

## О КОЛЕБАНИЯХ БЛЕСКА И ЦВЕТА ЗВЕЗДЫ *P* ЛЕБЕДЯ

Н. Л. МАГАЛАШВИЛИ, Е. К. ХАРАДЗЕ

Звезда *P* Лебеда (*P Cygni*), являющаяся прототипом некоторой группы звезд, отличающихся известными физическими особенностями, и связанная по природе с другими звездами, характеризуемыми неустойчивым состоянием, представляет собой один из наиболее интересных и важных объектов астрономического исследования.

Известные для *P* Лебеда относительная молодость, большая светимость и огромные размеры, а также и другие признаки неустойчивости, заставили одного из нас предположить наличие хотя бы и относительно малых колебаний блеска и, возможно даже цвета *P* Лебеда, в связи с чем еще в 1935 году в Абастуманской астрофизической обсерватории были проведены пробные измерения блеска звезды при помощи установленного тогда впервые электрофотометра, позволяющего выявлять малые колебания блеска.

Тогда же и были обнаружены колебания блеска *P* Лебеда. В период с 11 сентября по 8 октября 1935 года амплитуда этих колебаний превзошла 0.16 зв. величины [1,2]. При повторных «разведочных» измерениях в 1936 году, были выявлены колебания блеска *P* Лебеда в пределах 0.10 зв. величины в период с 7 сентября по 11 ноября, а в 1937 году, с 8 сентября по 9 октября,—лишь в пределах около 0.08 зв. величины [3].

Колебание блеска оказалось небольшим, но вполне реальным, поскольку его величина во всех трех случаях лежит далеко за пределами ошибок проведенных электрофотометрических измерений. В Бюллетенях Абастуманской астрофизической обсерватории были опубликованы наблюдения и построенные по ним кривые блеска для означенных отрезков времени 1935, 1936 и 1937 годов [2,3]. Следует отметить, что измерений блеска *P* Лебеда вне этих отрезков времени не производилось, т. ч., поведение звезды в промежуточные периоды остается неизвестным.

С 1951 года мы предприняли более регулярные наблюдения блеска и цвета *P* Лебеда.

Наблюдения велись в периоды: июнь — август, октябрь — ноябрь 1951 г., май—сентябрь 1952 г., июль—декабрь 1953 г., август—сентябрь 1954 г., и июль—октябрь 1955 года, при помощи звездного электрофотометра, установленного в несмитовском фокусе 33-см рефлектора. Фотоэлемент—газополный, сурьмяно-цезиевый. Для фототоков применялось усиление. Постоянство чувствительности электрофотометра контролировалось светящимся радиоактивным веществом, служащим обычно фотометрическим стандартом при измерениях с данным электрофотометром. Так же, как обычно, применялась оптическая схема Фабри, при которой входной зрачек рефлектора, т. е. освещенное звездой параболическое зеркало, проектируется при помощи линзы на фотоэлемент. Этим исключаются ошибки фотометрического измерения, обусловленные несовершен-

Отв. редактор Е. К. Харадзе



ством гидрирования и неоднородностью чувствительности фотоэлемента по поверхности.

Наблюдения велись через два светофильтра, которым в комбинации с сурьмяно-цезиевым фотоэлементом соответствуют эффективные длины волн около 3750 и 5200 ангстрем, при температуре звезды около 30000°. С июня 1955 года для всех электрофотометрических измерений на 33-см рефлекторе стал применяться фотоумножитель. Эффективные длины волн, однако, не могли заметно измениться, т. к. использовался фотоумножитель, имеющий также сурьмяно-цезиевый фотокатод.

Определялись разности в звездных величинах Р Лебеда со звездами сравнения, при этом они строились по логарифмам отношений отбросов гальванометра, считаемых пропорциональными световым потокам, умноженным на -2.5.

Разности блеска исправлялись за экстинкцию при помощи формул:

$$(\Delta m_{\alpha, \beta}) = (\Delta m_{\alpha, \beta})_{\text{набл}} - \alpha F(\zeta),$$

где  $(\Delta m_{\alpha, \beta})_{\text{набл}}$  является наблюдаемой разностью блеска между звездой сравнения и фотометрическим стандартом,  $(\Delta m_{\alpha, \beta})$  — ее внеатмосферное значение,  $\alpha$  есть фактор экстинкции, а  $F(\zeta)$  — масса воздуха, определяемая зенитным расстоянием наблюдаемой звезды.

Фактор экстинкции определялся по способу наименьших квадратов как наименее вероятный для данной ночи, для которой обычно имелось по несколько уравнений, соответствующих приведенной формуле. Затем брались средние значения, выводимые из значений нескольких ночей.

Благодаря известному постоянству спектральной прозрачности атмосферы на горе Канобили в течение ночи, а также и в течение более длительного периода до 2—3 месяцев [4, 5, 6], и тому, что звезды сравнения расположены настолько близко к звезде Р Лебеда, что возможная максимальная разность масс воздуха  $F(\zeta)$  практически всегда меньше 0.100, не требовалось определение фактора экстинкции в каждую ночь.

В 1951, 1952 и 1953 годах в качестве фактора экстинкции использовались значения 0.472 и 0.240 для наблюдений через синий и желтый фильтры, соответственно. В 1954 и 1955 годах за таковые брались 0.473 и 0.196, выведенные в 1954 году как средние из определений в четыре ночи.

В качестве звезд сравнения мы пользовались звездами:

29 Лебеда (HD 192640; 5<sup>m</sup>.4; A0),

36 Лебеда (HD 193369; 5<sup>m</sup>.52; A0).

Впрочем, с 1954 года мы удовлетворялись одной лишь первой из указанных здесь двух звезд сравнения.

Среднюю ошибку определений можно считать равной  $\pm 0^m.006$ .

Наблюдения были выполнены, в основном, Н. Л. Магалашвили и Я. И. Кумсишвили. Участвовали в наблюдениях Т. Г. Мегрелишвили, Е. К. Харадзе и другие.

Ниже приводится таблица I, содержащая сами наблюдения, а также таблица II, в которой заключены значения «нормальных точек». Данные относятся ко всем годам 1951—1955 гг, хотя наблюдения за 1951 год уже опубликованы [7].

Построение таблиц понятно само собой. Для отдельных моментов наблюдений, выраженных в долях юлианских дней, даны разности в звезд-

Таблица I

Дата	Юлианский день	$\Delta m_{\alpha}$	$\Delta m_{\beta}$	Дата	Юлианский день	$\Delta m_{\alpha}$	$\Delta m_{\beta}$
1	2	3	4	1	2	3	4
1951, VI, 6	2433804.439	0 <sup>m</sup> .085	0 <sup>m</sup> .066		2434193.412	0 <sup>m</sup> .125	0 <sup>m</sup> .148
	453	077	060		428	137	016
	852.299	096	082		197.466	112	-048
	311	078	065		477	069	054
	322	094	070		211.371	183	203
	855.300	075	060		386	069	096
	340	099	060		405	163	144
	354	090	050		214.396	119	162
	368	088	056		412	132	175
	857.311	093	064		245.508	039	105
	322	043	029		522	020	087
	349	060	049		274.308	063	074
	362	057	032		340	096	083
	860.444	041	012		394	066	086
	456	034	028		276.328	112	132
	466	036	024		369	072	127
	478	018	020	IX, 20	411	110	168
	490	017	019				
	869.457	081	060				
	474	065	049	1953, VII, 20	2434579.413	0.027	-0.007
	490	074	070		469	-026	-028
	501	053	055		624.440	300	246
	512	050	050		626.297	055	100
	870.458	059	031		310	089	043
	469	054	047		324	046	059
	482	056	055		360	005	041
	493	064	061		651.291	051	087
	506	080	056		306	091	087
	517	047	049		321	106	113
	871.461	055	037		340	092	091
	473	047	040		652.267	106	091
	486	055	048		286	100	083
	497	055	051		687.222	097	063
	510	037	049		231	094	065
	521	038	041		259	093	072
	941.228	059	041		693.246	106	099
	224	029	029		313	096	096
	953.203	050	047		404	085	093
	229	048	034		717.129	114	078
	972.219	060	082		168	088	077
	973.222	050	064		179	113	058
XI, 22	242	059	066		196	115	060
					206	090	068
					722.149	090	056
1952, V, 23	2434156.460	0.100	0.090		164	098	074
	478	078	085		173	086	059
	179.325	122	232	XII, 10	178	069	061
	338	184	168				
	355	200	169				
	368	197	220	1954, VIII, 12	2434967.431	0.157	0.133
	380	152	180		977.279	124	095
	181.379	190	200		308	124	076
	394	256	256		320	104	064
	406	270	216		335	112	089
	417	241	178		978.299	103	066
	192.374	068	042		312	129	060
	391	116	085		979.265	125	065
	409	073	004		283	138	096
	429	070	036		296	133	102
	444	084	084		310	130	080
	193.380	110	114		323	110	100
	398	166	194		422	086	134



1	2	3	4	1	2	3	4
XII,10 1954,VIII,12				1955,VII,12	2435301.367	0.003	-0.018
	2434980.356	106	094		372	002	-0.039
	368	128	118		376	004	-0.004
	381	112	118		319.381	074	0.048
	408	140	130		386	059	0.048
	424	138	124		393	052	0.032
	981.344	126	116		399	048	0.028
	376	127	134		404	047	0.039
	392	104	106		338.435	114	1.118
	404	092	089		442	132	1.110
	421	084	093		456	118	0.060
	983.249	094	074		470	129	1.133
	283	101	076		475	104	1.100
	296	104	070		479	092	1.110
	990.422	018	008		485	088	1.104
	438	008	015		345.350	053	0.050
	454	012	008		355	030	0.041
	474	018	034		360	034	0.044
	492	040	-0.15		364	030	0.024
	2435007.284	053	034		435	034	0.056
	294	068	110		440	042	0.047
	314	066	066		346.408	-0.054	1.134
	327	072	088		413	-0.003	1.166
	008.278	072	071		394.240	117	0.036
	301	061	054		248	125	0.042
	315	087	061		253	109	0.046
	015.242	060	050		260	100	0.073
	335	040	038		269	114	0.046
	354	068	038	X,13	274	112	0.033
IX,29	370	030	064				

Таблица II

Дата	Юлианский день	$\Delta m_c^m$	$\Delta m_{ж}^m$	Количество наблюдений	Дата	Юлианский день	$\Delta m_c^m$	$\Delta m_{ж}^m$	Количество наблюдений
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1951,VI,6	2433804.446	0. <sup>m</sup> 081	0. <sup>m</sup> 063	2	1952,V,23	193.404	0. <sup>m</sup> 134	0. <sup>m</sup> 118	4
	852.311	089	072	3		197.472	090	003	2
	855.340	088	058	4		211.387	138	148	3
	857.336	067	044	4		214.404	126	168	2
	860.469	028	020	5		245.515	030	096	2
	869.490	061	056	5		274.347	075	081	3
	870.488	060	049	6	IX,20	276.369	098	142	3
	871.491	048	044	6					
	941.236	044	035	2	1953,VII,20	2434579.441	0.000	-0.018	2
	953.216	049	040	2		626.393	049	061	4
	972.219	060	082	1		651.315	085	094	4
XI,22	973.232	054	065	2		652.277	103	087	2
						687.249	095	067	3
1952,V,23	2434156.469	0.089	0.088	2		693.321	096	096	3
	179.346	171	194	5		717.176	104	068	5
	181.399	239	212	4	XII,10	722.166	085	062	4
	192.409	082	050	5					

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1954,VIII,12	2434967.431	0. <sup>m</sup> .157	0. <sup>m</sup> .133	1	1955,VII,12	2435301.372	0. <sup>m</sup> .001	-0. <sup>m</sup> .020	3
	977.310	116	081	4		319.393	056	039	5
	978.305	124	063	2		338.463	111	105	7
	979.316	120	097	6	X,13	345.384	037	044	6
	980.387	124	117	5		394.257	113	046	6
	981.387	107	118	5					
	983.276	099	073	3					
	990.456	019	012	5					
	2435007.304	065	074	4					
	008.298	073	062	3					
XI,29	015.325	050	048	4					

ных величинах: звезда сравнения минус Р Лебеда, для синих и желтых лучей соответственно. Таблица II дополнена столбцом, содержащим количества наблюдений, отнесенных к данным нормальным точкам.

По данным таблицы II построены кривые блеска Р Лебеда в синих и желтых лучах для каждого года (Рис. 1, 2, 3, 4, 5).

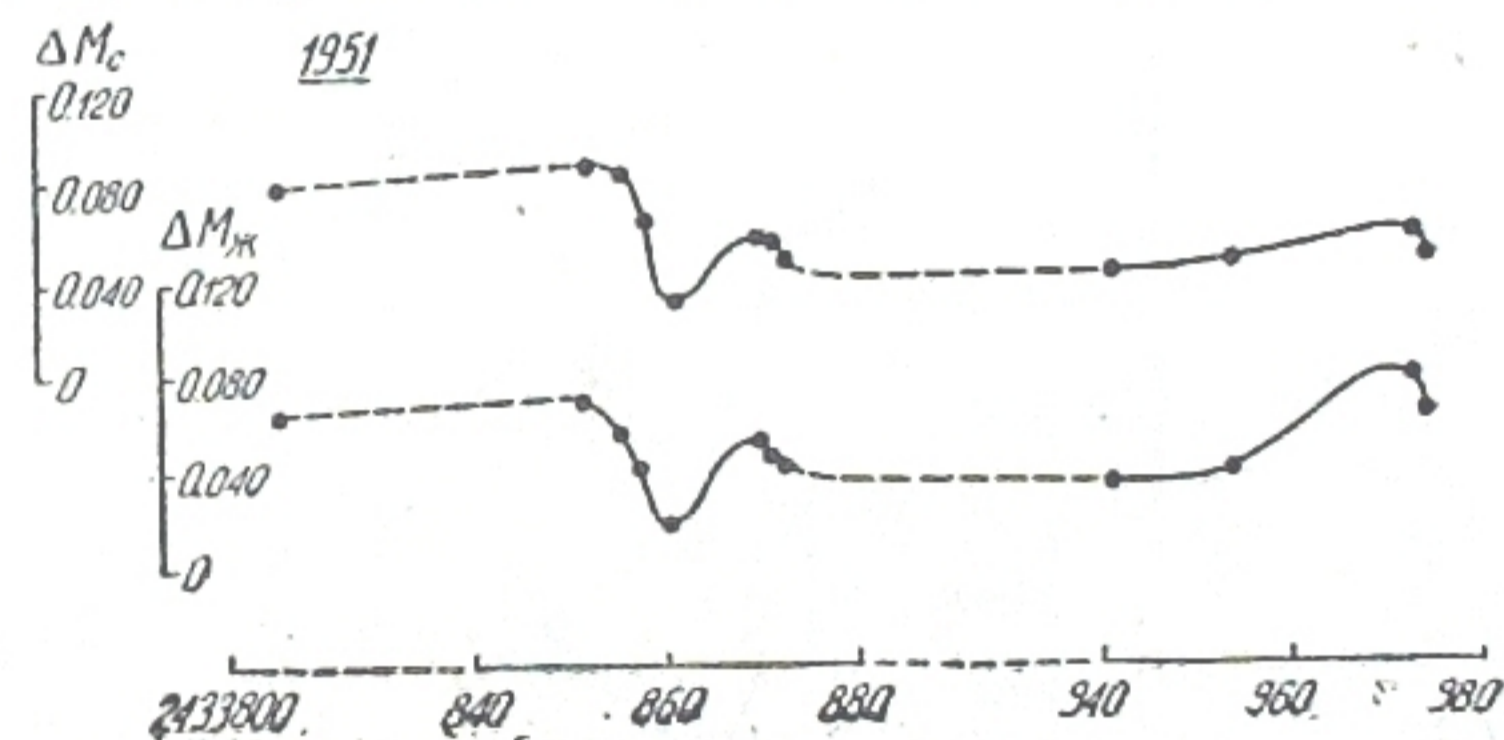


Рис. 1

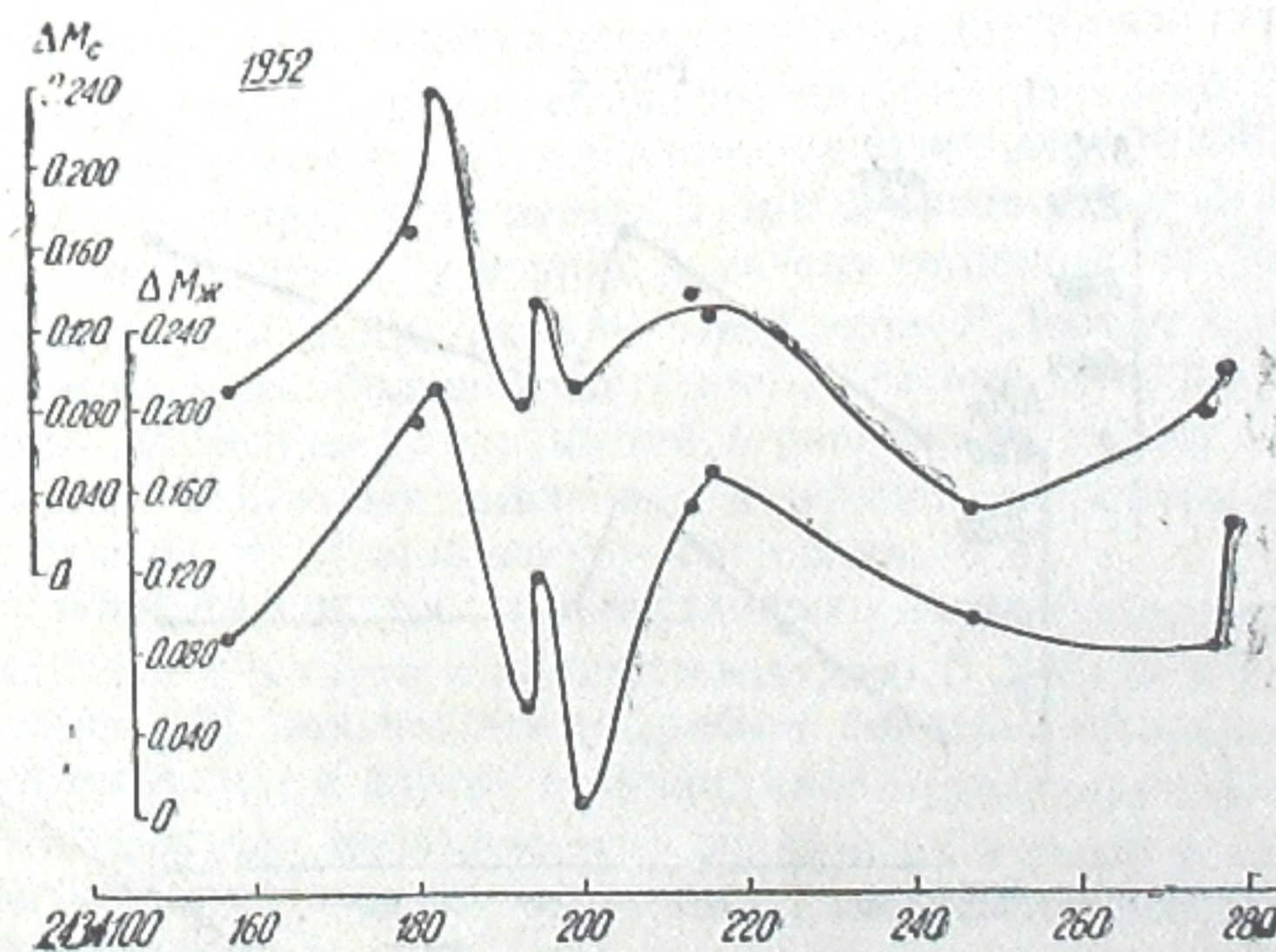


Рис. 2



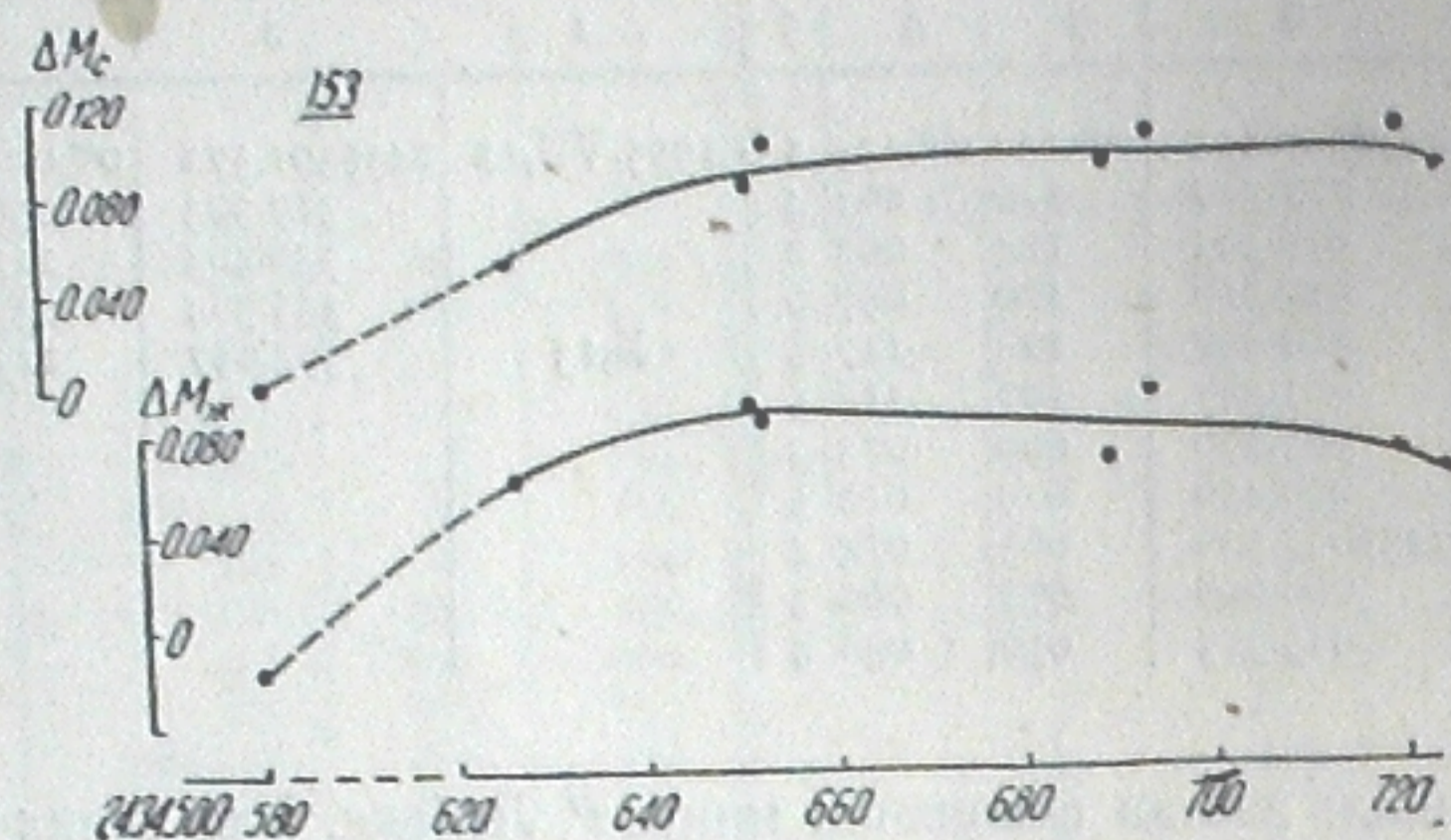


Рис. 3

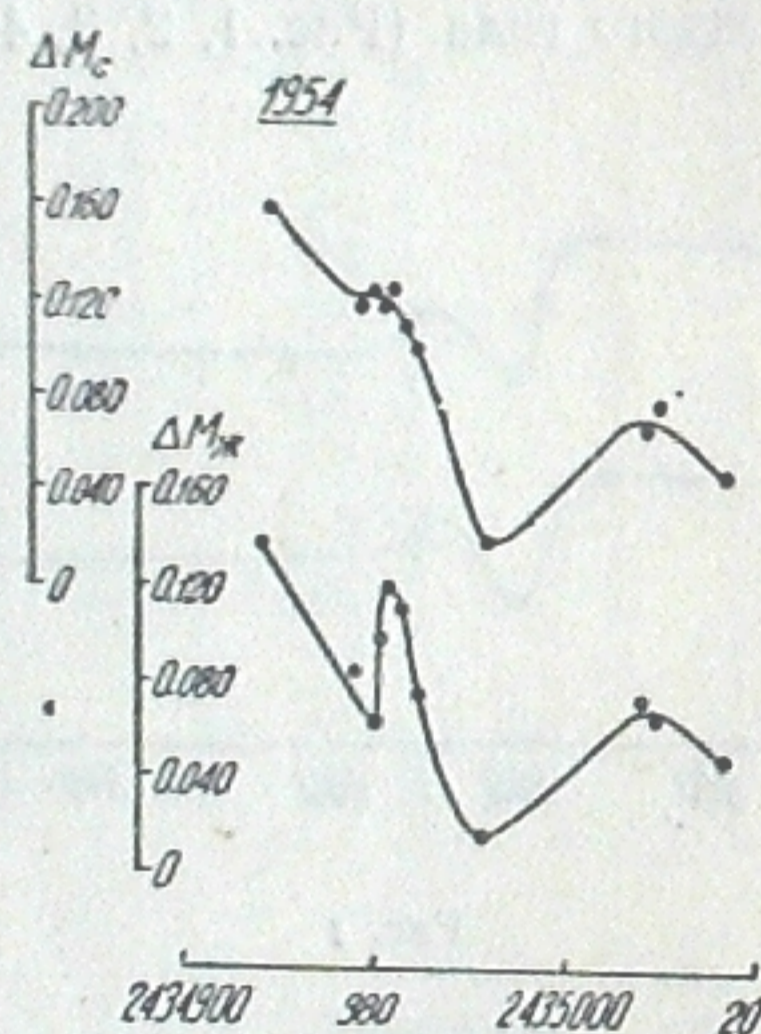


Рис. 4

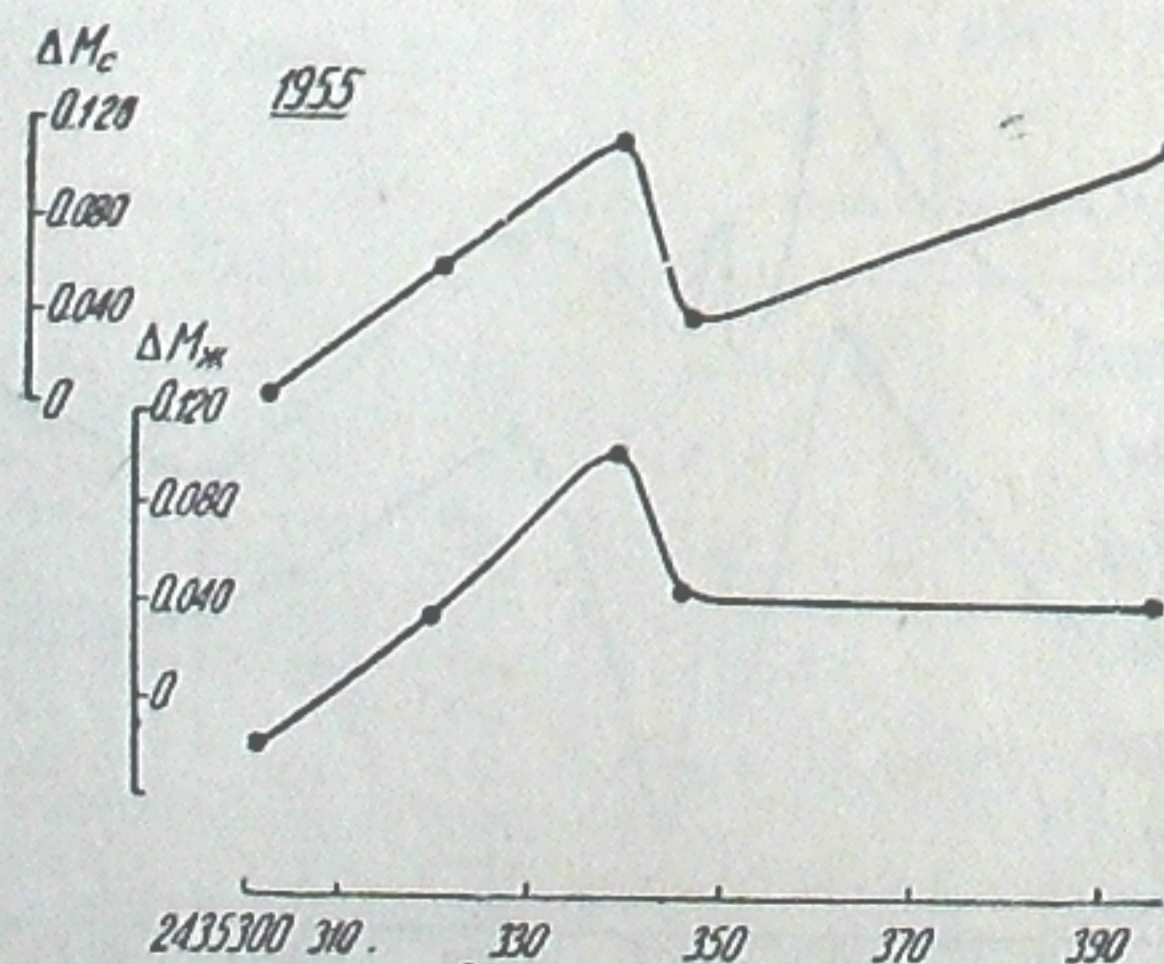


Рис. 5

Рассмотрение построенных кривых не оставляет сомнений в том, что блеск звезды *P* Лебеда подвержен колебаниям. Последние около  $0^m.06$  в 1951 г., достигают  $0^m.20$  в 1952 г., превышают  $0^m.10$ —в 1953 г.,  $0^m.13$ —в 1954 г., и  $0^m.11$  в 1955 году.

Колебания блеска нерегулярны и в некоторых случаях происходят весьма быстро. Так, например, в 1952 году блеск *P* Лебеда в синих лучах с 15 июня по 17 июня, т. е. за двое суток, повысился почти на  $0^m.07$ , а затем, за 11 дней упал более чем на  $0^m.15$ , снова, после этого поднявшись за одни сутки на  $0^m.05$ . В последующие восемь дней имели место заметные понижение и повышение блеска, которые еще наблюдались с конца августа до середины сентября. В тот же период в желтых лучах имели место более резкие изменения в блеске. Быстрые перепады блеска наблюдались в желтых лучах также в 1954 году, когда, в августе, за II суток блеск упал на  $0^m.07$ , а затем за двое суток повысился почти на столько же, а в последующие 10 суток снова упал более чем на  $0^m.10$ . В синих же лучах за это время имело место пока падение почти на  $0^m.15$  за 23 суток, а затем повышение почти на  $0^m.06$  за 18 суток.

Уже эти случаи изменения блеска, относящиеся к промежутку времени 22—28 августа 1954 года, отчетливо показывают, что имеют место не только колебания блеска, но и изменения цвета звезды *P* Лебеда. О последних свидетельствуют и данные электроколориметрических измерений, относящиеся к периоду 15 июня—20 июля 1952 года, а также и некоторые другие места на приведенных кривых. Так, например, разницу в ходе кривых в синих и желтых лучах с 18 по 20 сентября 1952 года нельзя отнести за счет неточностей электрофотометрических измерений.

Обнаруженное явление колебания цвета *P* Лебеда совпадает с подмеченным фактом изменений в спектре этой звезды [8, 9, 10].

Следует отметить и то, что, согласно исследованию М. В. Долидзе [11], относительный спектрофотометрический градиент *P* Лебеда меняется, хотя и не очень сильно, с течением времени. В результате этого же исследования установлен факт звездного происхождения, по крайней мере, некоторой части избытка цвета *P* Лебеда.

Многочисленные спектральные исследования и другие данные говорят в пользу наличия непрерывного истечения материи из недр *P* Лебеда или звезд ее класса и в связи с последним—наличия движущейся протяженной атмосферы вокруг этих звезд. В такой среде перенос лучистой энергии может протекать в условиях, намного отличных от обычных. Если иметь при этом в виду, что для звезд типа *P* Лебеда характерны относительная молодость, большая светимость и весьма большие размеры, легко допустить возможность нарушений в равновесии между силой тяжести и лучистым и газовым давлением в верхней атмосфере звезд, а отсюда—возникновение неустойчивости состояния.

В связи с понятным интересом к нестационарным объектам звездного мира, а в частности и в связи с принадлежностью *P* Лебеда к некоторой ассоциации звезд [12], дальнейшее подробное экспериментальное исследование цвета и спектра и других величин, характеризующих физическое состояние *P* Лебеда, для последующего анализа их в свете теорий лучевого равновесия движущихся оболочек звезд, нам представляется заслуживающим внимания.

Декабрь, 1955 г.



## ON THE LIGHT AND COLOUR-VARIATION OF P CYGNI

N. L. MAGALASHVILI AND E. K. KHARADSE

(Summary)

Measurements with a photocell and light filters revealed the light— and colour—variation of P Cygni that took place in several periods of 1951—1955.

The light curves corresponding to  $\lambda_{\text{eff}}=375$  and  $520 \text{ m}\mu$  are represented in figs. 1—5.

December, 1955.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Харадзе Е. К., Никонов В. Б., Куликовский П. Г., The observatory 49, № 724, 88, 1936.
2. Никонов В. Б., Бюлл. Абастум. астрофиз. obs. № 1, 35, 1937.
3. " " Бюлл. Абастум. астрофиз. obs. № 2, 23, 1938.
4. " " Бюлл. Абастум. астрофиз. obs. № 14, 68, 1953.
5. Фишкова Л. М., Сообщения АН Груз. ССР, 16, № 9, 685, 1955.
6. " " Бюлл. Абастум. астрофиз. obs. № 19, 8, 1955.
7. Харадзе Е. К., Магалашвили Н. Л., Мегрелишвили Т. Г., Перемен. зв. 9, № 2 (80), 150, 1952.
8. Герасимович Б. П., Bull. Harv. obs. No. 852, 1927.
9. Veals C. S., Publ. Viet. Dom. astrophys. obs. 9, № 1, 1951.
10. Купо И. Д., Астроном. циркуляр АН СССР № 163, 23—25, 1955.
11. Долидзе М. В., Спектрофотометрия ряда звезд типов Вольф—Райе, *Ve* и *P* Лебедя. Автореферат кандидатской диссертации, 1955.
12. Амбарцумян В. А., Маркарян Б. Е., Сообщ. Бюракан. астрофиз. obs., вып. II 1949.

ЭЛЕКТРОФОТОМЕТРИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ДВОЙНОЙ  
 ЗВЕЗДЫ BD+39° 811

Н. Л. МАГАЛАШВИЛИ, Я. И. КУМСИШВИЛИ, Н. А. РАЗМАДЗЕ

В 1950 году в Абастуманской астрофизической обсерватории, по предложению проф. Д. Я. Мартынова, были начаты регулярные фотоэлектрические исследования блеска спектрально-двойных звезд. Целью исследований являлось обнаружение возможной затменности звезд хотя бы в малой степени, что могло бы проявиться в виде незначительного изменения блеска, доступного для обнаружения фотоэлектрическим методом.

Звезды для наблюдений выбраны по IV и V каталогам спектрально-двойных звезд Мура [1, 2].

Спектрально-двойная звезда BD+39° 811, являющаяся одним из наблюдаемых нами объектов, изучалась спектроскопически Херпером [3], который вывел для нее следующие элементы:

$$P=0^{\circ}.9171877,$$

$$e=0,$$

$$\gamma=+2.723 \text{ км/сек.},$$

$$K=95.661 \text{ км/сек.},$$

$$T=2400000^{\circ}.3137,$$

$$a \sin i=1206500 \text{ км.}$$

Здесь  $P$ —период,  $e$ —эксцентриситет орбиты,  $\gamma$ —лучевая скорость центра тяжести системы,  $K$ —колебания лучевых скоростей одной звезды относительно другой,  $i$ —наклонение плоскости орбиты к плоскости, перпендикулярной к лучу зрения,  $a$ —большая полуось относительной орбиты,  $T$ —начальная эпоха.

Фотоэлектрические наблюдения блеска этой звезды были начаты нами в 1950 году и окончены в 1955 году. Первые тестировочные наблюдения ее проводились в моменты ожидаемых максимума и минимума блеска, т. е. при спектроскопических фазах, соответствующих наибольшей и наименьшей лучевым скоростям. После того как было подмечено изменение блеска, наблюдения были распространены на остальные фазы периода. При наблюдениях звездой сравнения служила BD+40° 772, расположенная недалеко от BD+39° 811 и имеющая близкий к ней спектральный класс. Это давало возможность точно учитывать влияние земной атмосферы на измеряемую разность блеска этих двух звезд.

Наблюдения BD+39° 811 велись на 33-см рефлекторе, в нэсмитовском фокусе которого расположен электрофотометр. Сперва для наблюдений применялся электрофотометр, снабженный сурьмяно-цезиевым фотоэлементом, под конец—наблюдения проводились электрофотометром с сурьмяно-цезиевым фотоумножителем. Спектральные чувствительности как фотоэлемента, так и фотоумножителя измерены лабораторным путем. Как лабораторные измерения, так и проведенная в дальнейшем проверка по звездам показали, что спектральные чувствительности фотоэлемента и