

Трехцветные фотоэлектрические наблюдения
затменно-двойной CQ Цефея

П.Ф.Чугайнов

Получены трехцветные фотоэлектрические наблюдения затменно-двойной типа Вольф-Райе CQ Cep с помощью фотометра, установленного на 20-см рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Применялся фотоумножитель ЕМІ 9502 В и фильтры UG-2, CC-5 и GG-11. Цветовая система совпадает с системой U, B, V.

Во время максимумов блеска звезда ярче в третьей квадратуре, чем в первой, на 0^m.022 в желтых лучах и на 0^m.024 в синих лучах. В ультрафиолетовых лучах в обоих максимумах звезда имеет приблизительно одинаковый блеск.

Глубины главного минимума равны: в желтых лучах 0^m.49, в синих — 0^m.46 и в ультрафиолетовых — 0^m.54. Глубины вторичного минимума: 0^m.35, 0^m.32 и 0^m.39 — соответственно. Обсуждается вопрос о причине меньшей глубины минимумов в синих и желтых лучах по сравнению с глубиной в ультрафиолетовых лучах. Указывается, что такой причиной может быть усиление интенсивности эмиссионных полос в спектре CQ Cep во время минимумов блеска, отмеченное Хилтнером и Баппу и Синвхалом. Проведены расчеты, подтверждающие это в отношении глубины минимумов в синих лучах. Однако остается неясным, можно ли объяснить этой причиной меньшую глубину минимумов в желтых лучах.

Three-Colour Photoelectric Observations of the Eclipsing
Variable CQ Cep

P.F. Tchugainov

Three-colour photoelectric observations of the Wolf-Rayet eclipsing variable CQ Cep were made with a photometer attached to the 20-cm reflector of the Crimean Astrophysical Observatory. A EMI 9502 B photomultiplier and UG-2, CC-5 and GG-11 filters were used. The obtained colour system is identical with the U, B, V system.

At brightness maxima the star is brighter in the third quadrature than in the first by 0^m.022 in yellow light and 0^m.024 in the blue. In the ultraviolet the brightness of the star is about the same at both maxima.

The depths of the primary minimum are 0^m.49 — yellow, 0^m.46 — blue and 0^m.54 — ultraviolet. The depths of the secondary minimum are correspondingly: 0^m.35, 0^m.32 and 0^m.39. The cause of the smaller depths of minima in blue and yellow light as compared with that in the ultraviolet is discussed. It is pointed out that the cause may be the enhancement of

the emission bands in the spectrum of CQ Cep at minimum brightness, noted by Hiltner, Bappu and Sinihal. Computations confirm this supposition for the depths of the minima in the blue. However it is not clear if the smaller depths of minima in yellow light may be due to the same cause.

1. Затменно-двойная типа Вольф-Райе CQ Cep была открыта С.И. Гапошкиным [1], который обнаружил, что в интервале J.D. 2415500 — 30500 ее период менялся. Он дал для нее элементы:

$$\text{Min} = \text{J.D. } 2422287 + 1^d 641272 \cdot E. \quad (1)$$

В.А. Хилтнер [2], получив фотоэлектрические наблюдения этой звезды в 1947 г., обработал их со значением периода, полученным С.И. Гапошкиным, и эпохой главного минимума J.D. 2432456.668.

В ОКПЗ, 1958 даны элементы:

$$\text{Min} = \text{J.D. } 2432456.668 + 1^d 641248 \cdot E, \quad (2)$$

полученные составителями каталога.

Мы наблюдали эту звезду в 1958 и 1959 г.г. с помощью фотоэлектрического фотометра, установленного на 20-см рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Был использован фотоумножитель с сурьмяно-цезиевым фотокатодом ЕМІ 9502 В и следующие фильтры: UG-2 — для выделения излучения в ультрафиолетовых лучах, СС-5 — в синих лучах и GG-11 — в желтых лучах. Применялись методы интегрирования фототока в течение промежутка времени 30 сек. В 1958 г. использовался метод счета фотонов, в 1959 г. — метод накопления заряда на конденсаторе.

Цветовая система, как показали специальные наблюдения 9 звезд из скопления Плеяды, в пределах ошибок наблюдения совпадала с системой U, В, V.

Звездой сравнения была BD + 55° 2756. Согласно каталогу Хилтнера [3], ее звездная величина V = 9^m36.

Таблица 1.

Фотоэлектрические наблюдения CQ Cep

J.D.	Фаза	Δm_F	Δm_C	Δm_J	J.D.	Фаза	Δm_F	Δm_C	Δm_J
2436...					2436...				
483.276	0.385	-0.590	-0.568	-0.637	485.268	0.599	-0.426	-0.413	-0.496
.308	0.404	-0.531	-0.527	-0.588	.307	0.622	-0.482	-0.467	-0.532
.339	0.423	-0.501	-0.483	-0.552	.338	0.641	-0.524	-0.495	-0.567
.368	0.441	-0.427	-0.432	-0.491	.379	0.666	-0.569	-0.526	-0.600
484.260	0.984	-0.277	-0.268	-0.349	.414	0.687	-0.607	-0.564	-0.645
.316	0.018	-0.257	-0.244	-0.330	.454	0.712	-0.651	-0.588	-0.689
.351	0.040	-0.300	-0.297	-0.378	.485	0.731	-0.652	-0.615	-0.695
.365	0.048	-0.336	-0.313	-0.402	.526	0.756	-0.681	-0.668	-0.711
.384	0.060	-0.379	-0.345	-0.436	.546	0.768	-0.717	-0.658	-0.733
.402	0.071	-0.411	-0.375	-0.465	488.286	0.437	-0.463	-0.450	-0.514
.415	0.079	-0.429	-0.421	-0.470	.318	0.457	-0.407	-0.386	-0.453
.436	0.092	-0.462	-0.464	-0.498	.346	0.474	-0.378	-0.356	-0.424
485.235	0.578	-0.409	-0.374	-0.435	.372	0.490	-0.348	-0.345	-0.381

Таблица 1 (продолжение)

J.D.	Фаза	Δm_D	Δm_C	$\Delta m_{\text{ж}}$	J.D.	Фаза	Δm_D	Δm_C	$\Delta m_{\text{ж}}$
2436...					2436...				
488.404	0.509	- 0.332	- 0.324	- 0.371	520.236	0.904	- 0.580	- 0.537	- 0.569
.447	0.535	- 0.340	- 0.333	- 0.382	.254	0.915	- 0.505	- 0.487	- 0.562
.473	0.551	- 0.367	- 0.358	- 0.397	.271	0.926	- 0.500	- 0.449	- 0.522
.505	0.571	- 0.367	- 0.369	- 0.434	.289	0.937	- 0.447	- 0.399	- 0.487
.535	0.589	- 0.426	- 0.382	- 0.456	.306	0.947	- 0.411	- 0.385	- 0.445
489.220	0.006	- 0.146	- 0.170	- 0.203	.326	0.959	- 0.340	- 0.335	- 0.382
.249	0.024	- 0.217	- 0.270	- 0.303	.344	0.970	- 0.293	- 0.301	- 0.372
.275	0.040	- 0.270	- 0.301	- 0.324	.361	0.980	- 0.261	- 0.283	- 0.332
.302	0.056	- 0.328	- 0.322	- 0.354	547.213	0.341	- 0.670	- 0.610	- 0.666
.329	0.073	- 0.349	- 0.367	- 0.411	.250	0.364	- 0.647	- 0.586	- 0.654
.356	0.089	- 0.441	- 0.418	- 0.473	.269	0.375	- 0.613	- 0.561	- 0.630
.388	0.109	- 0.476	- 0.442	- 0.505	.289	0.387	- 0.590	- 0.541	- 0.636
491.238	0.236	- 0.677	- 0.624	- 0.685	762.391	0.447	- 0.421	- 0.397	- 0.456
.263	0.251	- 0.697	- 0.627	- 0.699	.470	0.496	- 0.319	- 0.324	- 0.389
.285	0.265	- 0.698	- 0.630	- 0.691	763.366	0.042	- 0.265	- 0.255	- 0.335
.307	0.278	- 0.712	- 0.637	- 0.705	.406	0.066	- 0.336	- 0.293	- 0.365
511.185	0.390	- 0.579	- 0.541	- 0.598	.468	0.104	- 0.467	- 0.435	- 0.506
.209	0.404	- 0.549	- 0.478	- 0.558	.494	0.120	- 0.522	- 0.466	- 0.546
.233	0.419	- 0.520	- 0.459	- 0.531	791.295	0.058	- 0.378	- 0.348	- 0.420
.255	0.432	- 0.477	- 0.437	- 0.497	.337	0.084	- 0.454	- 0.418	- 0.499
.275	0.444	- 0.432	- 0.418	- 0.465	.375	0.107	- 0.524	- 0.480	- 0.566
.304	0.462	- 0.409	- 0.362	- 0.447	.421	0.135	- 0.554	- 0.532	- 0.603
.326	0.475	- 0.366	- 0.346	- 0.419	792.293	0.667	- 0.559	- 0.504	- 0.590
.349	0.489	- 0.349	- 0.334	- 0.383	.334	0.692	- 0.590	- 0.551	- 0.634
.376	0.506	- 0.324	- 0.341	- 0.376	.372	0.715	- 0.617	- 0.575	- 0.673
.401	0.521	- 0.330	- 0.325		.407	0.736	- 0.673	- 0.617	- 0.706
512.175	0.993	- 0.164	- 0.181	- 0.250	.432	0.751	- 0.698	- 0.620	- 0.735
.183	0.998	- 0.189	- 0.190	- 0.254	.458	0.767	- 0.721	- 0.646	- 0.735
.199	0.007	- 0.213	- 0.203	- 0.269	.485	0.784	- 0.706	- 0.655	- 0.722
.215	0.017	- 0.234	- 0.227	- 0.275	794.420	0.963	- 0.331	- 0.318	- 0.408
.231	0.027	- 0.267	- 0.257	- 0.299	.433	0.970	- 0.292	- 0.289	- 0.392
.248	0.037	- 0.290	- 0.273	- 0.325	.446	0.978	- 0.267	- 0.269	- 0.384
.265	0.048	- 0.306	- 0.321	- 0.365	.459	0.986	- 0.245	- 0.251	- 0.339
.285	0.060	- 0.360	- 0.348	- 0.393	.473	0.995	- 0.220	- 0.229	- 0.306
.302	0.070	- 0.381	- 0.347	- 0.423	.514	0.020	- 0.268	- 0.255	- 0.344
.320	0.081	- 0.367	- 0.377	- 0.437	795.476	0.606	- 0.476	- 0.410	- 0.514
.343	0.095	- 0.433	- 0.421	- 0.475	.515	0.630	- 0.508	- 0.464	- 0.545
.362	0.107	- 0.458	- 0.417	- 0.489	817.332	0.923	- 0.469	- 0.420	- 0.481
.380	0.118	- 0.486	- 0.433	- 0.542	.346	0.931	- 0.431	- 0.383	- 0.432
.403	0.132	- 0.530	- 0.470	- 0.575	.359	0.939	- 0.383	- 0.359	- 0.408
.428	0.147	- 0.545	- 0.507	- 0.594	.373	0.948	- 0.368	- 0.346	
518.196	0.661	- 0.555	- 0.504	- 0.569	.377	0.950			- 0.411
.224	0.678	- 0.580	- 0.535	- 0.608	.390	0.958	- 0.308	- 0.308	- 0.386
.241	0.689	- 0.604	- 0.536	- 0.620	.405	0.967	- 0.283	- 0.274	- 0.325
.258	0.699	- 0.611	- 0.561	- 0.624	.418	0.975	- 0.239	- 0.216	- 0.298
.275	0.709	- 0.619	- 0.569	- 0.646	.431	0.983	- 0.224	- 0.190	- 0.274
.294	0.721	- 0.625	- 0.588	- 0.667	.445	0.991	- 0.190	- 0.181	- 0.238
.311	0.731	- 0.635	- 0.592	- 0.678	.459	0.000	- 0.188	- 0.186	- 0.235
.330	0.743	- 0.683	- 0.602	- 0.698	.473	0.009	- 0.165	- 0.189	- 0.234
.350	0.755	- 0.700	- 0.636	- 0.727	.487	0.017	- 0.197	- 0.195	- 0.262
.368	0.766	- 0.691	- 0.673	- 0.742	.508	0.030	- 0.271	- 0.224	- 0.308
.389	0.779	- 0.699	- 0.684	- 0.743	.536	0.047	- 0.308	- 0.264	- 0.347
519.182	0.262	- 0.711	- 0.636	- 0.714	825.353	0.810	- 0.753	- 0.648	- 0.726
.201	0.274	- 0.717		- 0.723	.388	0.831	- 0.720	- 0.668	- 0.694
.220	0.285	- 0.717	- 0.630	- 0.720	.412	0.846	- 0.693	- 0.599	- 0.668
.239	0.297	- 0.725	- 0.628	- 0.715	.426	0.854	- 0.667	- 0.577	- 0.667
.258	0.308	- 0.701	- 0.628	- 0.710	.446	0.867	- 0.650	- 0.612	- 0.639
.276	0.319	- 0.695	- 0.608	- 0.704	.467	0.879	- 0.664	- 0.566	- 0.624
.296	0.332	- 0.668	- 0.621	- 0.690	.481	0.888	- 0.647	- 0.555	- 0.629
.314	0.342	- 0.639	- 0.618	- 0.689	.495	0.896	- 0.559	- 0.521	- 0.586
.334	0.355	- 0.647	- 0.595	- 0.656	.509	0.905	- 0.552	- 0.480	- 0.569
.353	0.366	- 0.646	- 0.551	- 0.615	.523	0.913	- 0.506	- 0.458	- 0.543
.373	0.378	- 0.572	- 0.556	- 0.620	.537	0.922	- 0.475	- 0.431	- 0.473
.394	0.391	- 0.575	- 0.540	- 0.601	870.251	0.166	- 0.602	- 0.551	- 0.623
.416	0.405	- 0.541	- 0.433	- 0.568	.380	0.244		- 0.610	- 0.696
.435	0.416	- 0.496	- 0.454	- 0.529	871.201	0.745	- 0.716	- 0.610	- 0.687
520.181	0.871	- 0.666	- 0.615	- 0.666	.214	0.753	- 0.719	- 0.620	- 0.712
.200	0.882	- 0.633	- 0.570	- 0.633	.228	0.761	- 0.706	- 0.632	- 0.722
.218	0.893	- 0.602	- 0.513	- 0.596	.241	0.769	- 0.722	- 0.635	- 0.737

Таблица 1 (окончание)

J.D.	фаза	$\Delta m_{\text{ф}}$	$\Delta m_{\text{с}}$	$\Delta m_{\text{ж}}$	J.D.	фаза	$\Delta m_{\text{ф}}$	$\Delta m_{\text{с}}$	$\Delta m_{\text{ж}}$
2436...					2436...				
871.256	0.778	-0.695	-0.649	-0.740	871.297	0.803	-0.695	-0.652	-0.714
.269	0.786	-0.678	-0.648	-0.742	.313	0.813	-0.672	-0.646	-0.699
.282	0.794	-0.694	-0.636	-0.727					

По наблюдениям 5—6 сентября 1959 г. мы определили эпоху главного минимума J.D.2436817.459 $\pm$ 0^d.003. Если в качестве другой эпохи использовать J.D.2432456.668, то получим значение $P = 1^d.641246$, что в пределах ошибок совпадает со значением (2). Поэтому мы обработали наши наблюдения, пользуясь элементами:

$$\text{Min} = \text{J.D.2436817.459} + 1^d.641248 \cdot E. \quad (3)$$

Последующая проверка по средним кривым блеска момента главного минимума способом Погсона показала, что принятая нами эпоха не нуждается в поправке.

Наблюдения приведены в табл. 1. В первом столбце даны моменты наблюдений в Юлианских днях, приведенные к центру Солнца, во втором — фазы, выраженные в долях периода, в третьем, четвертом и пятом — разности звездных величин $\Delta m_{\text{ф}}$, $\Delta m_{\text{с}}$ и $\Delta m_{\text{ж}}$ переменной и звезды сравнения в ультрафиолетовых, синих и желтых лучах в смысле CQ Сер — BD + 55° 2756. Эти разности были нами исправлены за дифференциальную экстинкцию, используя значения среднего коэффициента прозрачности.

Всего было получено по 167 наблюдений с каждым из фильтров.

На рис. 1 приведены полученные нами кривые блеска CQ Сер в желтых, синих и ультрафиолетовых лучах. Пунктиром показан ход изменения блеска в разные ночи.

Хилтнер [2] обнаружил, что кроме периодических изменений блеска у CQ Сер имеются еще и неправильные изменения от цикла к циклу. Наши наблюдения, как видно из рис. 1, подтверждают это, если только звезда сравнения BD + 55° 2756 не является переменной.

На кривых блеска заметно неравенство максимумов, часто наблюдающееся у тесных затменно-двойных. В максимуме, предшествующем главному минимуму (3-я квадратура), звезда ярче, чем в максимуме, предшествующем вторичному минимуму (1-я квадратура), на 0^m.022 в желтых лучах и на 0^m.024 в синих лучах. В ультрафиолетовых лучах в обоих максимумах звезда имеет приблизительно одинаковый блеск.

Мы вычислили также средние кривые изменения блеска CQ Сер в желтых, синих и ультрафиолетовых лучах, не внося однако поправок за изменение блеска системы от цикла к циклу, как это делал Хилтнер. Они приведены в таблицах 2, 3 и 4, где в столбцах последовательно даны: среднее значение фазы в долях периода, число наблюдений, из которых была образована средняя точка, и средние значения разностей звездных величин переменной и звезды сравнения в желтых, синих и ультрафиолетовых лучах.

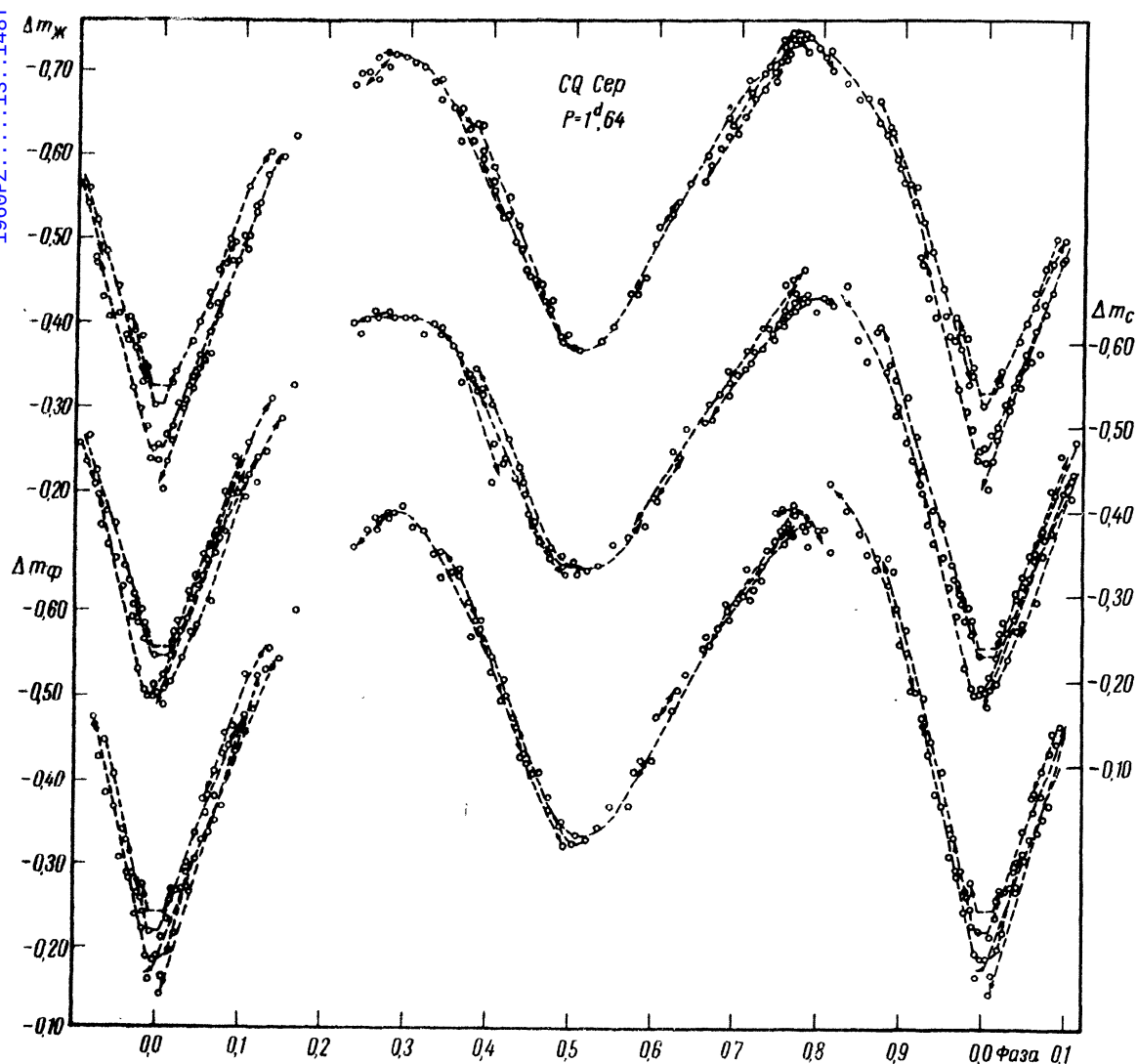


Рис. 1. Кривая блеска CQ Cep.

Верхняя кривая — в желтых лучах, средняя кривая — в синих, нижняя — в ультрафиолетовых. Пунктиром показан ход изменения блеска в разное дни.

Таблица 2.

Средняя кривая блеска CQ Cep в желтых лучах.

Фаза	$\Delta m_{\text{ж}}$	n	Фаза	$\Delta m_{\text{ж}}$	n	Фаза	$\Delta m_{\text{ж}}$	n	Фаза	$\Delta m_{\text{ж}}$	n
0.008	-0.234	4	0.273	-0.711	5	0.543	-0.390	2	0.798	-0.727	4
.019	-.296	4	.308	-.710	3	.579	-.442	3	.843	-.679	5
.031	-.322	4	.338	-.682	3	.609	-.514	3	.879	-.631	4
.041	-.345	4	.365	-.647	3	.644	-.560	3	.902	-.578	4
.050	-.378	4	.379	-.627	4	.675	-.605	4	.916	-.527	4
.065	-.412	4	.398	-.589	4	.697	-.637	4	.934	-.461	4
.075	-.453	4	.416	-.542	4	.720	-.677	4	.956	-.405	4
.091	-.433	4	.437	-.501	3	.739	-.696	4	.965	-.384	3
.106	-.513	4	.449	-.458	3	.755	-.720	4	.977	-.343	5
.120	-.562	3	.470	-.430	3	.764	-.734	4	.984	-.293	3
.149	-.607	3	.492	-.384	3	0.778	-0.736	4	0.994	-0.247	3
0.246	-0.693	3	0.508	-0.374	2						

Таблица 3

Средняя кривая блеска CQ Сер в синих лучах

Фаза	Δm_c	n	Фаза	Δm_c	n	Фаза	Δm_c	n	Фаза	Δm_c	n
0.008	- 0.185	4	0.271	- 0.632	3	0.515	- 0.324	2	0.814	- 0.654	4
.018	- .224	4	.294	- .531	3	.552	- .353	3	.860	- .601	4
.033	- .262	6	.334	- .614	4	.589	- .390	3	.886	- .553	4
.050	- .308	6	.360	- .590	2	.625	- .459	4	.904	- .504	4
.062	- .347	4	.376	- .559	4	.674	- .525	4	.921	- .440	4
.078	- .384	4	.389	- .541	3	.697	- .561	4	.938	- .382	4
.091	- .419	4	.411	- .476	5	.720	- .586	4	.957	- .327	4
.106	- .444	4	.428	- .447	3	.739	- .611	4	.972	- .287	4
.120	- .472	3	.444	- .416	3	.754	- .636	4	.984	- .247	5
.149	- .530	3	.467	- .362	4	.768	- .648	6	0.991	- 0.186	4
0.244	- 0.620	3	0.495	- 0.336	4	0.786	- 0.656	4			

Таблица 4

Средняя кривая блеска CQ Сер в ультрафиолетовых лучах.

Фаза	Δm_{ϕ}	n	Фаза	Δm_{ϕ}	n	Фаза	Δm_{ϕ}	n	Фаза	Δm_{ϕ}	n
0.008	- 0.174	4	0.275	- 0.714	4	0.552	- 0.358	3	0.857	- 0.675	3
.022	- .237	5	.308	- .707	3	.589	- .420	3	.879	- .648	4
.029	- .269	4	.336	- .669	2	.625	- .498	4	.900	- .573	4
.043	- .301	4	.357	- .645	4	.668	- .566	4	.919	- .496	4
.060	- .345	4	.384	- .586	6	.696	- .606	5	.934	- .440	4
.066	- .367	5	.404	- .540	3	.718	- .637	4	.949	- .364	3
.085	- .435	5	.419	- .506	3	.742	- .678	5	.964	- .311	3
.101	- .464	4	.434	- .470	2	.757	- .703	5	.975	- .280	4
.119	- .516	4	.450	- .419	5	.772	- .711	3	.984	- .241	4
.149	- .567	3	.482	- .360	4	.782	- .700	5	0.991	- 0.192	4
0.251	- 0.691	3	0.508	- 0.326	4	0.814	- 0.710	4			

2. Наиболее интересным феноменом у изучаемой звезды является неравенство глубин минимумов в разных лучах. Хилтнером это было отмечено при наблюдениях в ультрафиолетовых и желтых лучах. Наши наблюдения показывают, что различие глубин минимумов получается еще больше при сравнении кривых блеска в ультрафиолетовых и синих лучах. Глубина главного минимума равна: в желтых лучах — 0^m.49, в синих — 0^m.46 и в ультрафиолетовых — 0^m.54. Глубина вторичного минимума — 0^m.35, 0^m.32 и 0^m.39 — соответственно. Однако следовало бы ожидать, что кривые блеска в разных лучах должны быть идентичными, так как основная роль в создании непрозрачности в атмосферах компонент CQ Сер, по-видимому, принадлежит рассеянию на свободных электронах, не зависящему от длины волны.

Возможное объяснение получающегося противоречия заключается в следующем.

При фотометрии с широкополосными фильтрами мы измеряем суммарный эффект изменений интенсивности непрерывного спектра и накладывающихся на него в случае CQ Сер ярких эмиссионных полос. Как было впервые найдено Хилтнером [2] для полосы λ 4686 He II в спектре CQ Сер, кривая изменения интенсивности эмиссии представляет собой зеркальное отражение кривой изменения интенсивности непрерывного спектра: минимумам последней соответствуют максимумы первой. Баппу [4] и Баппу и Синвхал [5,6] обнаружили также усиление интенсивности эмиссионных полос $\lambda\lambda$ 4058 NIV, 4640 NIII, 4861 He II, 5411 He II, 5875 He I и 6560 He II во время минимумов

блеска CQ Сер. Поэтому измерения с широкополосными фильтрами должны дать заниженные глубины минимумов. Особенно сильные искажения внесут наиболее интенсивные полосы, находящиеся в синей и желтой частях спектра, и в этом мы видим причину большей глубины минимумов кривой блеска в ультрафиолетовых лучах по сравнению с кривыми блеска в синих и желтых лучах.

На важность учета влияния эмиссионных полос на фотографическую яркость звезд типа Вольф—Райе впервые было указано Б.А.Воронцовым—Вельяминовым [7].

Мы попытались количественно оценить величину искажений, вносимых эмиссией в кривую блеска CQ Сер в синих лучах.

Если m — звездная величина, полученная при наблюдениях с фильтром и учитывающая как излучение в непрерывном спектре, так и в эмиссионных полосах, и m_* — звездная величина, освобожденная от влияния эмиссионных полос, то согласно [7]:

$$m - m_* = -2.5 \log \frac{\sum p_\lambda W_\lambda + L}{L}$$

где

$$L = \int_0^\infty p_\lambda d\lambda$$

$$p_\lambda = \frac{\epsilon(\lambda) \phi(\lambda) \psi(\lambda) \chi(\lambda)}{[\epsilon(\lambda) \phi(\lambda) \psi(\lambda) \chi(\lambda)]_{\max}} \quad (4)$$

W_λ — эквивалентные ширины эмиссионных полос,

$\epsilon(\lambda)$ — функция распределения энергии в непрерывном спектре звезды,

$\phi(\lambda)$ — спектральная чувствительность приемника радиации — фотоумножитель плюс фильтр,

$\psi(\lambda)$ — коэффициент прозрачности атмосферы и

$\chi(\lambda)$ — коэффициент пропускания оптики; в нашем случае это были три аллюминированных зеркала и кварцевая линза Фабри. Поскольку для нашей оптической системы можно было ожидать слабую зависимость коэффициента пропускания от длины волны, то он был принят равным единице. Чтобы вычислить $\epsilon(\lambda)$, мы предположили, что в видимой части спектра звезда излучает как абсолютно черное тело с температурой $T = 8000^\circ$. Спектральная чувствительность фотоумножителя ЕМІ 9502 В была взята из прилагаемых к нему данных о средней спектральной чувствительности фотоумножителей этого типа. Коэффициент пропускания фильтров был измерен. Данные о коэффициенте прозрачности атмосферы были взяты из статьи В.А.Крата в 1 томе "Курса астрофизики и звездной астрономии".

* Такое значение цветовой температуры в видимой части спектра (без учета межзвездного поглощения) было получено Б.А.Воронцовым—Вельяминовым для звезд типа Вольф—Райе в созвездии Лебедь.

Эквивалентные ширины эмиссионных полос в спектре CQ Сер опубликованы только для $\lambda\lambda 4686 \text{ He II}$, 5411 He II и 5875 He I [6,8]. Поэтому нам пришлось вычислить W_λ остальных линий на основе данных об их относительных интенсивностях в спектрах звезд такого же спектрального класса, как у CQ Сер.

Спектральный класс CQ Сер оценен Хилтнером [9] как WN6. И.Андрейя [10] на основе разработанного ею критерия, состоящего в определении отношения интенсивностей инфракрасных эмиссионных полос $\lambda 7109\text{--}23\text{N IV}/\lambda 6560 \text{ He II}$ оценила его как WN5. Однако наличие в спектре CQ Сер яркой полосы $\lambda 4640\text{N III}$ и отношение интенсивностей полос $\lambda 5875 \text{ He I} / \lambda 5411 \text{ He II} \approx 0.7$ [8] говорит о том, что ее спектральный класс скорее WN6, чем WN5.

Поэтому мы приняли относительные интенсивности эмиссионных полос в спектре CQ Сер такими же, как у звезд спектрального класса WN6 HD 192163 и HD 191765. Данные об относительных интенсивностях эмиссионных полос для этих звезд были взяты из работы Б.А.Воронцова-Вельяминова [11]. Для приведения их к шкале эквивалентных ширин была внесена поправка за призматическую дисперсию. Приняв для полосы $\lambda 4686 \text{ He II}$ значение $W_\lambda = 29 \text{ \AA}$ вне затмений (1-я и 3-я квадратуры), мы вычислили величину $\Sigma p_\lambda W_\lambda = 29 \text{ \AA} \Sigma p_\lambda W_\lambda / W_{\lambda 4686 \text{ He II}}$ для участка спектра, охватываемого синим фильтром.

Далее мы предположили, что эквивалентные ширины всех эмиссионных полос в спектре CQ Сер изменяются в зависимости от фазы по такому же закону, какой был получен Хилтнером [2] для полосы $\lambda 4686 \text{ He II}$. На основе этого предположения мы вычислили изменения величин $\Sigma p_\lambda W_\lambda$ и $m - m_\star$. Как упоминалось, для полос $\lambda\lambda 4058\text{N IV}$, 4640N III и 4861 He II , находящихся в участке спектра, охватываемом синим фильтром, Баппу нашел изменения W_λ с фазой, аналогичные изменениям $W_{\lambda 4686 \text{ He II}}$. Вместе с полосой $\lambda 4686 \text{ He II}$ их общий вклад составляет около 60% величины $\Sigma p_\lambda W_\lambda$ для синего фильтра. Справедливость нашего предположения в отношении остальных полос подлежит проверке.

На рис. 2 сравнивается кривая изменения $m - m_\star$ (сплошная линия) и кривая изменения $\Delta m_c - \Delta m_\phi$ (точки), полученная вычитанием средней кривой блеска в синих лучах. Нуль-пункт кривой $m - m_\star$ был выбран так, чтобы получить наилучшее совмещение с кривой $\Delta m_c - \Delta m_\phi$.

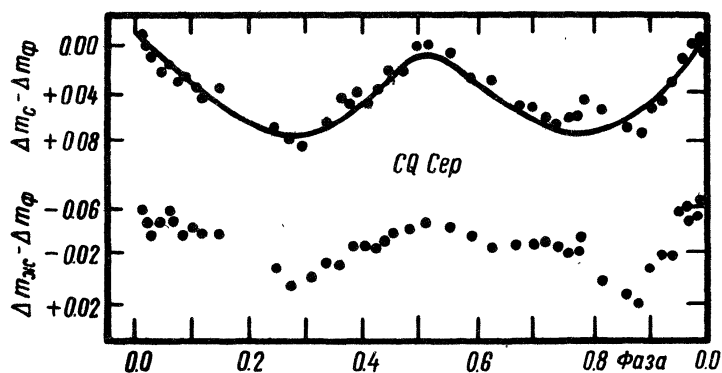


Рис. 2. Изменение цвета CQ Сер.

Эти две кривые были бы совершенно одинаковыми при справедливости основного предположения об изменении интенсивностей всех эмиссионных полос и следующих двух предположениях, уже упоминавшихся: 1) эмиссионные линии в участке спектра, охватываемом фильтром UG-2, слабы; 2) кривая изменения блеска, относящаяся к непрерывному спектру, не зависит от длины волны. В этом случае кривая изменения блеска в ультрафиолетовых лучах описывала бы изменения интенсивности непрерывного спектра, и ее вычитание из кривой блеска в синих лучах дало бы изменения интенсивности эмиссионных полос в зависимости от фазы. Как видно из рис.2, обе кривые действительно очень близки по форме и амплитуде, что делает наши предположения весьма вероятными.

На рис.2 нанесены также значения $\Delta m_{\text{ж}} - \Delta m_{\text{ф}}$ для различных фаз, полученные вычитанием средней кривой в ультрафиолетовых лучах из средней кривой в желтых лучах. Видно, что кривая изменения $\Delta m_{\text{ж}} - \Delta m_{\text{ф}}$ сходна по форме с кривой изменения $\Delta m_{\text{с}} - \Delta m_{\text{ф}}$.

К сожалению, в данном случае сведения об интенсивностях эмиссионных полос в участке спектра, охватываемом нашим приемником радиации (сурьмяно-цезиевый фотокатод плюс фильтр GG-11), очень скудны. Главным образом это объясняется провалом чувствительности панхроматических эмульсий вблизи $\lambda 5000 \text{ \AA}$. Согласно Баппу и Синвхалу [6], эквивалентная ширина полосы $\lambda 5411 \text{ He II}$ вне затмений равна $4.5 \text{ \AA}$. По данным Билса [8] эквивалентная ширина $W_{\lambda 5875 \text{ He I}}$ составляет около $0.7 W_{\lambda 5411 \text{ He II}}$. W_{λ} других полос в рассматриваемом участке спектра для CQ Сер и других звезд класса WN6 неизвестны. Если вычислить так же, как мы это делали для синей части спектра, изменения величины $m - m_{\star}$, исходя только из эквивалентных ширин полос $\lambda 5411 \text{ He II}$ и $\lambda 5875 \text{ He I}$, то получается амплитуда изменения $m - m_{\star}$ порядка $0^{\text{m}}.01$, в то время как наблюдаемая амплитуда $\Delta m_{\text{ж}} - \Delta m_{\text{ф}}$ гораздо больше. Поэтому причина отличия кривой изменения блеска CQ Сер в желтых лучах от кривой блеска в ультрафиолетовых лучах остается неясной.

Литература

1. S. Gaposchkin, ApJ **100**, №3, 242, 1944.
2. W.A. Hiltner, ApJ **112**, №3, 477, 1950.
3. W.A. Hiltner, ApJ Suppl. **1**, №24, 1956.
4. M.K. Vainu Bappu, AJ **56**, №5, 120, 1951.
5. M.K. Vainu Bappu, S.D. Sinhal, AJ **60**, №5, 152, 1955.
6. M.K. Vainu Bappu, S.D. Sinhal, Observatory **79**, №911, 140, 1959.
7. B.A. Voronzov-Veliaminov, ZsAp **10**, 353, 1935.
8. C.S. Beals, Publ. Obs. Victoria **6**, №9, 1934.
9. W.A. Hiltner, ApJ **99**, №3, 273, 1944.
10. Y. Andriolat, Publ. Obs. Haute Provence **3**, №54, 1957.
11. Б.А. Воронцов-Вельяминов, АЖ **23**, №1, 3, 1946.

Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР
Март 1960 г.