

Исследование некоторых красных полуправильных
переменных звезд в двух цветах

Б. Л. Шаганян

Настоящая статья содержит данные о показателях цвета восьми красных полуправильных переменных звезд, полученные на основании фотографического материала, собранного в Одесской астрономической обсерватории. На основании анализа кривых изменения блеска и показателя цвета автором получены следующие результаты:

1. Характер изменения показателя цвета в зависимости от фазы может быть в основном трех типов:

- а) показатель цвета меняется в одной фазе с изменением блеска,
- б) изменение показателя цвета противоположно по фазе изменению блеска,
- с) наблюдаются две волны изменения показателя цвета в течение полного цикла.

Показатель цвета по-разному меняется в различные эпохи, т.е. перечисленные типы его изменения могут переходить один в другой с течением времени.

2. Болометрические кривые изменения блеска либо повторяют, либо противоположны по фазе визуальным кривым и болометрическая амплитуда как правило больше визуальной.

Автором обнаружены медленные колебания блеска звезды LU Aql с периодом около 1080^d и уточнен формальный период V454 Oph равный 90^d .

Study of Some Red Semi-Regular Variable Stars in Two Colours

by B. L. Shaganian

The present article contains data on the colour indices of eight red semi-regular variables obtained on the base of photographic material of the Odessa Astronomical Observatory. The following results are obtained by the author on the base of the analysis of the light curves and of the curves of colour index.

1. Variations of colour index depending on the phase may be of three types:

- a) Colour index varies in one phase together with the light variations.
- b) Variation of colour index is contrary by phase to the light variations.
- c) Two waves of colour index variation may be observed during the whole cycle.

Colour index varies differently in different epochs, so that the types of its variations may pass from one into another with time.

2. Bolometric light curves either repeat by phase visual curves or are opposite to them, and bolometric amplitude as a rule is greater than the visual one.

The author discovered slow oscillations of the brightness of the star LU Aql with the period about 1080^d and defined more accurately the formal period of V 454 Oph which is 90^d.

Для создания теории полуправильных переменных звезд особую роль играет накопление наблюдательного материала, характеризующего физические условия во внешних слоях этих звезд. Так как спектральные исследования этого типа звезд не проводились и вообще затруднительны в настоящее время вследствие их слабости, то особый интерес приобретает исследование изменения показателя цвета, что в дальнейшем может оказаться полезным при изучении процессов, происходящих во внешних слоях этих звезд.

Настоящая статья представляет собой часть исследования изменений показателей цвета красных полуправильных переменных звезд путем сравнения кривых блеска, полученных в двух участках спектра. Вопрос этот очень слабо изучен. Имеется несколько разрозненных работ, по которым уверенных выводов об особенностях изменения показателя цвета рассматриваемого класса звезд сделать нельзя. Для получения надежных данных о поведении показателей цвета красных полуправильных переменных звезд желательно иметь длинные ряды уверенных фотографических и фотовизуальных наблюдений их блеска. Поэтому нами были измерены снимки в двух участках спектра за сравнительно длительный промежуток времени (1951–1963 гг.), имеющиеся в коллекции Одесской астрономической обсерватории.

Для получения снимков использовались следующие инструменты: однокамерный астрограф, двухкамерный астрограф, трехкамерный астрограф и семикамерный астрограф станции "Маяки".

Фотографические наблюдения были получены на фотопластинках типа Agfa Astro-Platten, фотовизуальные наблюдения — на фотопластинках Agfa Astro-Platten Panchromatisch с желтым фильтром.

Так как объективы семикамерного астрографа не исследовались, то предварительно нами были определены эффективные длины волн каждого из объективов. Для определения эффективных длин волн указанных объектов были сделаны специальные снимки на всех семи камерах так, чтобы стандартная площадка находилась в центре пластинки. Поэтому поправку за ошибку поля мы не выводили.

Стандартные площадки выбирались по Киевскому "Каталогу фотографических, фотовизуальных и фотокрасных величин 22000 звезд"[1].

В каждой стандартной площадке фотометрировалось на микрофотометре МФ 2 около 100 звезд различных спектральных классов с известными показателями цвета.

Характеристические кривые строились по белым звездам и с помощью этих кривых определялись звездные величины всех выбранных звезд. Затем вычислялись разности

$$\Delta m = m'_{pg} - m_{pg}$$

где

m'_{pg} — звездные величины, снятые с характеристических кривых;
 m_{pg} — звездные величины из каталога.

Далее, все звезды были разбиты на несколько групп соответственно их звездным величинам и строились графические зависимости Δm от показателя цвета CI.

Оказалось, что все зависимости Δm от CI линейны; величины Δm возрастают с увеличением CI, наклоны прямых не зависят от группы, а следовательно, и звездной величины. Цветовое уравнение одинаково у звезд различной яркости. Поэтому зависимости Δm от CI были представлены формулой

$$\Delta m = a + C \cdot CI$$

Все полученные значения Δm и CI были использованы при составлении условных уравнений и по методу наименьших квадратов были получены значения "a" и "c" для всех систем (пластинка + объективы).

Из трех пластинок для каждого исследуемого объектива вычислялось среднее значение " $\bar{c}$ ", по которому определялись эффективные длины волн по формуле:

$$\lambda_{эф}^{-1} = \lambda_{pg}^{-1} - \bar{c} (\lambda_{pg}^{-1} - \lambda_{pv}^{-1}),$$

где

$$\lambda_{pg} = 432 \text{ м}\mu; \quad \lambda_{pv} = 540 \text{ м}\mu.$$

Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Камера	Объектив	c	$\lambda_{эф}$.
1	"Уран 9"	+0.122	557 мμ
2	"Уран 9"	+0.122	557
3	"Триплет Цейсса"	-0.326	406
4	"Фирлинзер"	+0.088	425
5	"Фирлинзер"	-0.072	439
6	"Индустар 17"	-0.033	435
7	"Уран 12"	+0.189	445

После исследования системы снимков, полученных на семикамерном астрографе, мы приступили к изучению показателей цвета 27 полуправильных звезд спектрального класса M. Исследованы следующие восемь звезд: YZ, CY, DE и DZ Her, V 539 и V 354 Cyg, V 454 Oph, LU Aql. Блеск этих звезд оценивался по способу Нейланда-Блажко. В большинстве случаев нам удалось получить фотографические и фотовизуальные кривые блеска на протяжении всего цикла изменения блеска. По полученным наблюдениям строились фотографические и фотовизуальные

кривые блеска, из сравнения которых были получены кривые изменения показателя цвета для всех исследуемых звезд.

Звездные величины звезд сравнения были получены привязкой к SA 40, SA 41, SA 86, стандарту 51 Киевского каталога и стандарту +45°27 из [2].

Поправка за ошибку поля не вводилась ввиду одинакового удаления от центра пластинки стандартов и исследуемых переменных. Фотометрирование пластинок производилось на микрофотометре МФ-2.

Блеск переменных вычислялся сначала в стапелях, а затем переводился в звездные величины по формуле:

$$m = m_0 - n \cdot St.$$

Значения m_0 и St вычислялись по способу наименьших квадратов.

Для вычисления фотографических и фотовизуальных величин переменных использовались следующие формулы:

YZ Her	$m_{pg} = 11^m.80 - 0^m.056 \cdot St,$	$m_{pv} = 9^m.80 - 0^m.072 \cdot St$
CY Her	$m_{pg} = 12.49 - 0.116 \cdot St,$	$m_{pv} = 11.95 - 0.14 \cdot St$
DE Her	$m_{pg} = 13.34 - 0.114 \cdot St,$	$m_{pv} = 10.94 - 0.122 \cdot St$
DZ Her	$m_{pg} = 12.79 - 0.090 \cdot St,$	$m_{pv} = 10.41 - 0.096 \cdot St$
V 539 Cyg	$m_{pg} = 11.86 - 0.117 \cdot St,$	$m_{pv} = 9.50 - 0.104 \cdot St$
V 354 Cyg	$m_{pg} = 13.51 - 0.110 \cdot St,$	$m_{pv} = 9.95 - 0.046 \cdot St$
V 454 Oph	$m_{pg} = 12.58 - 0.085 \cdot St,$	$m_{pv} = 10.87 - 0.089 \cdot St$
LU Aql	$m_{pg} = 11.54 - 0.087 \cdot St,$	$m_{pv} = 9.44 - 0.111 \cdot St$

В результате обработки получены следующие окончательные величины звезд сравнения.

Фотографические лучи	Фотовизуальные лучи	Фотографические лучи	Фотовизуальные лучи
YZ Her $a = 10^m.68$ $b = 10.96$ $c = 11.18$ $d = 11.41$ $e = 11.62$ $f = 11.80$	$a = 8^m.82$ $b = 9.20$ $c = 9.50$ $d = 9.80$	V 539 Cyg $a = 10^m.02$ $b = 11.06$ $c = 11.86$	$k = 7^m.62$ $m = 8.63$ $n = 9.50$
CY Her $a = 11.19$ $b = 11.67$ $d = 12.46$	$g = 9.62$ $a = 10.40$ $n = 11.05$	V 354 Cyg $a = 11.66$ $b = 12.21$ $c = 12.78$ $d = 13.15$ $e = 13.51$	$r = 9.11$ $k = 9.36$ $m = 9.54$ $n = 9.71$
DE Her $a = 10.47$ $b = 11.27$ $c = 11.77$ $d = 12.20$ $e = 12.61$ $f = 12.98$	$r = 9.65$ $l = 10.40$ $m = 10.94$	V 454 Oph $d = 11.39$ $a = 11.73$ $b = 12.11$ $c = 12.58$	$a = 9.56$ $d = 9.90$ $b = 10.36$ $r = 10.87$
DZ Her $a = 10.51$ $b = 11.15$ $c = 11.52$ $d = 11.82$ $e = 12.14$ $f = 12.43$	$g = 9.09$ $a = 9.54$ $n = 9.95$ $p = 10.41$	LU Aql $a = 10.32$ $b = 10.78$ $c = 11.14$ $d = 11.54$	$k = 7.66$ $m = 8.27$ $n = 8.89$

Наблюдения всех публикуемых в настоящей статье звезд даются в табл. 6 в конце работы. Карты окрестностей — на рис. 1.

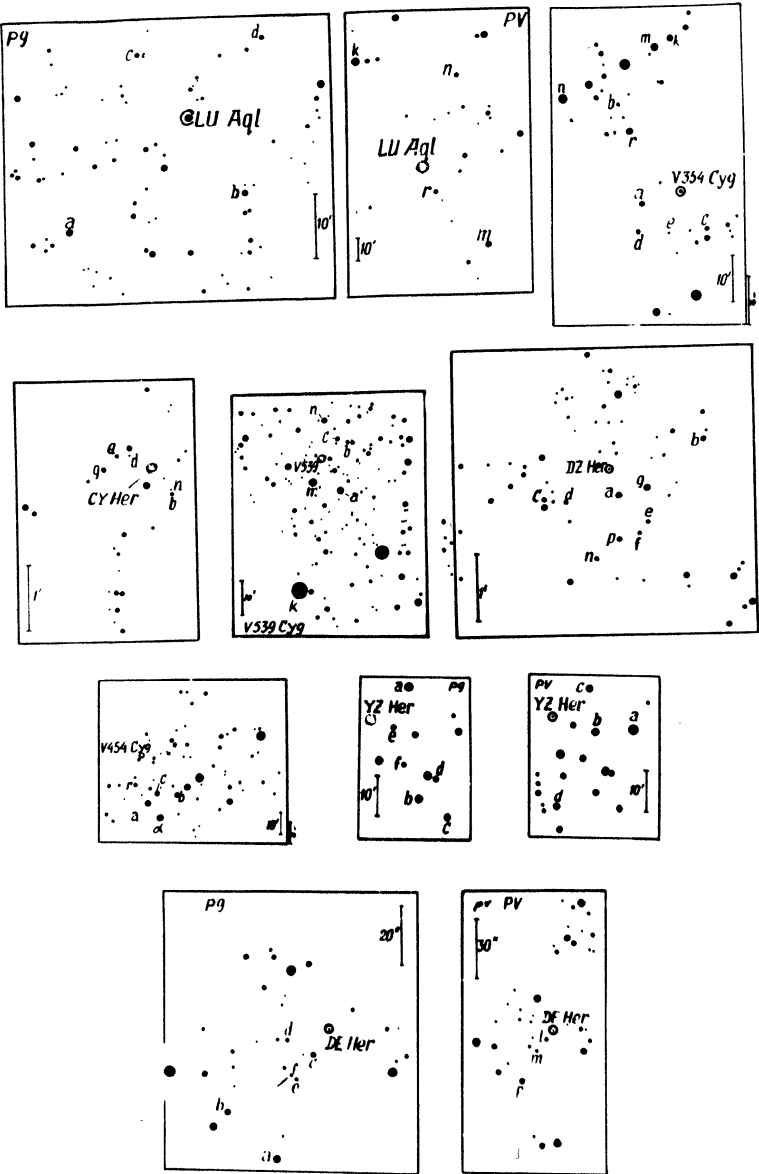


Рис. 1

Паряду с исследованием изменения показателя цвета нами было произведено сравнение болометрических и фотовизуальных кривых изменения блеска. Для получения болометрических звездных величин использованы болометрические поправки Паренаго и Койпера [3]. Так как эти поправки даны в зависимости от спектрального класса, то вначале по известным CI определялись эффективные температуры, соответствующие этим CI, а затем по шкале Кинана — Моргана были найдены спектральные классы. В результате получена кривая зависимости Δm_{bol} от CI, с которой снимались болометрические поправки, данные в табл. 2. Так как таблица Паренаго — Койпера ограничена поправкой, соответствующей CI = 2750, то получить болометрическую кривую изменения блеска звезды V 354 Cyg оказалось невозможным.

Таблица 2

J.D.	m'_{pg}	m'_{pv}	CI	Δm_{bol}	m_{bol}	J.D.	m'_{pg}	m'_{pv}	CI	Δm_{bol}	m_{bol}
24...						24...					
YZ Herculis						DE Herculis					
33776	11.60	9.51	2.09	-2.36	7.15	772	12.86	10.50	2.36	-3.30	7.20
90	11.48	9.37	2.11	-2.42	6.95	80	13.09	10.87	2.22	-2.80	8.07
800	11.37	9.24	2.13	-2.48	6.76	92	13.20	11.15	2.05	-2.20	8.95
10	11.26	9.12	2.14	-2.51	6.61	804	13.22	11.20	2.02	-2.12	9.08
20	11.21	9.06	2.15	-2.53	6.53	20	13.15	11.17	1.98	-1.98	9.19
30	11.38	9.28	2.10	-2.38	6.90	30	12.82	10.83	1.99	-2.01	8.82
40	11.51	9.53	1.98	-1.98	7.55	40	12.50	10.60	1.90	-1.78	8.82
50	11.54	9.64	1.90	-1.78	7.86	50	12.15	10.32	1.83	-1.62	8.70
60	11.56	9.68	1.88	-1.75	7.93	60	11.85	10.05	1.80	-1.55	8.50
70	11.56	9.67	1.89	-1.77	7.90	72	11.70	9.94	1.76	-1.44	8.50
80	11.56	9.64	1.92	-1.82	7.82	84	11.80	9.96	1.84	-1.64	8.32
90	11.54	9.58	1.96	-1.92	7.66	90	12.00	10.08	1.92	-1.82	8.26
900	11.46	9.52	1.94	-1.87	7.65	96	12.14	10.16	1.98	-1.98	8.18
13	11.30	9.37	1.93	-1.84	7.53	904	12.18	10.19	1.99	-2.01	8.19
22	11.22	9.06	2.16	-2.57	6.49	10	12.19	10.20	1.99	-2.01	8.19
30	11.33	9.19	2.14	-2.51	6.68	20	12.20	10.63	1.57	-1.00	9.63
40	11.57	9.41	2.16	-2.57	6.84	26	12.17	10.20	1.97	-1.95	8.25
46	11.62	9.45	2.17	-2.61	6.84	30	12.11	10.18	1.93	-1.84	8.34
CY Herculis						40	12.06	10.15	1.91	-1.80	8.35
820	11.90	10.42	1.48	-0.82	9.60	52	12.00	10.12	1.88	-1.75	8.37
24	12.00	10.40	1.60	-1.06	9.34	60	11.78	10.04	1.74	-1.39	8.65
26	12.30	10.46	1.84	-1.64	8.82	70	11.33	9.79	1.54	-0.94	8.85
30	12.23	10.79	1.44	-0.75	10.04	82	11.27	9.82	1.45	-0.76	9.06
36	11.90	11.06	0.84	-0.19	10.87	88	12.16	10.06	2.10	-2.38	7.68
48	11.42	10.40	1.02	-0.30	10.10	DZ Herculis					
854	11.45	10.46	0.99	-0.27	10.19	772	12.00	10.15	1.85	-1.66	8.49
60	11.86	10.78	1.08	-0.36	10.42	74	11.48	9.90	1.58	-1.02	8.88
66	12.30	10.96	1.34	-0.59	10.37	80	11.33	9.28	2.05	-2.20	7.08
76	12.46	11.06	1.40	-0.68	10.38	86	11.32	9.25	2.07	-2.28	6.97
86	12.30	10.92	1.38	-0.66	10.26	96	11.35	9.24	2.11	-2.42	6.82
88	11.85	10.17	1.68	-1.26	8.96	800	11.43	9.33	2.10	-2.38	6.95
96	11.56	10.14	1.42	-0.72	9.42	10	11.83	9.70	2.13	-2.48	7.22
904	11.60	10.21	1.39	-0.67	9.54	16	12.00	9.96	2.04	-2.18	7.78
10	11.75	10.62	1.13	-0.40	10.22	34	12.36	10.25	2.11	-2.42	7.83
14	11.86	10.77	1.09	-0.36	10.41	43	12.39	10.24	2.15	-2.53	7.71
24	11.90	10.93	0.97	-0.26	10.67	56	12.30	10.04	2.26	-2.94	7.10
40	11.83	11.88	0.95	-0.24	10.64	60	12.00	9.85	2.15	-2.53	7.32
DE Herculis						72	11.55	9.34	2.21	-2.76	6.58
769	12.00	10.25	1.75	-1.41	8.84	82	11.60	9.34	2.26	-2.94	6.40
69	12.23	10.25	1.98	-1.98	8.27	88	11.85	9.70	2.15	-2.61	7.09
70	12.50	10.30	2.20	-2.72	7.58	94	12.20	10.02	2.18	-2.65	7.37
						900	12.26	10.16	2.10	-2.38	7.78
						06	12.27	10.19	2.08	-2.32	7.87

Таблица 2 (продолжение).

J. D. m'_{pg} m'_{pv} CI Δm_{bol} m_{bol}
24...

DZ Herculis

33914	12.25	10.16	2.09	-2.36	7.80
20	12.05	9.95	2.10	-2.38	7.57
30	11.40	9.68	1.72	-1.35	8.33
40	11.32	9.67	1.65	-1.17	8.50
50	11.33	10.20	1.13	-0.40	9.80

V 539 Cygni

36380	10.65	8.78	1.87	1.72	7.06
81	10.73	8.80	1.93	1.84	6.96
90	11.05	8.99	2.06	2.24	6.75
92	11.06	8.98	2.08	2.32	6.66
96	11.05	8.96	2.09	2.36	6.60
98	11.03	8.92	2.11	2.42	6.50
400	11.00	8.85	2.15	2.53	6.32
01	10.95	8.80	2.15	2.53	6.22
02	10.90	8.75	2.15	2.53	6.22
04	10.80	8.60	2.20	2.72	5.88
405	10.76	8.55	2.21	2.76	5.79
06	10.65	8.49	2.16	2.57	5.92
07	10.62	8.44	2.18	2.65	5.79
08	10.55	8.35	2.20	2.72	5.63
09	10.48	8.32	2.16	2.57	5.75
10	10.44	8.31	2.13	2.48	5.83
11	10.42	8.29	2.13	2.48	5.81
18	10.33	8.27	2.06	2.24	6.03
22	10.34	8.29	2.05	2.20	6.09
25	10.37	8.45	1.92	1.82	6.63
28	10.41	8.80	1.61	1.08	7.72
29	10.44	9.00	1.44	0.75	8.25
30	10.47	9.04	1.43	0.74	8.30
32	10.59	9.08	1.51	0.88	8.20
34	10.70	9.10	1.60	1.06	8.04
36	10.80	9.12	1.68	1.26	7.86
38	10.83	9.13	1.70	1.29	7.84
44	10.85	9.14	1.71	1.32	7.82
53	10.83	9.07	1.76	1.44	7.63
54	10.82	9.06	1.76	1.44	7.62
55	10.80	9.05	1.75	1.41	7.64
56	10.70	9.05	1.65	1.17	7.88
58	10.47	9.04	1.43	0.74	8.30
60	10.50	9.06	1.44	0.75	8.31
61	10.52	9.10	1.42	0.72	8.38
65	10.78	9.24	1.54	0.94	8.30
66	10.80	9.25	1.55	0.96	8.29
70	10.85	9.27	1.58	1.02	8.25
76	10.86	9.26	1.60	1.06	8.20
81	10.85	9.23	1.62	1.10	8.13
82	10.84	9.22	1.62	1.10	8.12
84	10.82	9.17	1.65	1.17	8.00
85	10.81	9.14	1.67	1.23	7.91
87	10.64	9.03	1.61	1.08	7.95
88	10.63	9.00	1.63	1.12	7.88
90	10.62	8.93	1.69	1.28	7.65
95	10.62	8.85	1.77	1.47	7.38
500	10.65	8.86	1.79	1.53	7.33
08	10.67	9.01	1.66	1.20	7.81
18	10.62	9.07	1.55	0.96	8.11
22	10.50	8.96	1.54	0.94	8.02
24	10.38	8.81	1.57	1.00	7.81
26	10.30	8.70	1.60	1.06	7.64

J. D. m'_{pg} m'_{pv} CI Δm_{bol} m_{bol}
24...

V 539 Cygni

36530	10.27	8.52	1.75	1.41	7.11
34	10.26	8.50	1.76	1.44	7.06
38	10.29	8.55	1.74	1.39	7.16
42	10.55	9.10	1.45	0.76	8.34
48	10.92	9.23	1.69	1.28	7.95

V 354 Cygni

36400	12.30	9.65	2.65
01	12.33	9.73	2.60
02	12.35	9.76	2.59
04	12.56	9.80	2.66
05	12.60	9.83	2.77
06	12.64	9.85	2.79
07	12.68	9.87	2.81
08	12.73	9.89	2.84
09	12.76	9.90	2.86
10	12.78	9.91	2.87
11	12.80	9.92	2.88
18	12.85	9.94	2.91
22	12.85	9.90	2.95
26	12.78	9.85	2.93
28	12.71	9.80	2.91
29	12.64	9.79	2.85
30	12.55	9.76	2.79
32	12.25	9.66	2.59
34	12.00	9.54	2.46
36	11.90	9.48	2.42
38	11.85	9.37	2.48
40	11.81	9.30	2.51
50	11.79	9.15	2.64
53	11.81	9.15	2.66
54	11.83	9.15	2.68
55	11.86	9.16	2.70
56	11.98	9.16	2.82
61	12.42	9.28	3.14
62	12.50	9.43	3.07
63	12.56	9.53	3.03
65	12.68	9.63	3.05
66	12.70	9.63	3.07
81	12.17	9.29	2.88
82	12.12	9.29	2.83
84	12.09	9.30	2.79
85	12.09	9.36	2.73
87	12.09	9.65	2.44
88	12.10	9.70	2.40
90	12.05	9.90	3.15
94	13.38	9.98	3.40
95	13.39	9.98	3.41
506	13.43	9.95	3.48
12	13.30	9.75	3.55
18	12.50	9.24	3.26
20	12.08	9.20	2.82
28	11.89	9.16	2.73
34	11.90	9.16	2.74
38	11.93	9.18	2.75
41	12.10	9.23	2.87
42	12.60	9.45	3.15

Таблица 2 (продолжение).

J.D.	m'_{pg}	m'_{pv}	CI	Δm_{bol}	m_{bol}	J.D.	m'_{pg}	m'_{pv}	CI	Δm_{bol}	m_{bol}
2436...						2436...					
V 454 Ophiuchi						LU Aquilae					
344	11.92	10.75	1.17	0.42	10.33	376	10.65	8.67	1.98	6.69	
45	12.15	10.79	1.32	0.62	10.17	79	10.56	8.64	1.92	1.82	6.82
47	12.98	10.83	2.15	2.53	8.30	81	10.54	8.62	1.92	1.82	6.80
48	12.52	10.85	1.67	1.23	9.62	90	10.52	8.60	1.92	1.82	6.78
50	12.56	10.87	1.69	1.28	9.59	95	10.57	8.63	1.94	1.87	6.76
51	12.67	10.88	1.69	1.28	9.60	96	10.61	8.64	1.97	1.95	6.69
52	12.38	10.89	1.69	1.28	9.51	97	10.62	8.67	1.95	1.89	6.78
62	12.57	10.88	1.69	1.28	9.60	98	10.66	8.80	1.86	1.69	7.11
64	12.55	10.86	1.69	1.28	9.58	99	10.74	8.93	1.81	1.57	7.36
67	12.51	10.83	1.68	1.26	9.55	400	10.82	9.00	1.82	1.60	7.40
71	12.41	10.73	1.68	1.26	9.47	01	10.90	9.04	1.86	1.69	7.35
72	12.30	10.70	1.60	1.06	9.64	02	11.01	9.10	1.91	1.80	7.30
73	12.26	10.66	1.60	1.06	9.60	04	11.15	9.16	1.99	2.01	7.15
75	11.99	10.39	1.60	1.06	9.33	06	11.25	9.20	2.05	2.20	7.00
76	11.92	10.19	1.73	1.37	8.82	08	11.40	9.23	2.17	2.61	6.62
79	11.75	10.14	1.51	1.08	8.06	10	11.46	9.30	2.16	2.57	6.73
81	11.64	10.13	1.51	0.88	9.25	14	11.50	9.27	2.23	2.84	6.43
86	11.60	10.13	1.47	0.80	9.33	20	11.47	9.24	2.23	2.84	6.40
88	11.60	10.15	1.45	0.76	9.39	22	11.44	9.23	2.21	2.76	6.47
91	11.61	10.40	1.21	0.45	9.95	24	11.38	9.21	2.17	2.61	6.60
93	12.25	10.50	1.75	1.41	9.09	26	11.25	9.17	2.08	2.32	6.85
95	12.49	10.56	1.93	1.84	8.72	28	11.00	9.06	1.94	1.87	7.19
97	12.59	10.56	2.06	2.16	8.40	29	10.67	9.01	1.66	1.20	7.81
97	12.60	10.55	2.05	2.80	8.35	30	10.60	8.77	1.84	1.62	7.15
98	12.60	10.56	2.04	2.18	8.38	32	10.56	8.67	1.89	1.77	6.90
400	12.59	10.53	2.06	2.24	8.29	38	10.53	8.58	1.95	1.89	6.69
01	12.57	10.51	2.06	2.24	8.27	40	10.52	8.57	1.95	1.89	6.68
02	12.55	10.50	2.05	2.20	8.30	48	10.56	8.59	1.97	1.85	5.64
04	12.40	10.02	2.38	3.40	6.62	51	10.60	8.65	1.95	1.89	6.76
05	12.00	10.00	2.00	2.04	7.96	52	10.65	8.70	1.95	1.89	6.81
06	11.73	19.98	1.75	1.41	8.577	54	10.73	8.85	1.88	1.75	7.10
07	11.66	9.97	1.69	1.28	8.69	56	10.86	8.95	1.91	1.80	7.15
08	11.63	9.96	1.67	1.23	8.73	58	11.00	9.08	1.92	1.82	7.26
19	11.55	9.95	1.60	1.06	8.89	60	11.32	9.14	2.18	2.65	6.49
23	11.57	10.00	1.67	1.00	9.00	62	11.38	9.16	2.22	2.80	6.36
24	11.66	10.03	1.63	1.12	8.91	64	11.41	9.19	2.22	2.80	6.39
26	12.10	10.10	2.00	2.04	8.06	70	11.45	9.23	2.22	2.80	6.43
28	12.35	10.36	1.99	2.01	8.35	74	11.45	9.23	2.22	2.80	6.43
29	12.62	10.55	1.97	1.95	8.60	80	11.40	9.22	2.18	2.65	6.63
34	12.64	10.81	1.83	1.62	9.19	82	11.36	9.20	2.16	2.67	6.63
38	12.66	10.87	1.79	1.53	9.34	84	11.25	9.18	2.07	2.28	6.90
50	12.60	10.83	1.77	1.47	9.36	85	11.11	9.16	1.95	1.89	7.27
56	12.52	10.56	1.96	1.92	8.64	86	10.80	9.10	1.70	1.29	7.81
60	12.30	9.95	2.35	3.25	6.70	87	10.60	9.05	1.55	0.96	8.09
61	12.17	9.83	2.34	3.23	6.60	88	10.57	8.96	1.61	1.08	7.88
63	11.93	9.74	2.19	2.69	7.05	92	10.54	8.62	1.92	1.82	6.80
72	11.81	9.69	2.12	2.45	7.24	96	10.63	8.58	1.95	1.89	6.69
78	11.82	9.70	2.12	2.45	7.25	500	10.54	8.59	1.95	1.89	6.70
82	11.85	9.80	2.05	2.20	7.60	06	10.59	8.65	1.94	1.87	6.78
LU Aquilae						10	10.67	8.76	1.91	1.80	6.96
374	11.30	8.71	2.59			14	10.85	9.01	1.84	1.64	7.37
75	11.02	8.69	2.33	3.19	5.50	16	10.97	9.16	1.81	1.57	7.59

m'_{pg} — звездные величины, снятые с сезонных фотографических кривых.

m'_{pv} — звездные величины, снятые с сезонных фотовизуальных кривых.

По следует отметить, что найденные нами поправки нуждаются в

уточнении, так как применяемые эффективные температуры являются приближенными.

Теперь рассмотрим характер изменения блеска и показателя цвета у каждой звезды в отдельности.

YZ Геркулеса

Измерено 476 пластинок в фотографических и 454 пластинки в фотовизуальных лучах. По полученным наблюдениям были построены кривые изменения блеска. Средние значения показателя цвета и кривых изменения блеска в J. D. 2433768 - 950 приведены в табл. 3, и на рис.2.

Таблица 3.

J. D.	m _{pg}	n	m _{pv}	n	m' _{pg}	m' _{pv}	CI	J. D.	m _{pg}	n	m _{pv}	n	m' _{pg}	m' _{pv}	CI
2433...								2433...							
768	11.58	4	4					868			9.60	5			
76	11.60	4			11.60	9.51	2.09	70	11.57	4			11.56	9.67	1.89
77			9.51	5				80					11.56	9.64	1.92
90					11.48	9.51	2.11	85	11.55	5	9.60	7			
800	11.37				11.37	9.24	2.13	90					11.54	9.58	1.96
10					11.26	9.12	2.14	92	11.53	5					
17	11.21	5						93			9.56	4			
19			9.06	5				98	11.39	4					
20					11.21	9.06	2.15	900					11.46	9.52	1.94
29			9.28	3				13	11.30	5	9.37	3	11.30	9.37	1.93
30	11.38	5			11.38	9.28	2.10	19			9.06	2			
37	11.50	5						22					11.22	9.06	2.16
40			9.51	5	11.51	9.53	1.98	23	11.24	5					
50					11.54	9.64	1.90	30					11.33	9.19	2.14
52	11.54	6						40					11.57	9.41	2.16
53			9.76	7				45	11.62	3					
58	11.57	5						46			9.45	6	11.62	9.45	2.17
60			9.69	4	11.56	9.68	1.88	50	11.37	5					
63	11.54	6													

Анализируя полученные кривые, получаем:

а) На всем исследуемом промежутке кривая изменения блеска в обоих лучах остается стабильной с периодом около 102 дней и ход изменения блеска в обоих лучах повторяет друг друга. Вторичные минимумы в фотовизуальных лучах глубже, чем в фотографических. Амплитуда колебания блеска составляет соответственно 1^m22 и 0^m80. Ширина вторичных минимумов всегда больше главных минимумов в обоих лучах.

б) Ход изменения показателя цвета остается противоположным форме кривой блеска, т. е. в моменты максимумов блеска звезда краснеет, причем в главных максимумах покраснение одинаково.

Амплитуда изменения показателя цвета составляет 0^m54, причем разница амплитуд изменения показателя цвета между главным максимумом и главным минимумом, с одной стороны, главным максимумом и вторичным минимумом, с другой, составляет соответственно 0^m12 и 0^m54. Между главными максимумами блеска на кривой показателя цвета наблюдаются две волны.

в) Болометрическая кривая точно повторяет кривую изменения блеска. Амплитуда болометрической кривой почти равна фотовизуальной.

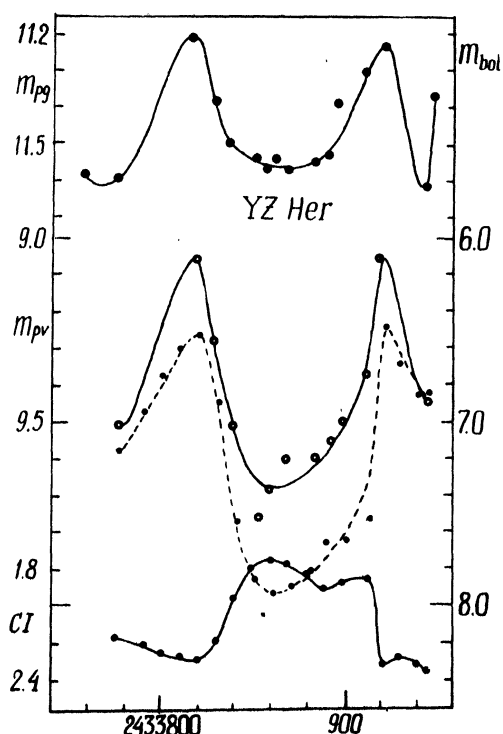


Рис. 2

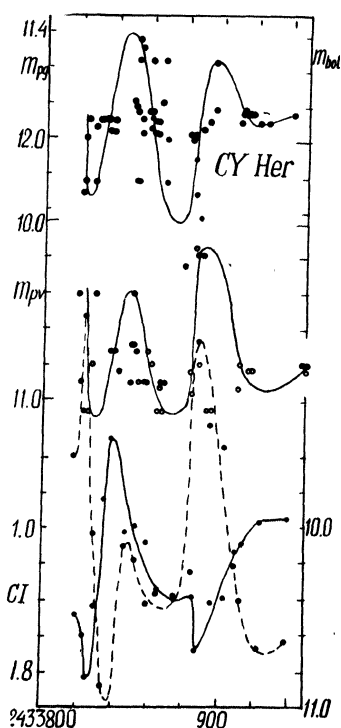


Рис. 3

СУ Геркулеса

Измерено 373 пластинки в фотографических лучах и 399 в фотовизуальных лучах. По полученным наблюдениям были построены кривые изменения блеска.

Показатель цвета снимался с сезонных индивидуальных кривых. Данные содержатся в табл. 2, а графики — на рис. 3, соответствующие J.D. 2433821 - 3951.

Из анализа полученных кривых следует, что:

а) Ход изменения блеска в обоих лучах одинаков, но глубина главного и вторичного минимумов меняется от сезона к сезону.

Подъем блеска кривой в обоих случаях происходит значительно быстрее спада блеска, что характерно для некоторых типов короткопериодических цефеид. Период изменения блеска около 95 дней, что подтверждает наблюдения В. П. Цесевича [4].

б) Ход изменения показателя цвета похож на ход изменения показателя цвета звезды YZ Her.

в) Болометрическая кривая точно повторяет кривую изменения блеска, но амплитуда значительно больше и достигает 2^m 20.

DE Геркулеса

Измерено 383 пластинки в фотографических лучах и 428 — в фото-
визуальных лучах. По полученным наблюдениям строились кривые из-
менения блеска. Показатель цвета снимался с сезонных индивидуаль-
ных кривых. Данные содержатся в табл. 2, и на рис. 4.

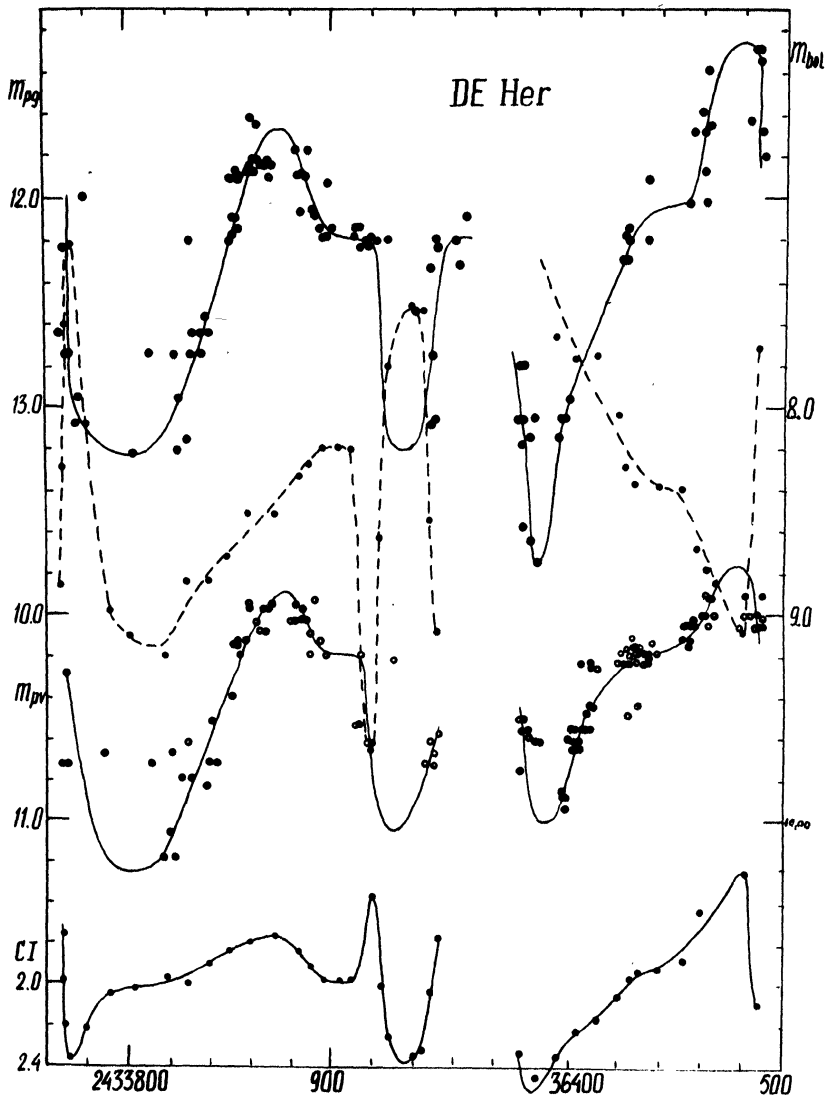


Рис. 4

Анализируя полученные кривые, получаем:

а) Ход изменения кривых блеска в обоих лучах повторяет друг дру-
га. После главных максимумов существуют периоды приблизительно
постоянного блеска, причем наблюдается их строгое чередование.

б) Ход изменения показателя цвета в основном повторяет кривую
изменения блеска, но моменты максимумов и минимумов блеска после
периода постоянства опережают соответствующие моменты кривой из-
менения показателя цвета примерно на $0^m.04$. После промежутка по-
стоянного блеска на кривой показателя цвета наблюдаются две волны.

в) Болометрическая кривая до момента постоянного блеска повто-

ряет в основном кривую изменения блеска, а затем — противоположна ей. Амплитуда значительно больше фотовизуальной и достигает 2^m40 .

DZ Геркулеса

Измерено 409 пластинок в фотографических лучах и 472 — в фотовизуальных лучах. По полученным наблюдениям строились кривые изменения блеска. Показатель цвета снимался с сезонных индивидуальных кривых. Данные содержатся в табл. 2, и на рис. 5, соответствующие J. D. 2433766 - 3952.

Из анализа полученных кривых заключаем, что:

а) Кривая изменения блеска в обоих лучах остается стабильной и ход изменения блеска в обоих лучах повторяет друг друга.

Характерен одинаковый подъем и спад блеска в обоих лучах.

б) Ход изменения показателя цвета противоположен кривой изменения блеска и в моментах максимумов блеска наблюдаются волнообразные изменения показателей цвета.

в) Болометрическая кривая в основном повторяет кривую изменения блеска. Амплитуда значительно больше и достигает 3^m40 .

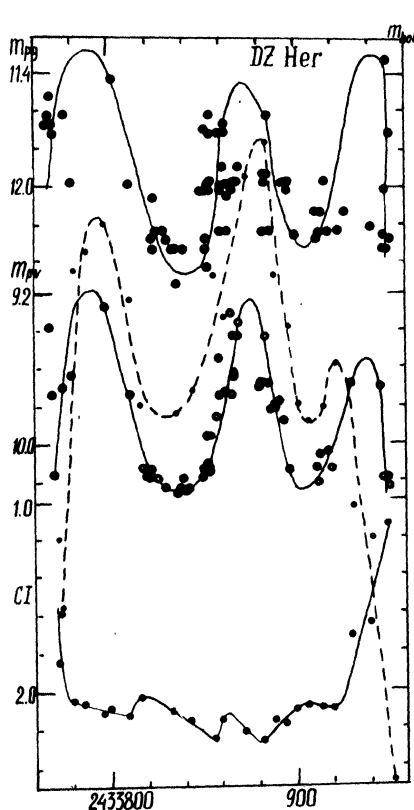


Рис. 5

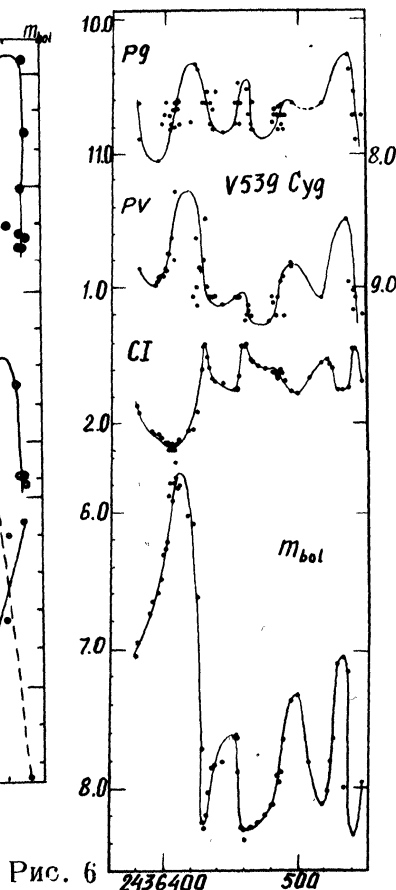


Рис. 6

V 539 Лебедя

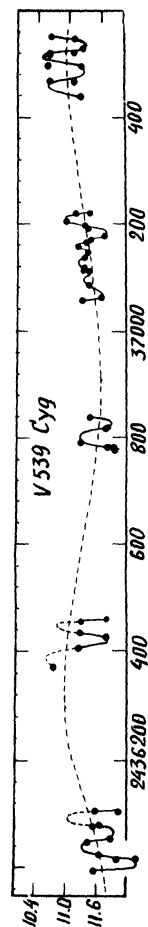


Рис. 7

Получено 180 оценок в фотографических и 189 - в фотовизуальных лучах. По полученным наблюдениям строились кривые изменения блеска. Показатель блеска снимался с сезонных индивидуальных кривых.

Данные содержатся в табл. 2, и на рис. 6, соответствующие J. D. 2436381-6548.

Анализируя полученные кривые, следует отметить:

а) На всем исследуемом промежутке кривая изменения блеска в обоих лучах остается стабильной с периодом около 160 дней и ход изменения блеска повторяет друг друга. После сравнительного узкого максимума следует широкий минимум, в котором наблюдаются волнообразные колебания с периодом около 1200 дней, а не 1500, как в работе [5], и средней амплитудой 0^m68. Данные даются в табл. 4, и на рис. 7.

Таблица 4.

J.D. 243...	m _{pg}	n	J.D. 243...	m _{pg}	n	J.D. 243...	m _{pg}	n
6052.51	11.34	5	6430.00	10.60	4	6822.00	10.14	1
54.00	10.90	5	36.00	10.69	5	7139.00	10.26	1
86.00	11.38	6	44.00	10.84	1	44.00	10.76	2
73.00	10.75	7	55.00	10.65	6	66.00	10.78	2
81.00	10.92	7	64.00	10.70	6	73.00	10.27	4
82.00	11.39	6	83.00	10.72	8	94.00	10.80	6
6105.00	10.79	5	88.00	10.73	7	7228.00	11.28	2
06.00	11.42	3	6590.00	10.62	1	7495.00	10.45	4
34.00	11.40	8	6518.00	10.62	1	96.00	10.02	11
36.00	10.93	5	39.00	10.39	3	7521.00	10.36	3
64.00	10.81	3	44.00	10.75	5	22.00	10.50	4
6381.00	10.62	1	6761.00	10.64	1	46.00	10.17	1
81.00	10.89	1	80.00	10.26	1	52.00	10.60	4
96.00	11.06	1	81.00	10.31	1	75.00	10.37	2
6404.00	10.72	10	6809.00	10.79	1	82.00	9.66	1
09.00	10.65	7	15.00	10.14	1	83.00	10.02	1
23.00	10.35	2	16.00	10.26	1	7605.00	10.46	4

б) Ход изменения показателя цвета остается противоположным изменению блеска, но моменты максимумов и минимумов блеска опережают соответствующие моменты кривой показателя цвета примерно на 0^m07.

в) Боллометрическая кривая в основном повторяет кривую изменения блеска со всеми ее подробностями, но амплитуда значительно больше и достигает 2^m60.

V 354 Лебедя

Для этой звезды получено 228 оценок в фотографических и 135 оценок в фотовизуальных лучах. По полученным наблюдениям строились кривые изменения блеска, показатель снимался с сезонных индивидуальных кривых. Данные содержатся в табл. 2, и на рис. 8, соответствующие J. D. 2436393-6548.

Из анализа полученных кривых следует:

а) Исследуемая звезда в обоих лучах изменяет блеск с периодом, равным 34 дня, а не 101.7, как дано в ОКПЗ [6], что указывает на нестабильность периода друг друга. На нисходящей ветви кривой блеска наблюдаются вторичные минимум и максимум, причем глубина и ширина их подвержена сильным изменениям от периода к периоду.

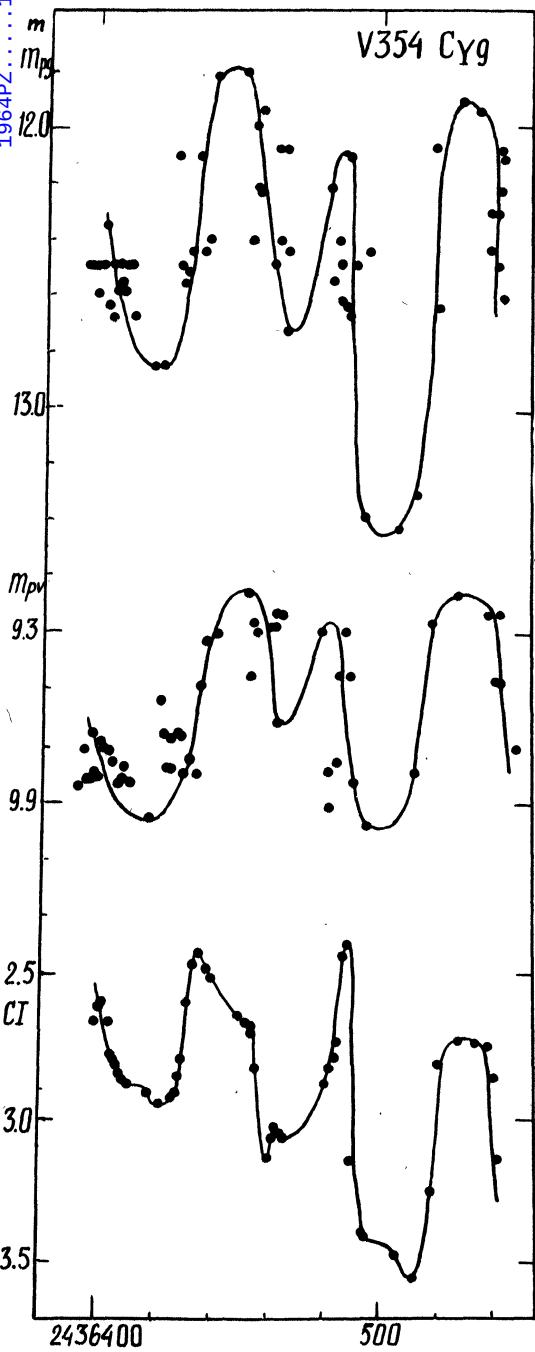


Рис. 8

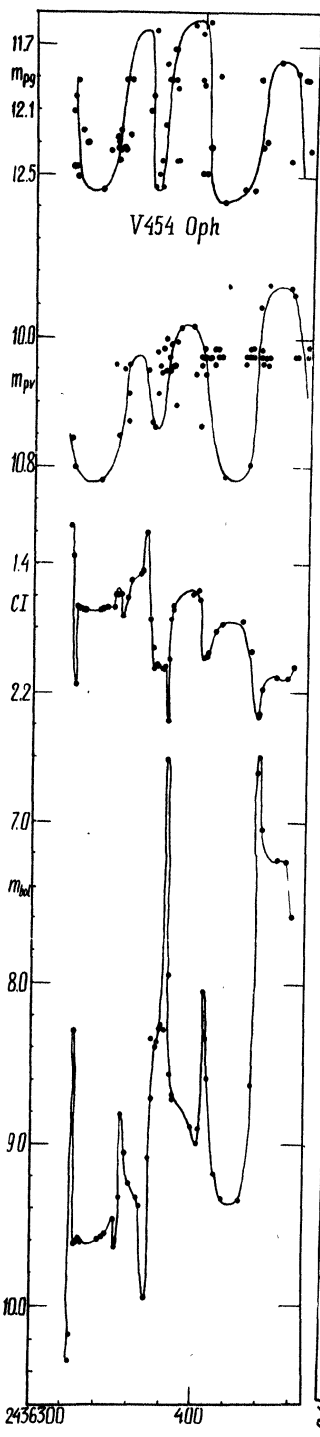


Рис.9

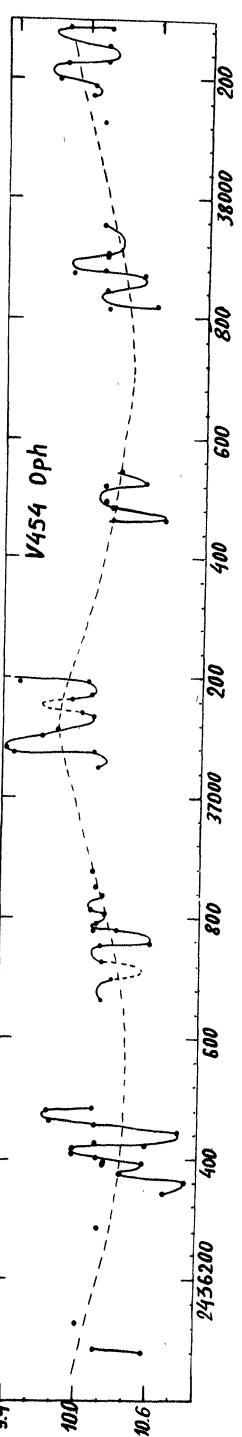


Рис. 10

V 454 Змееносца

Было получено 152 оценки фотографических и 354 оценки в фотовизуальных лучах. По полученным наблюдениям строились кривые изменения блеска и болометрическая кривая. Показатель цвета снимался с сезонных индивидуальных кривых. Данные содержатся в табл. 2, и на рис. 9, соответствующие J.D. 2436344-6472. Из анализа полученных кривых следует, что

а) Кривая блеска характеризуется наличием вторичного минимума, глубина которого меняется от сезона к сезону и может достигать даже величины главного минимума. Характерен почти одинаковый подъем и спад блеска в обоих лучах. Период, найденный в [7] и указанный в ОКПЗ — неверный, так как по нашим наблюдениям данная звезда имеет формальный период порядка 90 дней. На относительно быстрые колебания, имеющие продолжительный период, величина которого может быть грубо определена равной 600 дней со средней амплитудой медленных колебаний — $0^m.56$ в фотографических лучах. Данные даются в табл. 5, а график — на рис. 10.

Таблица 5.

J.D. 243...	m_{pg}	n	J.D. 243...	m_{pg}	n	J.D. 243...	m_{pg}	n
6076.00	10.56	4	6458.00	10.13	14	7077.00	9.43	4
80.00	10.16	2	64.00	9.76	2	78.00	10.10	4
6128.00	10.00	1	82.00	9.74	2	85.00	9.35	3
6286.00	10.17	1	86.00	10.12	4	7104.00	9.66	4
6344.00	10.72	2	6665.00	10.18	2	15.00	9.79	5
62.00	10.89	1	6700.00	10.26	3	36.00	10.09	15
76.00	10.35	6	29.00	10.18	7	43.00	9.99	8
92.00	10.21	1	55.00	10.17	15	64.00	9.91	10
94.00	10.54	2	58.00	10.59	2	72.00	10.07	9
97.00	10.22	4	80.00	10.30	4	93.00	9.47	2
6404.00	10.16	12	80.50	10.10	3	95.00	10.04	8
10.00	9.95	1	90.00	10.13	7	7464.00	10.22	6
19.00	9.95	1	6807.00	10.20	9	64.50	10.65	1
23.00	10.65	1	14.00	10.07	4	86.00	10.21	5
28.00	10.14	18	37.00	10.19	2	97.00	10.15	13
45.00	10.84	2	7052.00	10.13	1	7522.00	10.15	10

Вероятно, из-за недостатка наблюдений в [7] период медленных колебаний, не являющийся стабильным, принят за формальный.

б) Кривая изменения показателя цвета повторяет в основном кривую изменения блеска до момента главного максимума, после которого ее ход противоположный. Характерно, что в районе главных и вторичных минимумов наблюдается волнообразное изменение показателя цвета. Амплитуда изменения показателя цвета не превышает амплитуды изменения блеска.

в) Болометрическая кривая в основном повторяет кривую изменения блеска, но в районе максимума наблюдаются резкие падения блеска волнообразного характера. Амплитуда болометрической кривой значительно больше фотовизуальной и достигает $3^m.7$.

LU Орла

Было получено 332 оценки в фотографических и 168 оценок в фото-
визуальных лучах. По полученным наблюдениям строились кривые из-
менения блеска. Показатель цвета снимался с сезонных индивидуаль-
ных кривых. Данные содержатся в табл. 2, и на рис. 11, соответствую-
щие J. D. 2436366 - 6518. Анализируя полученные кривые, заключаем:

а) Исследуемая звезда в обоих лучах характеризуется стабильным
периодом, близким к 102 дням, что соответствует элементам Бейера [8].
Характер изменения блеска волнообразный с одинаковыми глубинами
минимумов. В обоих лучах форма кривой изменения блеска повторяет-
ся. Кроме того, нами впервые обнаружены медленные колебания, имею-
щие продолжительный период, величина которого приблизительно равна
1030 дней, со средней амплитудой 0^m.44. Данные даются в табл. 6, а
график на рис. 12.

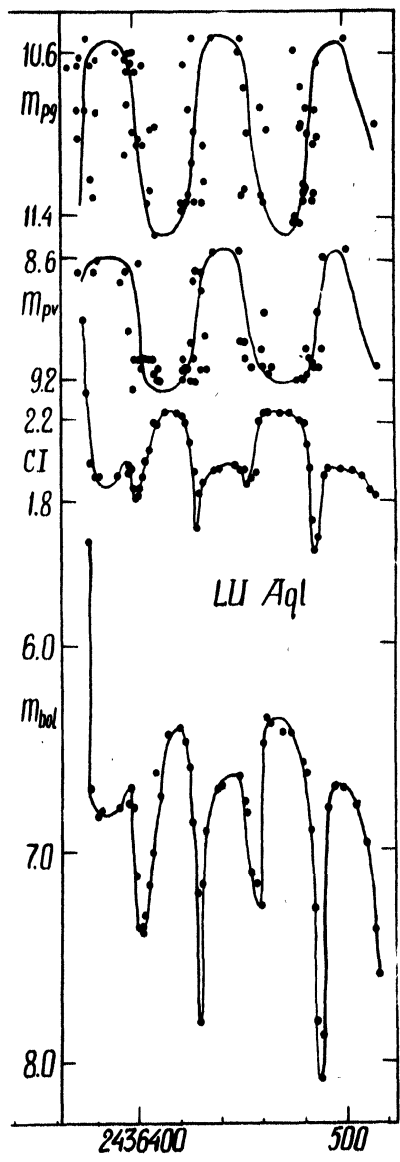


Рис. 11

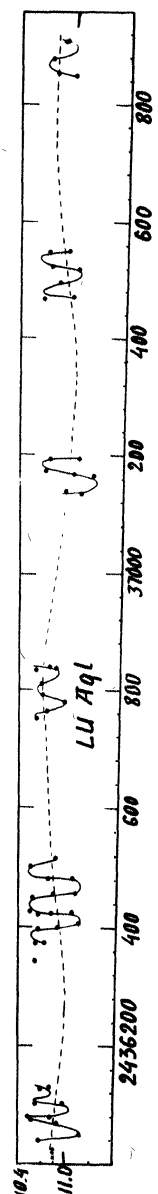


Рис. 12

Таблица 6.

J.D. 243...	m _{pg}	n	J.D. 243...	m _{pg}	n	J.D. 243...	m _{pg}	n
6041.00	10.74	3	6427.00	11.24	13	7139.00	11.01	3
50.00	11.44	7	28.00	10.53	1	66.00	11.43	4
70.00	11.05	10	52.00	10.57	2	69.00	11.14	13
77.00	10.60	10	58.00	10.93	5	74.00	10.67	2
81.00	11.12	2	58.50	11.30	4	94.00	10.72	3
81.50	10.57	11	84.00	11.25	12	94.50	11.03	5
6103.00	11.14	4	84.50	10.82	7	7469.00	10.57	3
03.50	10.67	6	6504.00	10.53	1	73.00	11.07	1
30.00	10.74	5	18.00	10.96	1	96.00	10.82	8
32.00	10.50	4	6753.00	10.58	2	7519.00	11.14	1
6345.00	10.61	3	6464.00	10.74	3	23.00	10.69	13
74.00	10.53	7	81.00	11.05	1	48.00	10.65	7
75.00	11.00	5	91.00	10.68	3	50.00	11.01	2
98.00	10.64	8	6811.00	10.63	5	7848.00	11.14	1
6402.00	11.00	8	34.00	10.55	1	52.00	10.75	2
07.00	11.37	3	37.00	10.90	1	77.00	10.98	8
24.00	10.66	1	40.00	10.78	1	7906.00	10.86	10
26.00	10.88	1	7135.00	11.27	1	08.00	10.98	8

б) Ход изменения показателя цвета противоположен форме кривой блеска, но в районе минимумов наблюдаются волнообразные изменения показателя цвета.

в) Болометрическая кривая блеска точно повторяет кривую изменения показателя цвета со всеми ее подробностями и противоположна фотовизуальной кривой. Амплитуда значительно больше фотовизуальной и достигает 2^m 6.

ВЫВОДЫ

1. Во всех исследованных нами звездах формы кривых изменения блеска в обоих лучах одинаковы.

2. Характер изменения показателя цвета с фазой различен, а именно: изменение показателя цвета либо совпадает по фазе с изменением блеска (V 354 Cyg), либо противоположно по фазе изменению блеска (LU Aql, V 539 Cyg), либо кривая изменения показателя цвета имеет две волны в течение полного цикла изменения блеска (V 454 Oph, DE Her, DZ Her), что характерно для долгопериодических переменных типа Мира Кита [9]. Показатель цвета по-разному изменяется в различные эпохи, т.е. перечисленные типы его изменения могут переходить один в другой с течением времени. Это можно объяснить влиянием полос поглощения окиси титана, интенсивность которых значительно изменяется при небольших колебаниях температуры.

3. Кривая изменения блеска может несколько опережать кривую изменения показателя цвета (V 539 Cig, DE Her).

4. У некоторых звезд в районе максимумов и минимумов наблюдается волнообразное изменение показателя цвета.

5. Болометрические кривые блеска либо повторяют, либо противоположны по фазе фотовизуальным, причем в районах максимумов или минимумов наблюдаются резкие падения блеска волнообразного харак-

тера. Амплитуды болометрических кривых всегда больше фотовизуальных.

Эти выводы носят, конечно, предварительный характер. В следующей работе будут приведены результаты исследования остальных звезд из выбранной нами программы. Исследование 27 красных полуправильных переменных звезд имеет целью установить несколько групп подобно долгопериодическим звездам типа Миры Кита.

Литература:

1. В. И. Ворошилов, Ш. Г. Горделадзе, Л. Н. Колесник, Ф. И. Дукацкая, Г. А. Федорченко, Э. С. Хейло "Каталог фотографических, фотовизуальных и фотокрасных величин 22000 звезд", Киев — Голосеево, 1962.
2. С. А. Wirtanen, A. N. Vyssotsky, ApJ **101**, 141, 1945.
3. П. Г. Куликовский "Справочник любителя астрономии", 1961.
4. В. П. Песевич, ПЗ **8**, 5, 1952.
5. И. М. Ищенко, Ташк. Бюлл. **2**, 1948.
6. Б. В. Кукаркин, П. П. Паренаго, ОКПЗ, 1958.
7. G. R. Miczaika, AN **258**, 20, 349, 1936.
8. M. Bejer, Erg AN **11**, 4, 83, 1948.
9. Э. П. Стрелкова, ПЗ **11**, 2, 1956.

Одесская Астрономическая обсерватория,
март 1964 г.