67	17 .01	16 .80	В
.4407	—	—	16 .4	16 .8	В
729.3732	—	—	17 .0	16 .4	В
802.3700	17 .67	17 .9	17 .02	16 .93	В
804.4245	18 .0	17 .60	16 .64	16 .70	В
808.3799	17 .55	18 .0	17 .10	16 .98	В
809.4063	17 .51	17 .54	16 .83	16 .75	В

Литература:

1. C. Hoffmeister, MVS 2, H. 4, 1964; IBVS No. 67, 1964; AN 288, 49, 1964.
2. Y. N. Efremov, P. N. Kholopov, B. V. Kukarkin, A. S. Sharov, IBVS No. 75, 1964.
3. П. Н. Холопов, А. С. Шаров, АЦ № 377, 1966.
4. П. Н. Холопов, А. С. Шаров, АЦ № 426, 434, 452, 1967.
5. П. Н. Холопов, Сообщения ГАИШ № 158, 1969.
6. Л. Ф. Истомин, АЦ № 448, 1967.
7. В. В. Прокофьева, С. Н. Ключков, АЦ № 584, 1970.
8. A. R. Sandage, ApJ 135, 333, 1962.
9. O. J. Eggen, A. Sandage, ApJ 158, No. 2, Part 1, 669, 1969.

Гос. астрономический институт
им. П. К. Штернберга
Декабрь, 1970 г.