

Фотоэлектрическая фотометрия WW Лисички в 1967–1982 годах Г. В. Зайцева

Приведены результаты фотоэлектрической фотометрии неправильной переменной WW Vul, выполненной в системе UB^v в 1967–1982 гг. Наблюдалось несколько ослаблений блеска с амплитудой более 2^m. Обнаружена неоднозначная зависимость между блеском V и показателями цвета (B–V) и (U–B). В ослаблениях блеска WW Vul найдена квази-периодичность с периодом 404 дня.

The Photoelectric Photometry of WW Vulpeculae in 1967–1982 by G.V. Zajtseva

Results are presented of the photoelectric photometry of the irregular variable WW Vul carried out in the UB^v system in 1967–1982. Several light weakening with the amplitude more than 2^m were observed. A non-heterogeneous relation between the V-brightness and (B–V), (U–B) colour indices is discovered. A quasi-periodicity with the period of 404 days is found in light weakenings of WW Vul.

WW Лисички является неправильной переменной спектрального типа A3ea (Меррилл, Бурвелл, 1949). Нерегулярный характер быстрых изменений блеска с большой амплитудой (до 1^m в 1 день) отмечали Хоффмейстер (1949); Циннер (1952). Фотоэлектрически звезду наблюдали Венцель (1968), Россигер и Венцель (1972).

На Крымской станции ГАИШ фотоэлектрические наблюдения WW Vul начаты автором в 1967 году и продолжаются до настоящего времени. В основном наблюдения выполнены с помощью 60-см рефлектора и автоматического электрофотометра. Небольшая часть наблюдений была опубликована ранее (Зайцева, 1970; Колотиллов и др., 1977). С тех пор были уточнены величины звезд сравнения, поэтому в таблице I собраны все наблюдения, начиная с 1967 года. В столбцах таблицы I помещены соответственно юлианская дата момента наблюдения, звездная величина V и показатели цвета (B–V) и (U–B). Ошибки наблюдений для величины V и показателя цвета (B–V) составляли ±0^m.01 и были в пределах 0^m.02–0^m.03 для показателя цвета (U–B). Основной звездой сравнения служила BD +20°4132, контрольной – BD +20°4137. Их звездные величины и показатели цвета определены в 5 различных ночей привязкой к фотоэлектрическому стандарту NGC 6633, ошибка в их определении не превышает 0^m.01. Данные об этих звездах приведены в таблице II.

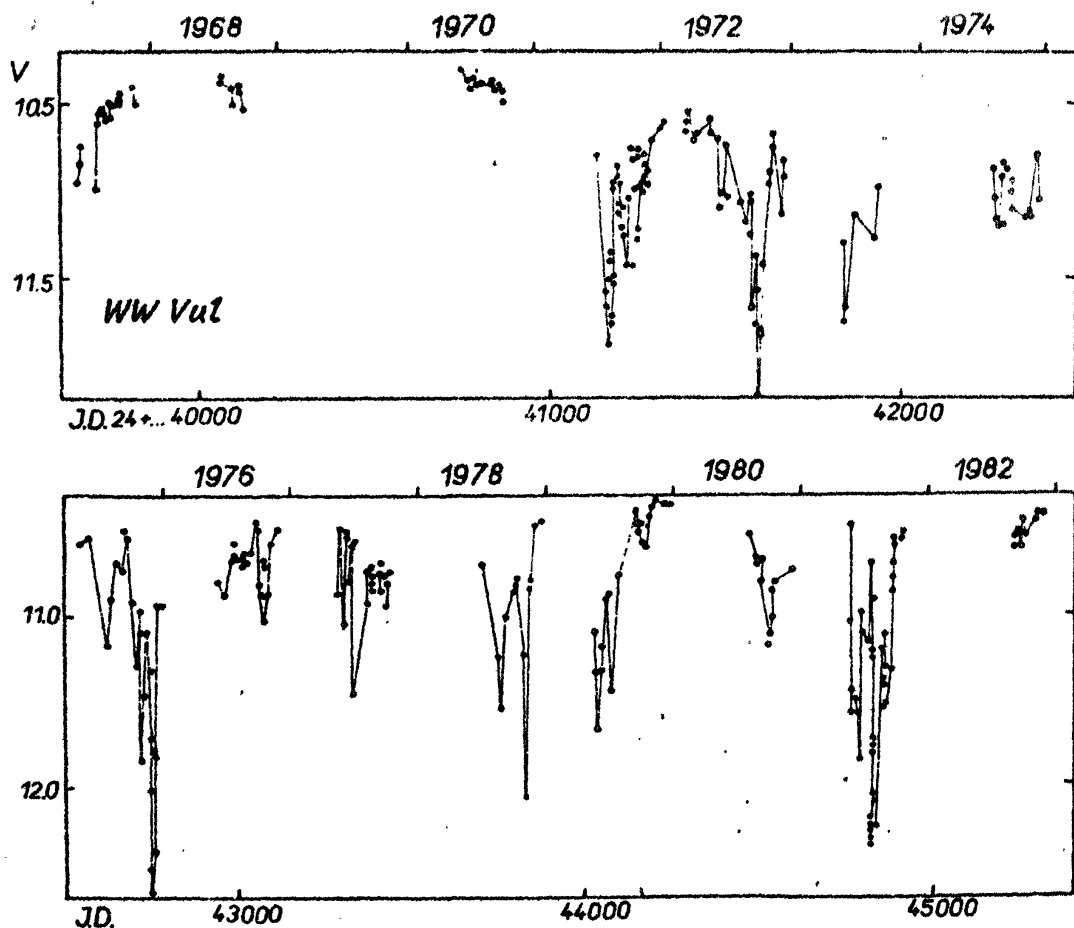


Рис. 1.

1. Изменение блеска.

На рис. 1 приведена кривая блеска WW Vul в лучах V. Максимальный блеск по многолетним наблюдениям составляет $10^{\text{m}3} - 10^{\text{m}4}$ V. Периоды относительного спокойствия звезды сменяются периодами активных изменений блеска. В периоды относительного спокойствия (часть 1967 года, 1968 и 1970 годы, конец 1979 и 1982 год) имели место небольшие колебания в максимуме яркости в пределах $10^{\text{m}4} - 10^{\text{m}6}$. В периоды активных изменений наблюдаются ослабления блеска, достигающие $2^{\text{m}0} - 2^{\text{m}2}$. Ослабления часто накладываются или следуют одно за другим. Наиболее глубокие минимумы наблюдались в 1972, 1975 и 1981 годах. Продолжительность минимумов от нескольких дней до 100–200 дней.

II. Изменения показателей цвета.

На рис. 2 представлены диаграммы, характеризующие изменение показателей цвета (B–V) и (U–B) при изменении блеска V. Амплитуда изменений показателей цвета составляет около $0^{\text{m}4}$ при изменениях блеска на $2^{\text{m}3}$. При этом разброс отдельных измерений значительно превышает их ошибки, что указывает на неоднозначность зависимости. В сред-

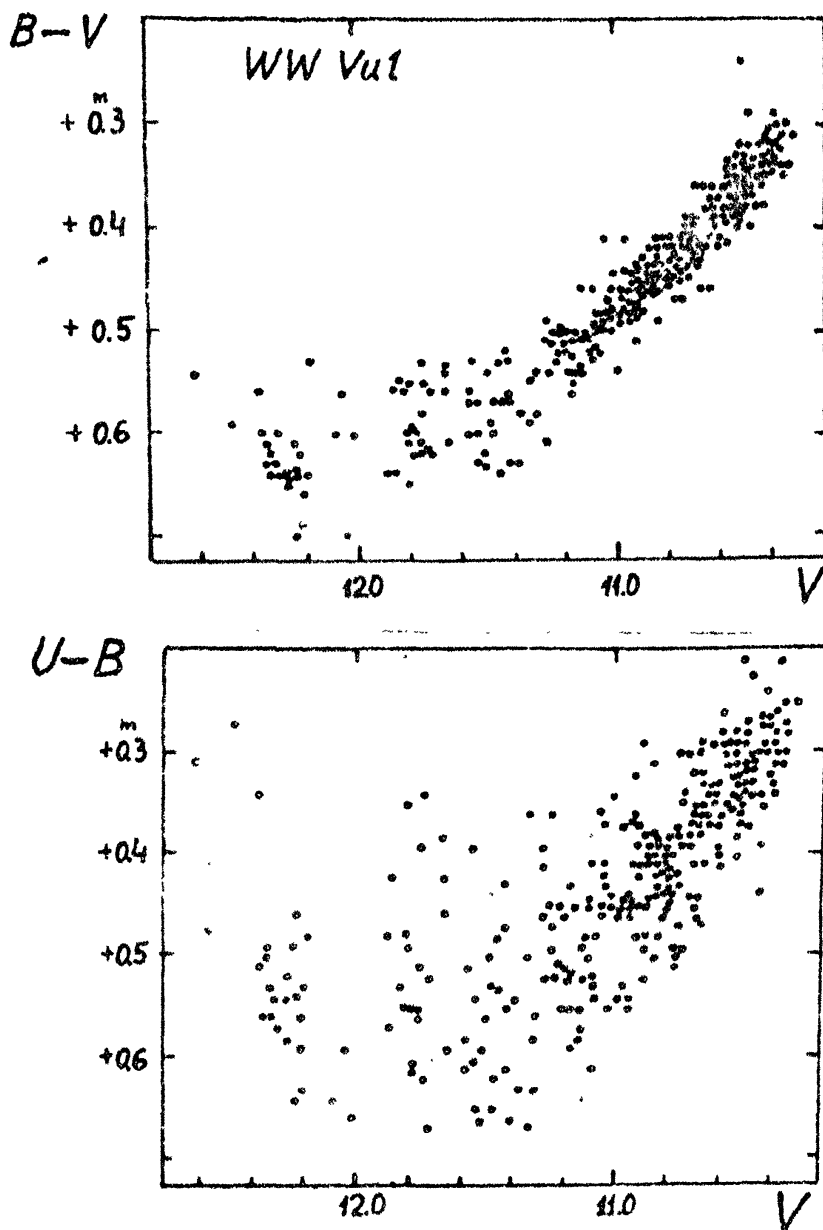


Рис. 2.

нем при ослаблении блеска от максимального до некоторого среднего происходит увеличение показателей цвета, а при дальнейшем ослаблении блеска направление изменений показателей цвета меняется на противоположное. Причем, показатели цвета ($U-B$) во время самых глубоких ослаблений, когда блеск звезды падает ниже 12^m , примерно такие же, как в максимуме блеска. В зависимости $V-(B-V)$ этот "загиб" выражен меньше.

III. Поиски периодичности в изменении блеска.

Анализ периодичности был проведен методом Диминга в интервале от 5000 дней до 3.95 дня. Единственным значимым периодом оказался $P = 404$ дня. Кривая блеска, построенная с этим периодом, показала наличие квазипериодичности минимумов, но точки, соответствующие мак-

симальному блеску в неактивной фазе, частично пришлось на фазу 0.7—0.8. Поскольку мы искали периодичность именно в ослаблениях блеска и с самого начала выделили активную и спокойную фазы в изменениях блеска WW Vul, были исключены из рассмотрения все пять указанных интервалов максимального блеска (неактивная фаза) и для контроля вновь определен период. Полученный период в пределах ошибок его определения совпал с периодом, найденным по всему наблюдательному материалу. На рис. 3 представлена кривая блеска, построенная с $P = 404$ дня.

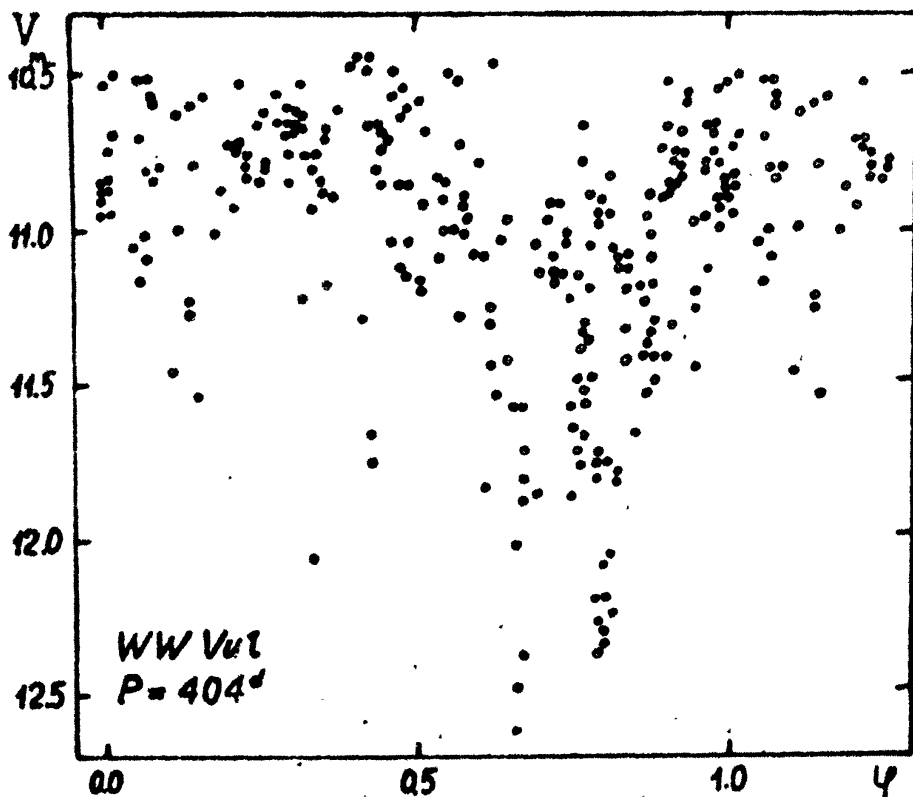
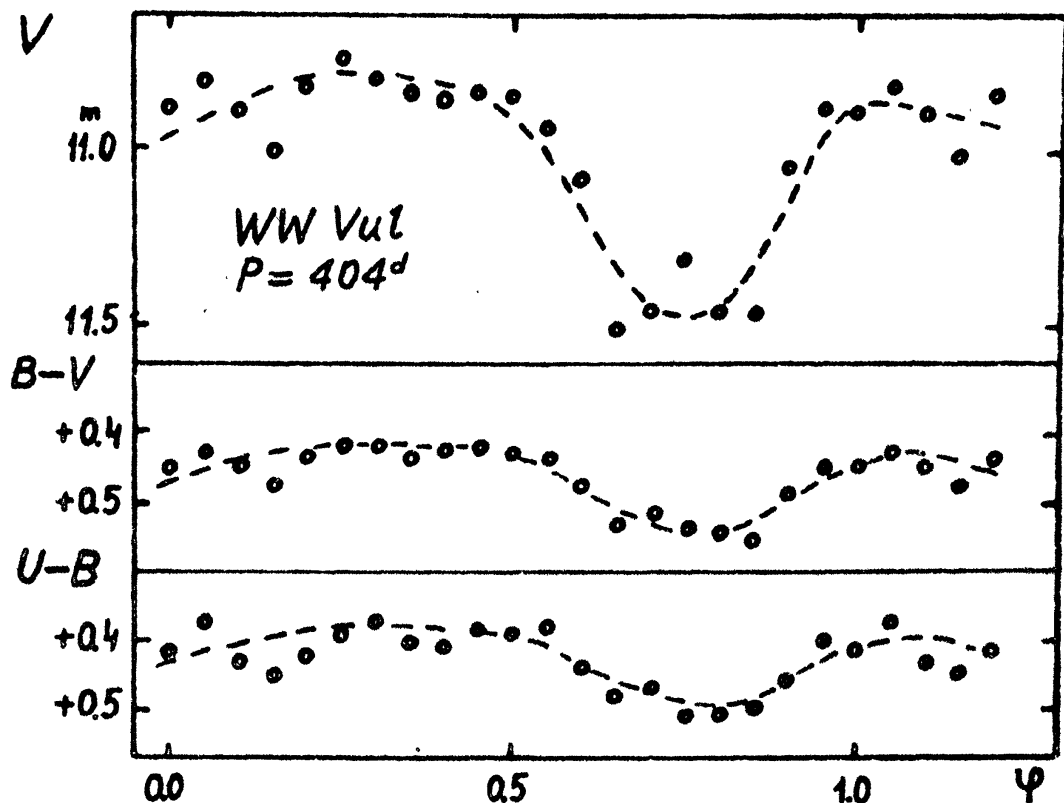


Рис. 3.

Начальная эпоха выбрана произвольно, она равна дате первого наблюдения: $\phi = (E - 2439650.0) 1/P$. Соответствующая средняя кривая изображена на рис. 4. Осреднение точек проводилось через 0.1 фазы, причем для получения более гладкой кривой смещение интервала, в котором проводилось осреднение, равнялось 0.05 фазы. Амплитуда средней кривой равна $0^m.6$. Кривые изменения показателей цвета $(B-V)$ и $(U-B)$, построенные с этим же периодом (рис. 4), имеют амплитуды $0^m.13$ и $0^m.11$ соответственно. Такое же соотношение амплитуд $\Delta(U-B)/\Delta(B-V)$ дает межзвездное поглощение.

IV. Обсуждение результатов.

Неоднозначный характер связи между блеском V и показателями цвета $(B-V)$ и $(U-B)$ был установлен ранее для ряда неправильных переменных звезд: UX Ori (Зайцева, 1973), VX Cas (Пугач, 1981), RZ Psc (Пугач, 1981; Зайцева, 1983). Для UX Ori наблюдаемые изменения блеска и показателей цвета рассмотрены в предположении, что в



Р и с. 4.

минимуме блеска увеличивается относительный вклад водородной эмиссии в непрерывном спектре и в линиях. Подтверждением этого вывода служили наблюдавшиеся изменения интенсивности $H\alpha$ -эмиссии в спектре UX Ori (Зайцева, Колотиллов, 1972).

Для WW Vul было показано (Зайцева, Чугайнов, 1983), что ослабления блеска звезды в полосах UVB могут быть объяснены рассеянием и поглощением света в неоднородной пылевой оболочке, состоящей из силикатных частиц, средний радиус которых 0.16 мкм и общее число $10^{36}-10^{37}$. Период обращения пылинок в случае их движения по круговым орбитам с радиусом $1.5 \cdot 10^{13}$ см оценивается в 0.7 года. Исходя из продолжительности ослаблений блеска размер неоднородностей принимается равным $10^{13}-10^{12}$ см.

Полученная нами квазипериодичность в ослаблениях блеска WW Vul ≈ 404 дням находится в согласии с этими выводами. Пылевая оболочка, удаленная от звезды на расстояние около $100 R_*$, имеет, по-видимому, отдельные неоднородности, "сгущения", ответственные за ослабления блеска. Безусловно, на излучение звезды накладывается также излучение горячего газа внутренних частей оболочки с температурой $\approx 10^4$ К. Это может служить причиной того, что ослабления блеска сопровождаются относительным усилением излучения на длинах волн $\leq 4000 \text{ \AA}$. Совокупность этих причин, а также возможная физическая переменность самой звезды может дать объяснение сложной наблюдаемой картине переменности.

Автор выражает искреннюю благодарность В.М.Лютину за проведение расчетов по поиску периода и полезное обсуждение результатов.

Таблица I

JD 24...	V	B-V	U-B	JD 24...	V	B-V	U-B
39650.479	10 ^m .95	+0 ^m .49	+0 ^m .54	41235.198	10 ^m .75	+0 ^m .44	+0 ^m .38
653.436	10.84	0.44	0.43	236.195	10.81	0.45	0.44
655.493	10.74	0.41	0.30	237.194	10.75	0.45	0.43
700.410	10.99	0.49	-	239.263	10.80	0.44	0.40
703.344	10.60	0.41	0.37	245.193	10.98	0.46	0.46
713.392	10.55	0.39	-	246.191	11.27	0.49	0.46
715.427	10.55	0.38	-	247.231	11.21	0.50	0.45
717.326	10.53	0.38	0.30	252.260	10.97	-	-
728.312	10.56	0.35	0.31	254.276	10.79	0.43	0.42
729.292	10.58	0.36	0.29	262.177	11.00	-	-
730.306	10.59	0.37	0.28	263.175	10.94	0.49	0.46
737.264	10.49	0.38	0.29	265.185	10.85	0.44	0.31
738.310	10.50	0.35	0.33	267.182	10.90	0.46	0.41
739.301	10.52	0.33	0.33	268.215	10.89	0.46	0.48
764.323	10.48	0.29	0.27	272.177	10.96	0.48	0.45
765.296	10.49	0.34	0.32	289.177	10.71	0.42	-
766.321	10.47	0.35	0.22	315.178	10.63	0.46	-
807.088	10.41	0.31	0.24	322.171	10.60	0.42	0.40
817.026	10.50	0.24	0.21	389.62	10.61	-	-
40062.400	10.34	0.30	0.27	390.604	10.62	0.38	0.35
063.372	10.35	0.31	0.25	393.560	10.53	0.40	0.29
095.345	10.40	0.33	0.27	411.506	10.71	0.41	0.38
097.375	10.51	0.32	0.32	413.500	10.67	0.46	0.47
112.367	10.49	0.33	0.31	455.512	10.56	0.34	0.36
116.326	10.42	0.35	0.29	459.405	10.64	0.41	0.34
122.306	10.54	0.37	0.28	478.451	10.69	0.39	0.41
745.430	10.30	0.31	0.25	484.479	11.09	0.48	0.41
765.429	10.36	0.32	0.31	486.483	11.00	-	-
771.431	10.36	0.30	0.31	500.381	11.02	0.38	-
773.472	10.41	0.33	0.35	501.392	10.73	0.40	0.35
780.415	10.38	0.29	0.34	546.372	11.05	0.50	0.36
800.402	10.38	0.34	0.26	559.280	11.17	0.52	0.43
832.318	10.39	-	-	565.322	11.04	0.48	0.37
833.278	10.38	0.34	0.28	566.290	11.02	0.48	-
839.342	10.42	0.34	0.30	570.256	11.24	0.50	0.36
848.251	10.39	0.33	0.33	577.274	11.67	0.54	0.36
859.328	10.43	0.38	0.27	578.258	11.56	0.53	0.35
860.212	10.48	0.32	0.37	582.323	11.36	-	-
41130.378	10.79	0.45	0.42	588.309	11.75	0.53	0.34
166.329	11.57	0.57	0.51	590.361	12.19	0.53	-
.497	11.65	0.61	0.59	596.312	11.82	0.56	-
167.444	11.87	0.64	0.57	598.326	11.80	0.55	0.35
168.439	11.72	0.56	0.67	604.216	11.43	0.52	0.43
169.410	11.76	0.58	0.51	619.251	10.96	0.41	0.37
170.332	11.49	0.59	0.50	623.198	10.89	0.43	0.29
171.344	11.39	0.63	0.54	632.338	10.74	0.41	0.34
172.362	11.34	0.59	0.67	634.197	10.67	0.42	0.30
174.346	11.52	0.63	0.66	658.161	11.13	0.46	0.49
.410	11.52	0.62	0.59	659.17	10.80	0.42	-
176.388	11.48	0.60	0.65	663.171	10.91	0.45	-
180.352	10.98	0.49	0.54	838.417	11.28	0.51	0.41
181.423	10.95	0.48	0.45	843.470	11.66	0.54	0.42
184.399	10.91	0.46	0.39	844.483	11.75	0.55	0.39
188.311	10.84	0.44	0.41	865.362	11.12	0.51	0.48
190.481	10.95	0.47	0.44	919.460	11.25	0.51	0.45
194.396	11.07	0.52	0.48	932.236	10.96	0.44	0.45
196.429	11.12	0.51	0.52	42267.359	10.86	0.45	0.39
197.252	11.10	0.52	0.50	268.310	11.04	0.47	0.42
204.246	11.20	0.50	0.55	271.381	11.15	0.50	0.45
212.222	11.24	0.50	0.47	281.421	11.19	0.52	0.46
217.345	11.03	0.48	0.43	282.469	11.19	0.50	-
219.225	11.42	0.53	0.47	286.421	10.91	0.44	0.37
227.201	11.42	0.57	0.55	292.271	10.84	0.41	0.42

Таблица I (продолжение)

JD 24...	V	B-V	U-B	JD 24...	V	B-V	U-B
42295.370	10 ^m 85	+0 ^m 43	+0 ^m 39	43320.419	10 ^m 59	+0 ^m 40	+0 ^m 36
305.415	11.00	0.44	0.34	321.444	10.58	0.39	0.36
310.414	10.92	0.44	0.37	331.426	11.46	0.53	0.48
311.415	10.92	0.44	0.32	370.355	10.93	0.49	0.45
316.419	11.09	0.46	-	374.278	10.74	0.45	0.49
358.28	11.14:	-	-	375.412	10.74	0.44	0.49
367.165	11.14	0.54	0.57	377.424	10.76	0.43	0.49
369.162	11.14	0.54	0.58	378.435	10.84	0.49	0.44
387.174	10.79	0.45	0.44	379.437	10.80	0.42	0.44
392.161	11.05	0.49	0.46	405.312	10.75	0.44	0.47
543.478	10.57	0.34	0.35	406.226	10.85	0.46	0.50
567.385	10.53	0.37	0.32	408.250	10.68	0.43	0.44
625.358	11.17	0.55	0.59	418.336	10.76	0.43	0.38
629.459	10.90	0.46	0.48	420.238	10.94	0.48	0.55
653.248	10.67	0.40	0.41	423.224	10.80	0.45	0.45
661.303	10.74	0.47	0.39	424.310	10.75	0.44	0.47
671.369	10.49	0.37	0.28	698.404	10.70	0.39	0.44
673.349	10.54	0.35	0.36	745.365	11.23	0.53	0.52
699.296	10.91	0.45	0.42	747.301	11.26	0.54	0.52
709.321	11.28:	0.61:	0.39:	751.271	11.54	0.57	0.54
718.235	10.95	0.46	0.44	764.276	11.01	0.46	0.44
719.207	11.09	0.52	0.45	791.308	10.85	0.44	0.38
724.258	11.84	0.55	0.53	796.262	10.80	0.44	0.42
726.183	11.08	0.50	0.54	797.264	10.79	0.42	0.44
728.204	11.44	0.57	0.53	821.242	11.22	0.52	0.51
730.201	11.31	0.54	0.56	827.236	12.06	0.56	0.01
731.213	11.54	0.63	0.60	831.210	10.84	0.46	0.48
744.251	12.48	0.59	0.27	835.172	10.89	0.46	0.49
745.230	12.62	0.54	0.31	850.171	10.47	0.36	0.31
746.220	12.02	0.60	0.66	862.160	10.44	0.34	0.34
747.167	11.72	0.62	0.52	44028.427	11.09	0.50	0.52
748.177	11.88	0.64	0.48	030.410	11.14	0.54	0.55
749.170	12.38	0.56	0.34	031.392	11.33	0.58	0.50
750.176	11.81	0.60	0.55	033.486	11.66	0.56	0.46
768.167	10.92	0.51	0.41	044.340	11.33	0.55	0.36
774.175	10.92	0.47	0.36	046.346	11.18	0.54	0.52
943.424	10.79	0.45	0.38	052.320	10.90	0.48	0.45
960.387	10.87	0.45	0.38	058.400	10.88	0.46	0.45
981.442	10.66	0.42	0.29	074.360	11.45	0.64	0.53
989.435	10.63	0.38	0.33	088.285	10.76	0.47	0.42
993.475	10.56	0.38	0.29	134.277	10.40	0.34	0.27
995.470	10.66	0.36	0.33	137.247	10.39	0.34	0.29
43004.381	10.66	0.42	0.35	139.232	10.45	0.34	0.31
005.340	10.67	0.42	0.32	141.237	10.47	0.37	0.31
006.365	10.67	0.39	0.38	143.216	10.51	0.34	0.37
007.438	10.69	0.36	0.36	161.235	10.57	0.38	0.30
008.374	10.69	0.43	0.32	164.194	10.62	0.39	0.37
012.331	10.63	0.36	0.34	175.249	10.43	0.38	0.27
036.269	10.62	0.37	0.29	183.169	10.37	0.32	0.30
050.302	10.44	0.32	0.44	189.223	10.34	0.35	0.28
055.338	10.49	0.34	0.32	222.154	10.35	0.34	0.30
059.314	10.67	0.39	0.35	226.151	10.35	0.34	0.21
061.264	10.81	0.41	0.41	460.469	10.53	0.35	0.31
064.274	10.86	0.45	0.44	484.306	10.67	0.40	0.36
065.292	10.68	0.41	0.37	489.256	10.69	0.40	0.37
067.225	10.71	0.42	0.39	491.275	10.67	0.43	0.36
072.233	11.04	0.41	0.41	494.287	10.79	0.43	0.40
078.206	10.87	0.42	0.38	521.210	11.17	0.51	0.52
079.214	10.61	0.40	0.33	525.222	11.10	0.51	0.45
088.230	10.59	0.42	0.26	526.258	11.01	0.48	0.45
110.160	10.49	0.34	0.33	530.270	10.84	0.44	0.40
289.439	10.87	0.45	0.40	533.194	10.80	0.41	0.40
296.455	10.50	0.37	0.33	584.203	10.72	0.39	0.30
304.453	11.05	0.48	0.45	752.422	10.46	0.40	0.34
312.431	10.52	0.35	0.33	757.459	11.03	0.50	0.55
313.463	10.52	0.39	0.34	762.487	11.42	0.57	0.61
315.434	10.81	0.41	0.46	764.385	11.57	0.60	0.61

Таблица I (окончание)

JD 24...	V	B-V	U-B	JD 24...	V	B-V	U-B
44764.488	11 ^m .47	+0 ^m .57	+0 ^m .62	44820.315	12 ^m .27	+0 ^m .65	+0 ^m .58
768.473	11.57	0.56	0.58	.324	12.27	0.64	0.54
777.347	11.86	0.56	0.42	.346	12.22	0.69	0.59
786.394	10.97	0.47	0.53	.353	12.22	0.66	0.63
789.354	11.09	0.49	0.52	.361	12.24	0.64	0.64
806.320	11.15	0.54	0.55	821.321	12.09	0.60	0.64
809.340	10.68	0.41	0.46	824.306	12.24	0.70	0.46
813.406	10.89	0.44	0.52	825.313	12.05	0.70	0.59
815.393	11.20	0.51	0.51	845.332	11.18	0.56	0.55
.399	11.24	0.53	0.49	848.335	11.54	0.60	0.65
818.348	11.81	0.61	0.48	849.415	11.37	0.58	0.63
.357	11.81	0.65	0.49	850.390	11.40	0.63	0.66
.365	11.76	0.61	0.55	852.410	11.09	0.52	0.61
.380	11.79	0.60	0.55	853.389	11.32	0.58	0.63
.391	11.78	0.61	0.61	854.386	11.50	0.54	0.56
.402	11.78	0.62	0.61	866.224	11.31	0.58	0.58
.434	11.76	0.62	0.57	870.315	10.77	0.44	0.51
.441	11.74	0.62	0.62	871.353	10.86	0.43	0.40
819.282	12.20	0.64	0.48:	872.245	10.69:	0.40:	0.45:
.288	12.23	0.62	0.54	876.246	10.54	0.38	0.36
.296	12.21	0.64	0.53	877.303	10.58	0.39	0.35
.304	12.22	0.64	0.56	900.201	10.54	0.34	0.34
.310	12.25	0.61	0.49	901.272	10.53	0.36	0.36
.338	12.27	0.64	0.52	45225.343	10.59	0.39	0.41
.344	12.31	0.60	0.54	226.321	10.53	0.36	0.40
.427	12.37	0.60	0.51	229.312	10.51	0.36	0.36
.435	12.34	0.64	0.56	230.327	10.60	0.40	0.39
.444	12.33	0.63	0.53	240.244	10.44	0.32	0.39
.455	12.34	0.63	0.56	250.207	10.53	0.36	0.36
.471	12.34	0.62	0.49	284.183	10.43	0.35	0.30
.481	12.35	0.61	0.50	286.177	10.41	0.32	0.30
820.306	12.30	0.64	0.57	297.191	10.40	0.32	0.32

Таблица II

Звезда	V	B-V	U-B
BD+20°4132	10 ^m .49	+0 ^m .44	+0 ^m .04
BD+20 4137	10.09	+0.09	+0.07

Литература

- Венцель, 1968 – Wenzel W. in "Non-Periodic Phenomena in Variable Stars", IAU Colloquium, Budapest, p. 61.
- Зайцева Г.В., 1970, ПЗ 17, 294.
- Зайцева Г.В., Колотилев Е.А., 1972, АЦ № 699.
- Зайцева Г.В., 1973, ПЗ 19, 63.
- Зайцева Г.В., 1983, Астрофизика (в печати).
- Зайцева Г.В., Чугайнов П.Ф., 1983, Астрофизика (в печати).
- Колотилев Е.А., Зайцева Г.В., Шенаврин В.И., 1977, Астрофизика 13, 449.
- Меррилл, Бурвелл, 1949 – Merrill P.W., Burwell C.G., ApJ 110, 394.
- Пугач А.Ф., 1981, Препринт ИТФ-81-128Р.
- Россигер, Венцель, 1972 – Rössiger S., Wenzel W., AN 294, 29.
- Хоффмейстер, 1949 – Hoffmeister C., AN 278, 24.
- Циннер, 1952 – Zinner E., AN 281, 16.

Гос. астроном. ин-т
им. П.К.Штернберга,

Поступила в редакцию
13 июля 1983 г.