

Изучение изменений периода у некоторых затменных переменных звезд

М. А. Свечников

В настоящей статье исследованы изменения периода четырех затменных переменных звезд: U Cep, U Sge, RZ Cas и AR Lac по имеющимся наблюдениям. Оказалось, что периоды этих переменных меняются неправильным образом: наряду с резкими скачкообразными изменениями отмечаются более плавные медленные изменения периода, охватывающие интервал в несколько лет. У U Cep, повидимому, наблюдается, наряду с быстрыми неправильными изменениями периода, также и медленное вековое увеличение его порядка $4^d \cdot 10^{-9}$ за период.

Все рассмотренные системы находятся вблизи предела динамической устойчивости по Рошу; вследствие этого сделана попытка объяснить наблюдаемые изменения периода истечением материи из атмосферы одной из компонент затменной системы согласно гипотезе, выдвинутой Вудом.

Выброшенная звездой масса, вызывающая наблюдаемые изменения периода, оказалась для рассматриваемых звезд порядка 10^{-6} — $10^{-7} M_{\odot}$ в год. Были также проделаны подсчеты свечения образующейся при этом газовой оболочки. Вычисленные изменения блеска систем, а также интенсивности эмиссионных линий не противоречат имеющимся для этих звезд наблюдениям.

The variations of the period of four eclipsing variables U Cep, U Sge, RZ Cas and AR Lac were investigated. The periods of these variables were found to be irregular: besides sharp and abrupt changes, smooth and slow variations of the period with an interval of several years are observed. U Cep has evidently along with rapid irregular variations a slow secular increase of the period of the order of $4^d \cdot 10^{-9}$ for a period.

All these systems are close to Roach's limit of dynamical stability. An attempt was made, therefore, to explain (according to Wood) the observed variations of the period by an outflow of matter from the atmosphere of one of the components of the eclipsing system. The ejected mass, causing the observed variations, was estimated to be of the order of 10^{-6} — $10^{-7} M_{\odot}$ per year. The luminosity of the gaseous envelope formed was also estimated. The calculated variations of light for these systems and the intensity of the emission lines do not contradict observations.

Уже давно были замечены у ряда затменных переменных изменения периода с течением времени. Объяснения этому искали в движении затменной пары около третьего тела или во вращении линии апсид. Наблюдения последнего времени показывают, что у некоторых звезд период меняется неправильно. Исследование неправильных изменений периода и причин этих изменений представляет значительный интерес.

Я исследовал затменные переменные U Cep, RZ Cas, AR Lac и U Sge, переменность периода которых была уже установлена ранее. Эти звезды являются тесными парами, причем в каждой из них одна из компонент находится вблизи предела динамической устойчивости, как это показано Вудом [1]. Цель моей работы — выяснение характера изменения периода указанных звезд. После того, как оказалось, что изменения периода у всех исследованных систем не несут периодического характера, была сделана попытка объяснить их реактивным действием при выбросе материи из атмосферы одной из компонент затменной пары, согласно гипотезе, выдвинутой Вудом в указанной выше работе. Была произведена оценка массы, которая должна быть выброшена звездой за единицу времени,

для того, чтобы объяснить наблюдаемые изменения периода. Поскольку эта масса оказалась довольно значительной (10^{-6} — 10^{-7} солнечной массы в год), были проделаны также подсчеты свечения образующейся газовой оболочки. Полученные результаты сопоставлялись с данными наблюдений.

Наблюдения

В 1950—1954 гг. я наблюдал затменные переменные U Cep, RZ Cas, AR Lac и U Sge, чтобы определить моменты минимумов. U Cep я наблюдал фотографически на $10''$ астрографе обсерватории Ленинградского университета. На пластинках Agfa астро получались фокальные снимки звезды с экспозицией 4—5 мин., в среднем по 3—5 экспозиций на каждой пластинке. Полученные снимки переменной звезды и звезд сравнения измерялись на объективном микрофотометре обсерватории. Остальные звезды я наблюдал визуально: AR Lac и U Sge — при помощи $2''.5$ бинокулярной трубы, а RZ Cas — при помощи шестикратного призмного бинокля. Блеск я оценивал по методу Нейланда—Блажко.

Выведенные из этих наблюдений гелиоцентрические моменты минимумов приведены в таблице 1. В некоторых случаях даны средние минимумы, полученные из наблюдений, заключенных в интервале эпох $\Delta E \leq 30$.

Таблица 1

Моменты минимумов U Cep, RZ Cas, AR Lac и U Sge
(по наблюдениям автора)

Звезда	Min $\odot$ J. D.	n_1	n_2	Метод наблюдения
U Cep	2434686 ^d 583 $\pm$ 0 ^d 002	2	42	фотографический
RZ Cas	3491.316 $\pm$ 0.005	3	37	визуальный
RZ Cas	4229.983 $\pm$ 0.003	2	13	»
RZ Cas	4955.498 $\pm$ 0.002	3	42	»
AR Lac	4646.470 $\pm$ 0.004	1	14	»
U Sge	4635.240 $\pm$ 0.005	1	16	»

Здесь через n_1 обозначено число наблюдаемых минимумов, через n_2 — число полученных оценок блеска. Средняя ошибка находилась из внутренней сходимости наблюдений, поэтому ее величина может быть заниженной.

Исследование изменений периода

U Cep. Затменная переменная U Cep была открыта В. К. Цераским 23 июня 1880 г.; начиная с этого времени, звезду наблюдали регулярно. Кроме того, оказалось, что еще до открытия переменности U Cep ослабления ее блеска отмечал Шверд 12 мая 1828 г., а также Каррингтон 19, 21 и 30 декабря 1855 г., благодаря чему мы можем исследовать изменение периода этой интересной затменной системы за весьма значительный промежуток времени.

Переменность периода U Cep была отмечена впервые М. Шепли в 1916 г. В дальнейшем изменение ее периода обсуждали многие авторы. Наибольший интерес представляет исследование Чудовичева [2], объяснявшего изменение периода U Cep движением линии апсид с периодом около 90 лет. Мнение Чудовичева очень хорошо подтверждается наблюдениями с 1855 по 1940 г., но опровергается наблюдением Шверда, а также наблюдениями последних лет, в частности, очень точными фотоэлектрическими наблюдениями Мичайки [3].

Сводка всех имевшихся в моем распоряжении минимумов U Сер дана в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Наблюдаемые минимумы U Сер

Эпоха	Min $\odot$	O-C	n_1	n_2	p	Автор и литература
-7636	2388855.180	+0.6730	1	1	0.5	Шерд
-3587	98948.348	+ .0860	1	3	0.5	Каррингтон
+ 4	2407900.3008	+ .0335			1	Глазенап
20	940.1888	+ .0351	5		3	Шмидт +
38	985.0540	+ .0281	2		1	Пикеринг +
49	08012.4843	+ .0365	4		2	Шмидт +
57	032.4275	+ .0365	4		2	Кнотт +
62	044.8910	+ .0355	5		3	Шмидт +
63	047.3754	+ .0270	1		1	Баксенделл
79	087.2769	+ .0421	1		1	Кнотт
102	144.5981	+ .0265	5		3	Пикеринг +
120	189.4706	+ .0268	6		3	Кнотт +
133	221.8729	+ .0214	3		2	Шмидт +
200	388.9018	+ .0260	3		2	Кнотт +
207	406.3399	+ .0138	4		2	Шмидт +
207	406.3443	+ .0182	3		2	Вильсинг +
254	523.5131	+ .0207	3		2	Вильсинг +
262	543.4630	+ .0274	1		1	Баксенделл
264	548.4455	+ .0241	4		2	Кнотт +
273	570.8805	+ .0230	2		1	Шмидт +
320	688.0362	+ .0123	3		2	Вильсинг +
356	777.8023	+ .0340	2		1	Шмидт +
384	847.5902	+ .0207	6		3	Кнотт +
400	887.4667	+ .0108	1		1	Вильсинг
466	09051.9970	+ .0097	4		2	Вильсинг +
493	119.3153	+ .0197	1		1	Шмидт
525	199.0888	+ .0203	3		2	Кнотт +
548	256.4153	+ .0101	4		3	Вильсинг +
690	610.4093	+ .0123	2		2	Баксенделл +
693	617.8893	+ .0136	1		2	Кнотт +
749	757.4934	+ .0152	2		2	Баксенделл +
832	964.4000	+ .0111	2		2	Баксенделл +
970	10308.4126	+ .0034	2		2	Баксенделл +
972	313.3977	+ .0027	2		1	Кнотт +
1087	600.0853	+ .0068	7		4	Чандлер +
1140	732.2049	+ .0026	3		2	Чандлер +
1216	921.6687	+ .0060	1		1	Йенделл
1299	11128.5794	+ .0060	1		1	Йенделл
1380	330.5112	+ .0128	2		1	Йенделл +
1388	350.4369	- .0047	2		1	Дюнер +
1514	664.5491	+ .0020	2		1	Йенделл +
1536	719.3870	- .0039	2		1	Дюнер +
1703	12135.6953	- .0100	7	94	2	Кнопф [4] + §
1738	222.9485	- .0083	2		1	Дюнер +
1920	676.6513	- .0134	7		4	Йенделл +
2135	13212.6092	- .0291	5		3	Сперра +
2140	225.0749	- .0279	4		2	Йенделл +
2272	554.1343	- .0313	1		1	Пикеринг
2276	564.1039	- .0333	2		6	Венделл +

Таблица 2 (продолжение)

Эпоха	Min $\odot$	O—C	n_1	n_2	p	Автор и литература
2279	13571.5881	—0.0278	1		1	Сперра
2303	631.4124	—0.0332	2		1	Болин +
2328	693.7361	—0.0320	1		1	Йенделл
2381	825.8566	—0.0352	3		2	Болин +
2452	14002.8534	—0.0343	1		3	Венделл
2461	025.2911	—0.0327	1		1	Пикеринг
2513	154.9155	—0.0392	1		3	Венделл
2541	224.7263	—0.0296	1		1	Сперра
2702	626.0730	—0.0399	2		6	Венделл +
2820	920.2374	—0.0373	6		3	Йенделл +
2880	15069.8054	—0.0473	2		6	Венделл +
2972	299.1519	—0.0441	1		3	Венделл +
2983	326.5811	—0.0368	1		1	Йенделл
3010	393.8817	—0.0445	4		2	Шваб +
3017	* 411.3305	—0.0460	1		3	Венделл
3038	463.6797	—0.0477	4		2	Плассман +
3119	665.6176	—0.0348	1		1	Йенделл
3138	712.9683	—0.0492	2		1	Шваб +
3144	727.9256	—0.0493	2		6	Венделл +
3238	962.2540	—0.0535	4		2	Йенделл +
3278	16061.9751	—0.0484	3		2	Шваб +
3300	116.8179	—0.0495	2		6	Венделл +
3412	396.0150	—0.0572	1		3	Венделл
3472	545.5882	—0.0580	1		3	Венделл
3567	782.4170	—0.0548	1		1	Нейланд
3601	867.1699	—0.0605	1		3	Венделл
3638	959.4043	—0.0634	7	30	3	Нейланд [5] +
3668	17034.1949	—0.0598	1		3	Венделл
3716	153.8519	—0.0621	7	46	3	Нейланд [5]
3727	181.2747	—0.0612	1		3	Венделл
3809	385.6898	—0.0639	12	83	5	Нейланд [5]
3914	647.4430	—0.0653	3	14	1	Нейланд [5]
3930	687.3319	—0.0628	2		6	Венделл
3978	806.9891	—0.0648	4	26	2	Нейланд [5]
4027	929.1455	—0.0605	1		3	Венделл
4121	18163.4761	—0.0626	1		3	Венделл
4215	397.8081	—0.0632	1		3	Венделл
4304	619.6822	—0.0573	2		6	Венделл
4411	886.4293	—0.0505	1		1	Бемпорад
4470	19033.5087	—0.0522	1		3	Венделл
4482	063.4234	—0.0523	1		1	Бемпорад
4552	237.9316	—0.0472	6		3	Бемпорад +
4628	427.3877	—0.0515	4		2	Ленерт +
4674	542.0530	—0.0596	1		3	Венделл
4684	566.9834	—0.0582	2		1	Ленерт +
4742	711.5743	—0.0556	1		1	Лаккини
4831	933.4432	—0.0548	1		1	Бемпорад
4904	20115.4230	—0.0568	1		1	Бемпорад
4951	232.5847	—0.0614	1		3	Дьюган
5004	364.7096	—0.0602	1		3	Дьюган
5038	449.4699	—0.0585	1		3	Дьюган
5087	571.6169	—0.0606	1		3	Дьюган
5160	753.5991	—0.0632	1		3	Бакер

Таблица 2 (продолжение)

Эпоха	Min $\odot$	O—C	n_1	n_2	p	Автор и литература
5220	20903.1727	— .0636	1		3	Бакер
5220	903.1730	— .0633	1		3	Кемпбелл
5290	21077.6790	— .0603	1		3	Кемпбелл
5322	157.4530	— .0592		50	2	Люттен [6]
5375	289.5738	— .0621	4		12	Дьюган +
5660	22000.0520	— .0605	1		3	Кемпбелл
5795	336.5942	— .0599	1		3	Дьюган
5992	827.6930	— .0625	1		3	Кемпбелл
6000	847.6406	— .0581	1		1	Гадомский [7]
6083	23054.5500	— .0594	1		3	Кемпбелл
6123	154.2716	— .0539	1		1	Гадомский [7]
6162	251.4990	— .0496	1		3	Кемпбелл
6206	361.1859	— .0503	1		1	Гадомский [7]
6317	637.9019	— .0463	1		1	Гадомский [7]
6443	952.0142	— .0394	1		1	Гадомский [7]
6505	24106.5750	— .0385	1		1	Хеллерих
6506	109.0677	— .0387	1		1	Гадомский [7]
6670	517.9154	— .0266	1		1	Гадомский [7]
6797	834.5218	— .0186	2		6	Кемпбелл [8]
6844	951.6958	— .0109	1		1	Гадомский
6937	25183.5310	— .0155	1		1	Кордылевский [9]
6963	248.3474	— .0145	1		1	Мерола [10]
6965	253.3325	— .0152	1		1	Мерола [10]
6971	268.2927	— .0124	1		1	Мерола [10]
6975	278.2641	— .0126	1		2	Мерола [10]
6994	325.6300	— .0118	1		1	Мергенталер [11]
7024	400.416	— .0128	1		1	Паренаго [12]
7028	410.3885	— .0119	1		1	Мерола [10]
7034	425.3442	— .0136	1		2	Мерола [10]
7056	480.193	— .0046	23	51	3	Паренаго [13]
7067	507.6195	— .0240	2	15	1	де-Рой [14]
7085	552.4779	— .0178	1		1	Анерт [15]
7087	557.4648	— .0167	1		3	Кемпбелл [8]
7087	557.4666	— .0149	1		5	Карраско [16]
7113	622.2801	— .0169	1		1	Анерт [15]
7134	674.6494	+ .0015	1		1	Гадомский
7155	726.9831	— .0157	2		2	Анерт [15] +
7182	794.2888	— .0183	2	21	1	де-Рой [17]
7225	901.4868	— .0150	1		3	Кемпбелл [8]
7272	26018.6545	— .0136	2		2	Анерт [15]
7369	260.4696	— .0099	1		1	Анерт [15]
7373	270.4394	— .0117	1		3	Кемпбелл [8]
7373	270.4434	— .0077	1		5	Карраско [16]
7515	624.4370	— .0060	1		1	Анерт [15]
7539	684.2692	— .0034	1		5	Карраско [16]
7613	868.7480	+ .0008	8	87	5	Вальтер [18]
7715	27123.0380	+ .0149	1		1	Канамори
7783	292.5700	+ .0297	1		5	Химпель [19]
7797	327.4525	+ .0116	1		5	Кордылевский [9]
7909	606.6577	+ .0119		63	5	Чудовичев [2] §
7937	676.4566	+ .0096		(710)	30	Вальтер [20]
7966	748.7444	+ .0033	2		6	Гарвардские студ. [3] +

Таблица 2 (окончание)

Эпоха	Min $\odot$	$O-C$	n_1	n_2	p	Автор и литература
7969	27756.2338	+0.0140		58	5	Чудовичев [2] §
8000	833.5019	+0.0022			5	Розенбсрге [2]
8010	858.4425	+0.0138	13	136	6	Квик [22]
8016	873.3993	+0.0132	1		1	Хеллерих [23]
8018	878.3770	+0.0051	1	46	2	Шафранец [24]
8026	898.3230	+0.0079		71	6	Чудовичев [2] §
8089	28055.3826	+0.0148			1	Хеллерих [23]
8128	152.6043	+0.0133		109	10	Чудовичев [2] §
8259	479.1815	+0.0206		122	3	Тенча [25]
8262	486.6600	+0.0202	3	44	3	Джонс [26]
8310	606.320	+0.0311	9	72	3	Тенча [27]
8379	778.330	+0.0210	9	99	3	Тенча [27]
8440	930.394	+0.0181	5	59	3	Тенча [27]
8503	29087.450	+0.0213	5	48	3	Тенча [27]
8582	284.394	+0.0262	4	42	2	Тенча [27]
9285	31036.889	+0.0142	2		2	Струве [28]
9613	854.5929	+0.0447	2		2	Филлипс, Слетте-бек [29]
9854	32455.403	+0.0658		40	1	Шафранец [24]
9990	794.434	+0.0623		30	2	Шафранец [30]
10138	33163.392	+0.0710	1		1	Поль [31]
10209	340.390	+0.0731	1		1	Поль [31]
10262	472.538	+0.0974	1		1	Пожер [31]
10268	487.474	+0.0760	1		1	Домке [32]
10268	487.472	+0.0740	1	29	1	Поль [32]
10353	699.370	+0.0754	1		1	Поль [32]
10355	704.365	+0.0846	1		1	Домке [32]
10367	734.284	+0.0888	1		1	Шафранец [33]
10416	856.424	+0.0767	1		1	Домке [32]
10432	896.315	+0.0813	1		1	Шафранец [33]
10522	34120 683	+0.0882		463	50	Мичайка [3]
10552	195.466	+0.0842	1	18	1	Шафранец [34]
10712	594.345	+0.0991			1	Шафранец [35]
10749	686.583	+0.0998	2	42	3	Свечников

В таблице 2 через n_1 обозначено число индивидуальных минимумов, использованных при выводе среднего минимума; n_2 — число наблюдений в минимуме; p — приданный мною вес; $O-C_1$ — отклонения от линейных элементов Чудовичева:

$$\text{Min} = \text{J. D. } 2407890.2957 + 2.4929005 \cdot E.$$

Моменты минимумов, для которых источник не указан, взяты из работы Карраско [36]. Знак + показывает, что моменты минимумов, приведенные данным автором, сгруппированы мною в один средний минимум; знак § показывает, что минимум получен мною в результате обработки оригинальных наблюдений.

Путем усреднения всех индивидуальных значений $O-C_1$ в интервалах эпох $\Delta E = 200$ получены нормальные значения $O-C_1$, приведенные во втором столбце таблицы 3 и на рис. 5.

Таблица 3

Эпоха	$O - C_1$	$O - C_2$	p	Эпоха	$O - C_1$	$O - C_2$	p
-7636	+0. ^d 6730	+0. ^d 1266	0.5	+ 4918	-0.0592	-0.0075	5
-3587	+ .0860	- .1263	0.5	5072	- .0606	- .0095	12
+ 69	+ .0314	+ .0051	22	5319	- .0620	- .0124	23
275	+ .0209	+ .0018	18	5728	- .0602	- .0142	6
502	+ .0134	+ .0019	9	5992	- .0625	- .0195	3
714	+ .0137	+ .0089	5	6107	- .0537	- .0122	8
915	+ .0063	+ .0075	5	6262	- .0483	- .0090	2
1105	+ .0054	+ .0119	6	6485	- .0389	- .0031	3
1321	+ .0050	+ .0173	4	6779	- .0197	+ .0109	7
1525	- .0010	+ .0163	2	6953	- .0132	+ .0140	8
1715	- .0094	+ .0124	3	7110	- .0135	+ .0104	22
1920	- .0134	+ .0128	4	7327	- .0111	+ .0079	14
2137	- .0284	+ .0021	15	7527	- .0047	+ .0094	6
2300	- .0329	+ .0006	12	7730	+ .0141	+ .0230	16
2487	- .0354	+ .0012	8	7941	+ .0095	+ .0126	46
2702	- .0399	.0000	6	8053	+ .0101	+ .0099	31
2895	- .0418	+ .0008	13	8297	+ .0229	+ .0153	14
3084	- .0467	- .0019	15	8499	+ .0213	+ .0082	8
3283	- .0501	- .0032	10	9285	+ .0142	- .0284	3
3458	- .0572	- .0087	7	9613	+ .0447	- .0113	2
3670	- .0614	- .0114	15	9945	+ .0635	- .0069	3
3892	- .0637	- .0124	14	10138	+ .0710	- .0082	1
4074	- .0615	- .0095	6	10297	+ .0813	- .0054	7
4260	- .0593	- .0069	9	10519	+ .0878	- .0097	53
4295	-0.0501	+0.0025	8	10740	+0.0996	-0.0091	4
4672	-0.0565	-0.0041	7				

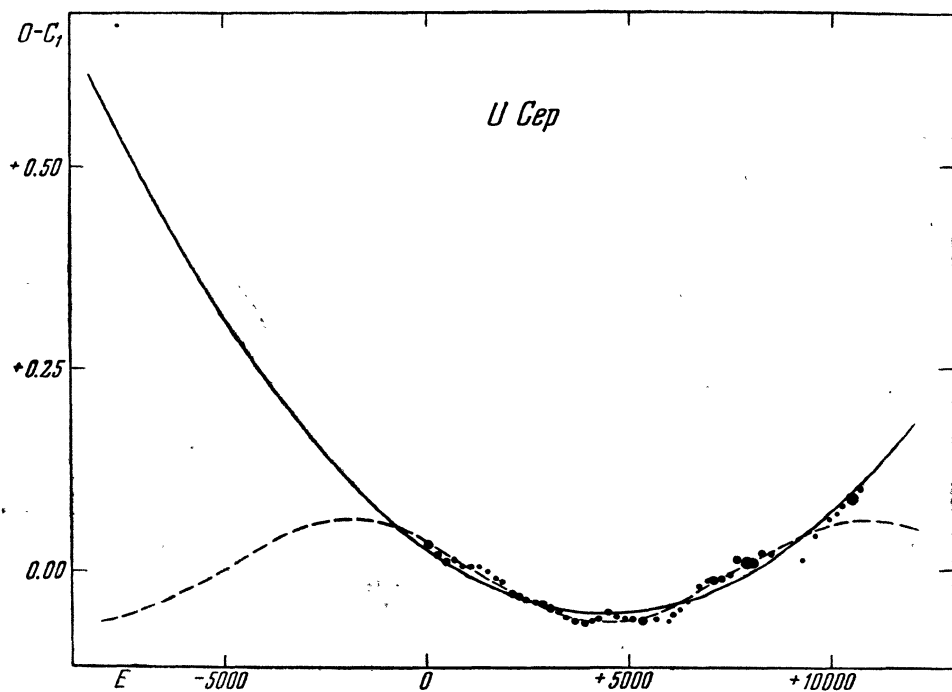


Рис. 5

Отклонения периода от линейного значения, лежащего в основе элементов *Чудовичева*, для различных эпох получены численным дифференцированием кривой $O - C_1$ и даны в таблице 4, а также изображены на рис. 6.

Изменение периода *U Сер*

Таблица 4

Эпоха	ΔP	Эпоха	ΔP	Эпоха	ΔP	Эпоха	ΔP
—5612	$-145 \cdot 10^{-6}$	+2394	$-13 \cdot 10^{-6}$	+4995	$-9 \cdot 10^{-6}$	+7628	$+83 \cdot 10^{-6}$
—1759	— 15	+2594	—20	+5196	— 6	+7840	—15
+ 172	— 50	+2798	—10	+5524	+ 2	+8001	+ 8
+ 388	— 33	+2990	—26	+5860	+ 5	+8175	+50
+ 608	0	+3184	—17	+6050	+42	+8398	— 6
+ 814	— 35	+3370	—40	+6184	+35	+8892	— 9
+1010	— 5	+3564	—20	+6374	+42	+9449	+93
+1213	— 2	+3781	—10	+6632	+50	+9779	+52
+1423	— 29	+3983	+12	+6852	+40	+10042	+45
+1632	— 34	+4167	+12	+7017	— 1	+10218	+55
+1829	— 38	+4378	+36	+7218	+ 1	+10408	+35
+2028	— 69	+4584	—34	+7427	+32	+10634	+50
+2228	— 28	+4795	—11				

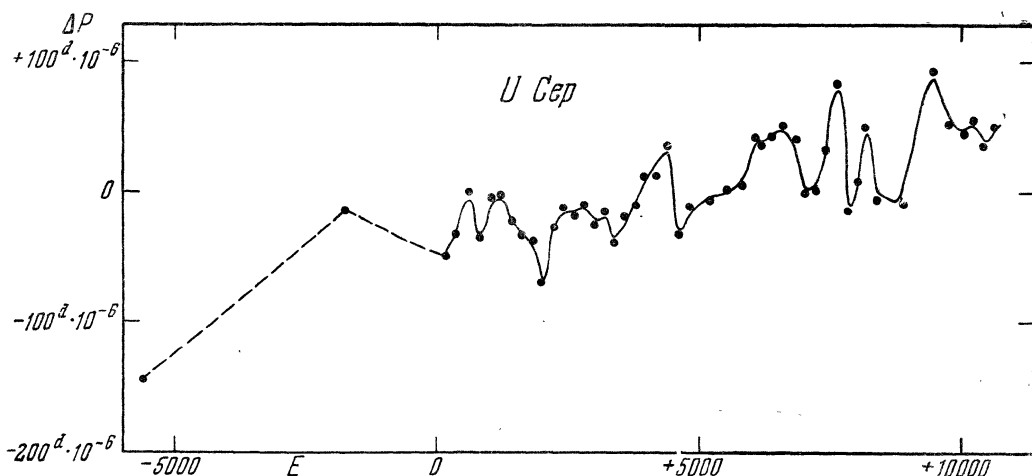


Рис. 6

Как видно из табл. 4, изменения периода *U Сер* носят неправильный скачкообразный характер, причем за большой промежуток времени происходит примерно равное количество увеличений и уменьшений периода. Вместе с тем отмечается медленное постоянное увеличение периода, носящее, повидимому, линейный характер. Чтобы учесть последнее, в формулу для определения моментов минимумов следовало ввести квадратичный член. Была составлена система уравнений вида:

$$O - C_1 = \Delta T_0 + \Delta P E + q E^2,$$

где значения $O - C_1$ взяты из таблицы 3. Система решалась по способу наименьших квадратов; в результате получена следующая формула:

$$\text{Min} = \text{J. D. } 2407890.3245 + 2.4928640 \cdot E + 4.09 \cdot 10^{-9} \cdot E^2.$$

± 54 ± 16 ± 14

На графике (рис. 5) сплошной линией начерчена кривая отклонений моментов минимумов, полученных при помощи исправленных элементов, относительно линейных элементов Чудовичева; пунктирной линией нанесена синусоидальная кривая Чудовичева.

В таблице 3 в столбце $O-C_2$ приведены отклонения наблюдаемых минимумов от полученных мною элементов; кривая $O-C_2$ изображена на рис. 7. Здесь благодаря крупному масштабу еще нагляднее видно, что кратковременные изменения периода носят неправильный, скачкообразный характер.

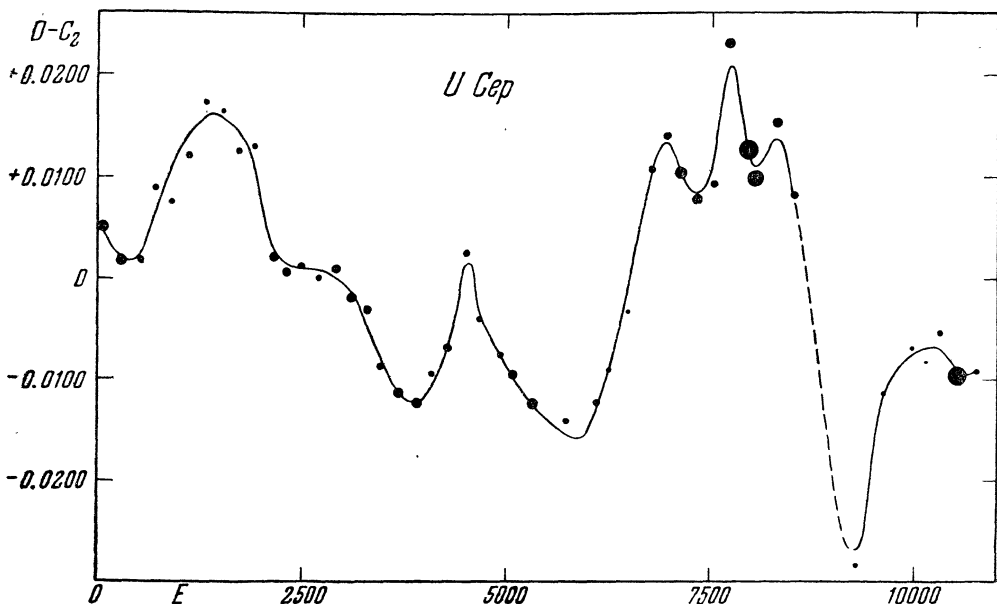


Рис. 7

U Sge. В таблице 5 приводится собранный наблюдательный материал по U Sge; эпохи и $O-C$ указаны от линейных элементов Яккиа:

$$\text{Min} = \text{J. D. } 2417130.4148 + 3.3806184 \cdot E.$$

Сводка наблюдаемых моментов минимумов доведена до октября 1953 г. К сожалению, в моем распоряжении не оказалось наблюдений Яккиа, охватывающих большой промежуток времени.

Таблица 5

Наблюденные моменты минимумов U Sge

Эпоха	Min $\odot$	$O-C$	n_1	n_2	p	Автор и литература
-1090	2413445. ^d 543	+0. ^d 0020		15	1	Гарвардская обсерватория [37]
- 426	5690.2757	+0.0040			1	Шваб [37]
- 378	5852.5374	-0.0039			8	Хартвиг [37]
- 368	5886.3407	-0.0068			9	Венделл [37]
- 342	5974.2465	+0.0029	3		5	Люизе [37]
- 335	5997.9057	-0.0022	4		4	Вильямс [37]
- 333	6004.6780	+0.0088			3	Йенделл [37]
- 98	6799.1143	-0.0002	1		1	Графф [37]
+ 73	7377.1954	-0.0048	7		11	Графф [37]
94	7448.1889	-0.0043			4	Нейланд [37]

Т а б л и ц а 5 (продолжение)

Эпоха	Min $\odot$	$O - C$	n_1	n_2	p	Автор и литература
252	17982.3303	—0.0006			7	Нейланд [37]
279	8073.5992	—0.0084			1	Хеллерих [37]
364	8360.9547	—0.0055			2	Нейланд [37]
441	8621.271	+0.0032	3	47	5	Козинская [38]
538	8949.1356	—0.0022			3	Нейланд [37]
641	9297.3861	—0.0054			1	Ленерт [37]
746	9652.3472	—0.0092			21	Маджини [37]
757	9689.5463	+0.0031			8	Лаккини [37]
757	9689.5507	+0.0075			7	Жинори [37]
845	9937.0362	+0.0034			8	Лаварино [37]
856	20024.2086	—0.0159			2	Хофмейстер [37]
857	0027.6035	—0.0016			2	Ленерт [37]
1198	1180.404	+0.0081		103	10	Люттен [6]
1566	2424.4691	+0.0056			5	Бемпорад [6]
1826	3303.4417	+0.0174	2	36	3	Хеллерих [39]
1831	3320.3396	+0.0122	1		1	Хенц [5]
1928	3648.2539	+0.0065	14	95	9	Гадомский [5]
2052	4037.4457	+0.0016	8	31	3	Гадомский [5]
2258	4763.8494	—0.0020	5	13	1	Гадомский [5]
2323	4983.5860	—0.0056		113	7	Рыбка [5]
2365	5125.580	+0.0024		30	3	Мергенталер [40]
2572	5825.367	+0.0014	1	8	1	Паренаго [13]
2580	5852.407	—0.0036	12	50	5	Пагачевский [41]
3011	7309.4467	—0.0104		55	6	Пегза [37]
3029	7370.3054	—0.0028	1	37	4	Гадомский [37]
3126	7698.2282	0.0000	1	5	1	Гадомский [37]
3129	7708.381	+0.0109		45	4	Шафранец [24]
3203	7958.536	+0.0002		53	5	Шафранец [24]
3226	8036.2867	—0.0034	12	55	6	Квик [22]
3229	8046.4275	—0.0044		415	40	Вальтер [42]
3413	8668.464	—0.0017		69	7	Тенча [25]
3444	8773.2645	—0.0004			10	Чудовичев [43]
3450	8793.551	+0.0024		43	4	Тенча [25]
3455	8810.453	+0.0013			10	Чудовичев [43]
3534	9077.517	—0.0035		57	6	Тенча [44]
3544	9111.3228	—0.0040			10	Чудовичев [43]
3549	9128.2235	—0.0063			10	Чудовичев [43]
3562	9172.173	—0.0048			10	Чудовичев [43]
3575	9216.1188	—0.0072			10	Чудовичев [43]
3631	9405.4335	—0.0070			10	Чудовичев [43]
3657	9493.3305	—0.0061			10	Чудовичев [43]
3678	9564.3255	—0.0041			10	Чудовичев [43]
3741	9777.3005	—0.0080			10	Чудовичев [43]
3767	9865.1948	—0.0098			10	Чудовичев [43]
4529	32441.218	—0.0178		23	2	Шафранец [24]
4611	2718.434	—0.0125		35	3	Шафранец [30]
4650	2850.278	—0.0127		18	2	Шафранец [30]
4745	3171.436	—0.0134		59	5	Анерт [45]
4752	3195.0994	—0.0162	2		100	Ирвин [46,47]
4829	3455.422	+0.0006			2	Софронович [31]
4829	3455.416	—0.0054			1	Борн [32]
4834	3472.319	—0.0054			1	Борн [32]

Т а б л и ц а 5 (окончание)

Эпоха	Min ☉	$O - C$	n_1	n_2	p	Автор и литература
4837	33482.460	-0.0063			1	Борн [32]
4845	3509.511	-0.0002			1	Мильке [32]
4845	3509.498	-0.0132			1	Поль [32]
4845	3509.507	-0.0042			1	Домке [32]
4850	3526.411	-0.0033			1	Мильке [32]
4863	3570.340	-0.0224			1	Поль [32]
4958	3891.506	-0.0151			1	Ян [32]
5029	4131.537	-0.0080		17	2	Шафранец [34]
5071	4273.522	-0.0090		15	2	Шафранец [34]
5178	4635.240	-0.0172	1	16	2	Свечников
5186	4662.301	-0.0011			2	Шафранец [35]

Имеющийся материал достаточен, чтобы определить неправильный характер изменения периода и подсчитать величину этого изменения. Нормальные значения величин $O - C$, а также отклонения периода от среднего значения получены тем же путем, что и для U Сер, и содержатся соответственно в таблицах 6 и 7.

Т а б л и ц а 6

Нормальные значения $O - C$ для U Sge

Эпоха	$O - C$	p	Эпоха	$O - C$	p	Эпоха	$O - C$	p
-1090	+0. ^d 0020	1	+1198	+0. ^d 0081	10	+3187	-0. ^d 0034	66
-360	-0.0019	30	+1566	+0.0056	5	+3541	-0.0038	107
-33	-0.0044	16	+1926	+0.0080	16	+3754	-0.0089	20
+332	-0.0005	15	+2329	-0.0031	11	+4750	-0.0151	122
+759	-0.0026	52	+2579	-0.0028	6	+5098	-0.0095	9

Т а б л и ц а 7

Изменение периода U Sge

Эпоха	ΔP	Эпоха	ΔP	Эпоха	ΔP
-700	-7. ^d 2.10 ⁻⁶	+1400	+6. ^d 5.10 ⁻⁶	+2700	0. ^d 0.10 ⁻⁶
-300	-3.0	+1600	-2.0	+3200	-2.2
+100	+1.3	+1800	-8.5	+3650	-18.0
+600	+5.5	+2100	-19.5	+4900	+16.5.10 ⁻⁶
+1050	+14.6.10 ⁻⁶	+2400	-8.0.10 ⁻⁶		

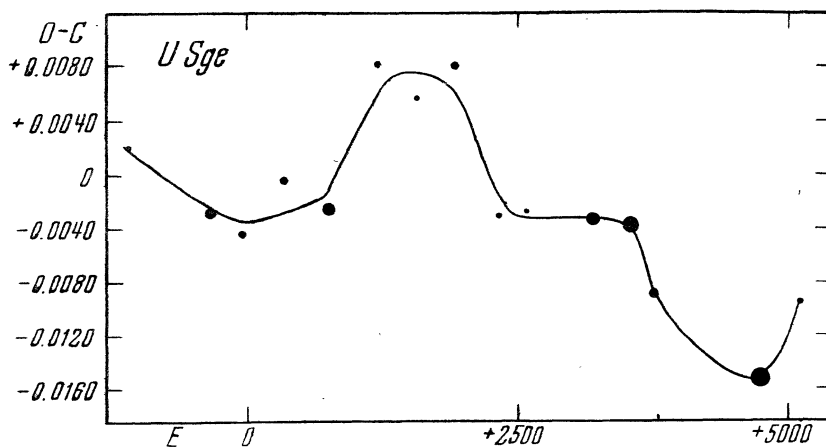


Рис. 8

Графически кривая изменения $O - C$ представлена на рис. 8, а кривая изменений периода — на рис. 9.

RZ Cas. В 1952 г. *Паренаго* [48] на основании собранного им богатого наблюдательного материала показал, что изменение периода RZ Cas носит неправильный характер, причем здесь происходят резкие скачки, а также более плавные изменения, продолжающиеся несколько лет.

Я использовал все минимумы, приведенные *Паренаго*, и, кроме того, минимумы, указанные в таблице 8 (главным образом за последние годы). В ней, наряду с уже опубликованными, содержатся и неопубликованные моменты минимумов, выведенные из спектрофотометрических наблюдений *Домбровского* и *Дудиной*, полученных с объективной призмой.

$O - C$ вычислены относительно элементов *Паренаго*:

$$\text{Min} = \text{J. D. } 2447355.4233 + 1.1952519 \cdot E.$$

Таблица 8

Наблюдаемые минимумы RZ Cas, не вошедшие в таблицу *Паренаго* [48]

Эпоха	Min $\odot$	$O - C$	n_1	n_2	p	Автор и литература
+ 4681	2422950. ^d 3970	—0. ^d 0004		73	4	Хеллерих [50]
5539	23975.9278	+0.0042			3	Гадомский [51]
9874	29157.3287	—0.0119			3	Домбровский (не опубл.)
9889	29175.2576	—0.0117		196	3	Домбровский » »
9899	29187.2102	—0.0117			3	Домбровский » »
10581	30002.3861	+0.0024			10	Дудина (не опубл.)
10801	30265.3409	+0.0018	2	78	50	Вальтер [52]
13500	33491.316 $\pm$ 5	—0.008	3	37	2	Свечников
13685	33712.444	—0.002	1		1	Домке [32]
13685	33712.441	—0.005	1		1	Поль [32]
13690	33718.423	—0.001	1		1	Поль [32]
13701	33731.574	—0.004	1		1	Борн [32]
13701	33731.567	+0.003	1		1	Софронович [32]
13706	33737.543	—0.003	1		1	Бен [32]
13706	33737.547	+0.001	1		1	Домке [32]
13706	33737.541	—0.005	1		1	Поль [32]
13828	33883.364	—0.003	1		1	Домке [32]
13833	33889.342	—0.001	1		1	Домке [32]
13930	34005.281	—0.001	1		1	Поль [32]
14074	34177.392 $\pm$ 4	—0.007	1	27	2	Шафранец [34]
14085	34190.548 $\pm$ 6	+0.002	1	13	1	Шафранец [34]
14110	34220.427 $\pm$ 4	—0.001	1	21	2	Шафранец [34]
14116	34227.600 $\pm$ 3	—0.001	1	10	1	Свечников
14118	34229.983 $\pm$ 3	—0.008	2	13	1	Свечников
14126	34239.548 $\pm$ 4	—0.004	1	28	2	Шафранец [34]
14176	34299.314 $\pm$ 5	—0.001	1	15	1	Шафранец [34]
14212	34342.336 $\pm$ 6	—0.008	1	14	1	Шафранец [34]
14294	34440.351 $\pm$ 3	—0.003			2	Вроблевский [35]
14304	34452.306 $\pm$ 3	0.000			2	Шафранец [35]
14309	34458.281 $\pm$ 2	—0.002			3	Вроблевский [35]
14336	34490.553 $\pm$ 4	—0.002			2	Щепановская [35]
14336	34490.546 $\pm$ 2	—0.009			3	Шафранец [35]
14361	34520.431 $\pm$ 6	—0.005			1	Шафранец [35]
14361	34520.427 $\pm$ 2	—0.009	1	27	3	Шулаховский [35]
14376	34538.362 $\pm$ 4	—0.003			2	Шафранец [35]
14407	34575.415 $\pm$ 3	—0.002			2	Вроблевский [35]
14433	34606.491 $\pm$ 4	—0.003			2	Щепановская [35]
14433	34606.489 $\pm$ 6	—0.005			1	Шафранец [35]

Таблица 8 (окончание)

Эпоха	Min $\odot$.	$O - C$	n_1	n_2	p	Автор и литература
14468	2434648.319 $\pm$ 5	-0.009			1	Шафранец [35]
14479	34661.467 $\pm$ 4	-0.009			2	Шафранец [35]
14494	34679.392 $\pm$ 2	-0.012			3	Шафранец [35]
14499	34685.369 $\pm$ 4	-0.012			2	Шафранец [35]
14510	34698.518 $\pm$ 2	-0.010			3	Шафранец [35]
14525	34716.450 $\pm$ 4	-0.007			2	Шафранец [35]
14725	34955.498 $\pm$ 2	-0.009	3	42	3	Свечников
14729	34960.280 $\pm$ 4	-0.008	4	32	2	Свечников

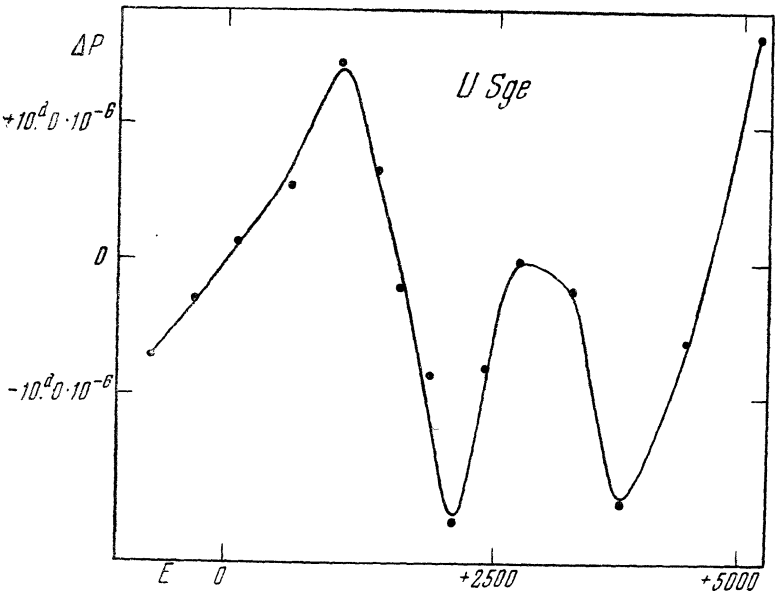


Рис. 9

Полученные нормальные значения минимумов даны в таблице 9 и изображены на рис. 10.

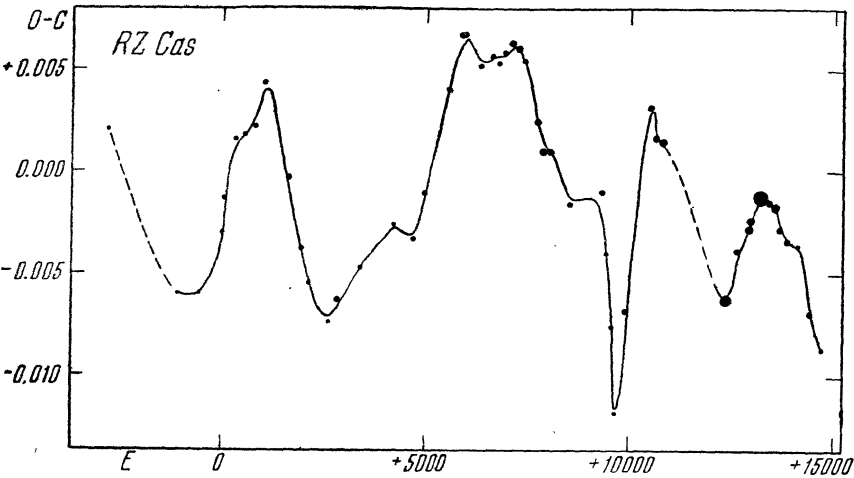


Рис. 10

Таблица 9

Нормальные значения $O - C$ для $RZ\ Cas$

Эпоха	$O - C$	p	Эпоха	$O - C$	p	Эпоха	$O - C$	p
—2808	+0.002	2	+5566	+0.0040	33	+ 9637	—0.0118	13
—1068	—0.006	6	+5911	+0.0067	40	+ 9871	—0.0068	22
— 559	—0.006	8	+5963	+0.0067	40	+10475	+0.0032	50
0	—0.003	10	+6347	+0.0052	28	+10599	+0.0017	60
+ 73	—0.0013	16	+6634	+0.0057	16	+10825	+0.0015	100
+ 305	+0.0016	25	+6780	+0.0053	35	+12351	—0.0063	150
+ 528	+0.0018	20	+6939	+0.0059	25	+12630	—0.0038	56
+ 809	+0.0022	18	+7099	+0.0063	65	+12919	—0.0028	108
+1052	+0.0043	30	+7160	+0.0061	30	+12954	—0.0024	106
+1648	—0.0003	24	+7252	+0.0060	51	+13245	—0.0013	305
+1964	—0.0038	25	+7393	+0.0054	20	+13439	—0.0015	61
+2167	—0.0055	15	+7752	+0.0024	42	+13577	—0.0017	104
+2618	—0.0074	18	+7866	+0.0019	80	+13665	—0.0028	66
+2859	—0.0063	40	+8050	+0.0010	45	+13867	—0.0034	56
+3428	—0.0047	18	+8522	—0.0016	28	+14121	—0.0036	11
+4226	—0.0026	10	+9314	—0.0010	33	+14406	—0.0069	36
+4692	—0.0033	29	+9423	—0.0040	18	+14727	—0.0086	5
+4955	—0.0011	36	+9556	—0.0076	15			

Найденные отсюда изменения периода приведены в таблице 10 и изображены на рис. 11.

Таблица 10

Изменение периода $RZ\ Cas$

Эпоха	ΔP	Эпоха	ΔP	Эпоха	ΔP
—1940	— $3.8 \cdot 10^{-6}$	+3100	+ $2.5 \cdot 10^{-6}$	+ 8850	— $1.0 \cdot 10^{-6}$
— 800	0.0	+3850	+1.8	+ 9500	—24.5
0	+12.0	+4500	—0.4	+10050	+16.9
+ 550	+ 1.7	+5250	+7.1	+11450	— 4.1
+ 930	+ 6.0	+6250	—2.1	+12750	+ 5.0
+1400	— 6.3	+6900	+1.5	+13750	— 3.3
+1950	— 8.5	+7600	—6.9	+14200	— 6.7
+2400	— $3.3 \cdot 10^{-6}$	+8150	— $3.6 \cdot 10^{-6}$	+14570	— $5.3 \cdot 10^{-6}$

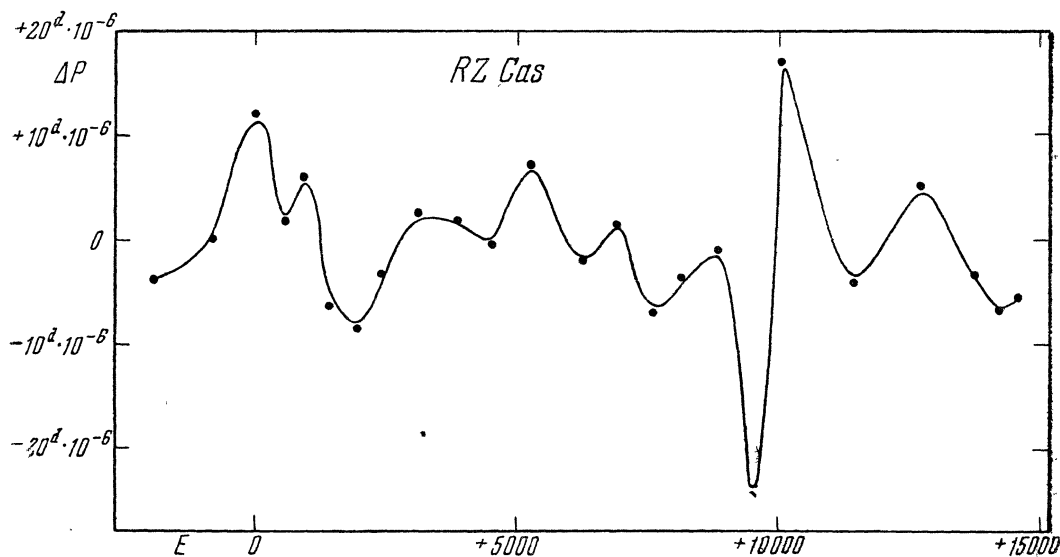


Рис. 11

AR Lac *Вуд* [49], используя свои фотоэлектрические наблюдения, а также все наблюдения AR Lac, полученные ранее, нашел, что вблизи J. D. 2426600 произошло резкое изменение периода этой системы. Величина скачка периода составляет, по *Вуду*, 0^d000028. Последующие наблюдения *Анерта* [53] и мои показывают, что это измененное значение периода сохранилось и в дальнейшем.

Наблюденные минимумы AR Lac указаны в таблице 11.

На рис. 12 изображены отклонения *O—C* от элементов

$$\text{Min} = \text{J. D. } 2426624.378 + 1.983244 \cdot E.$$

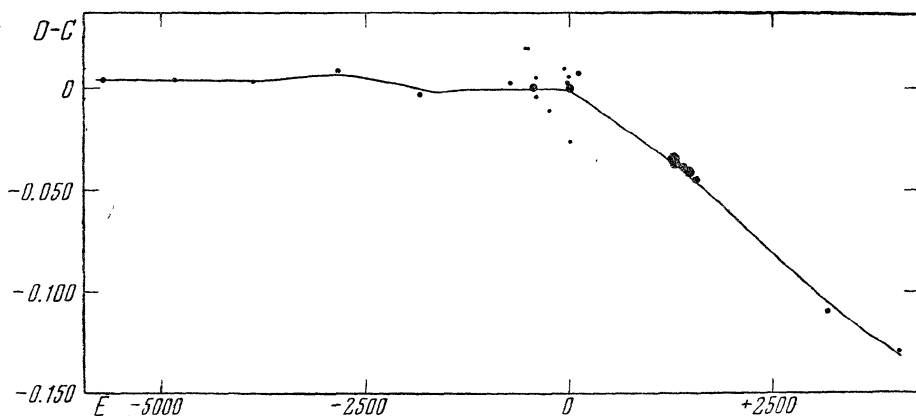


Рис. 12

Таблица 11

Наблюденные минимумы AR Lac

Эпоха	Min $\odot$	<i>O—C</i>	<i>p</i>	Автор и литература
—5710	2415300.059	+0.004	2	<i>Дьюган, Райт</i> [54]
—4850	17005.649	+0.004	1	<i>Дьюган, Райт</i> [54]
—3900	18889.729	+0.003	1	<i>Дьюган, Райт</i> [54]
—2840	20991.973	+0.008	2	<i>Дьюган, Райт</i> [54]
—1830	22995.038	—0.003	2	<i>Дьюган, Райт</i> [54]
— 720	25196.444	+0.002	2	<i>Дьюган, Райт</i> [54]
— 539	25555.428	+0.019	1	<i>Яккиа</i> [55]
— 530	25573.278	+0.019	1	<i>Лорета</i> [56]
— 460	25712.086	0.000	5	<i>Шнеллер, Плаут</i> [57]
— 415	25801.328	—0.004	2	<i>Паренаго</i> [13]
— 414	25803.320	+0.005	1	<i>Паренаго</i> [58]
— 241	26146.405	—0.011	1	<i>Рюгемер</i> [59]
— 68	26489.526	+0.009	1	<i>Рюгемер</i> [59]
— 16	26592.651	+0.005	1	<i>Рюгемер</i> [59]
— 10	26604.548	+0.002	2	<i>Зверев</i> [60]
— 1	26622.395	0.000	1	<i>Рюгемер</i> [59]
0	26624.378	0.000	2	<i>Рюгемер</i> [59]
+ 1	26626.361	0.000	2	<i>Рюгемер</i> [59]
+ 1	26626.334	—0.027	1	<i>Химпель</i> [19]
+ 110	26842.542	+0.007	2	<i>Дьюган, Райт</i> [54]
+1288	29178.761	—0.035	10	<i>Вуд</i> [49]

Таблица 11 (окончание)

Эпоха	Min $\odot$	O—C	p	Автор и литература
+1292	29186.693	—0.036	9	Вуд [43]
+1293	29188.675	—0.037	8	Вуд [49]
+1402	29404.847	—0.039	6	Вуд [49]
+1468	29535.739	—0.041	8	Вуд [49]
+1547	29392.411	—0.045	5	Гайнуллин [61]
+3159	32889.446	—0.110	2	Анерт [53]
+4045	34646.470	—0.130	1	Свечников

Гипотеза об истечении материи

Из сказанного выше видно, что изменения периода у всех изученных переменных носят неправильный, иногда скачкообразный характер. У U Cep, где эти изменения наиболее резко выражены, наблюдается также медленное, очевидно, вековое увеличение периода.

Все рассмотренные системы, как это видно из таблицы 12, находятся недалеко от предела устойчивости по Рошу.

Таблица 12

Звезда	α	b_{f_0}	b_f
U Cep	2.5	0.292	0.320
U Sge	3.3	0.272	0.290
AR Lac	1	0.373	0.320
RZ Cas	2 {	0.309 {	0.290
	4 }	0.257 }	

Здесь $\alpha = \frac{m_1}{m_2}$ — отношение масс компонент; b_f — величина малой полуоси экваториального сечения спутника в единицах расстояния между компонентами; b_{f_0} — некоторый критерий динамической устойчивости звезды. При $b_f > b_{f_0}$ размеры спутника переполняют внутреннюю (контактную) поверхность Роша, и возникает истечение материи из его атмосферы. Для RZ Cas b_{f_0} вычислено для случая $\alpha = 2$ и $\alpha = 4$, так как отношение масс звезд для этой системы до сих пор неизвестно; однако все существующие приближенные оценки дают α , заключенные в этих пределах.

Неустойчивость всех изученных систем делает естественной попытку объяснить наблюдаемые изменения периода истечением материи из атмосферы менее яркой звезды. В системах относительно менее устойчивых должно существовать почти непрерывное истечение материи вблизи концов b_f ; при этом из-за эффекта отдачи при выбросе газовых масс из звезды могут происходить постоянные изменения периода. Это и наблюдается у U Cep и U Sge. У U Cep, где интенсивность истечения должна быть больше, отмечается, наряду с быстрыми колебаниями периода, непрерывное увеличение его, вызываемое постоянным расхождением компонент системы вследствие потери массы спутником.

У систем, более далеких от предела устойчивости, выбросы материи должны происходить гораздо реже, сменяясь длительными промежутками относительного «затишья». Поэтому у звезд RZ Cas и в особенности AR Lac мы наблюдаем происходящие раз в несколько десятков лет скачкообразные изменения периода; в остальное время период изменяется незначительно.

Следует отметить, что непрерывное возрастание периода отмечается не только у U Cep. Так, недавно Словохотова [62] обнаружила у TW Dra подобное увеличение периода, достигающее $19^d \cdot 10^{-9}$ за период, вследствие чего колебания O—C для этой системы превысили $1^d 1$. TW Dra, так же как и U Cep, находится вблизи предела устойчивости.

Определим величину массы, которая должна быть выброшена звездой, чтобы вызвать наблюдаемые изменения периода. Для этого воспользуемся формулами:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{a^3}{2P(m_1 + m_2)^2} \left| \frac{dm_2}{dt} \right| \pm \frac{3a^2}{2P(m_1 + m_2)} \left| \frac{da}{dt} \right|, \quad (1)$$

$$\frac{da}{dt} = \frac{2\pi a^3 \frac{dm_2}{dt} V}{PGm_1 m_2}, \quad (2)$$

взятыми из работы Вуда [1].

В этих формулах приняты следующие обозначения: P — период обращения системы; m_1 и m_2 — массы главной звезды и спутника соответственно; V — скорость истечения материи из звезды; G — гравитационная постоянная.

Подставляя значения a и m , полученные для соответствующих систем, и принимая $V=300$ км/сек (что соответствует наблюдаемым значениям смещения эмиссионных линий для β Lyr и U Sge), мы находим величину выбрасываемой за год массы у U Cer около $10^{-6} m_\odot$ в среднем, и не больше $2.5 \cdot 10^{-6} m_\odot$ в случае наиболее быстрых изменений периода. Для остальных звезд выбрасываемая масса меньше и составляет $3-5 \cdot 10^{-7} m_\odot$ в год в те промежутки времени, когда наблюдаются изменения периода.

Для U Cer мы можем определить выбрасываемую за год массу и другим путем — по величине векового увеличения периода, используя в этом случае лишь первый член формулы (1). Мы нашли в разделе 2, что $\frac{dP}{dt} = 4.09 \cdot 10^{-9}$ за период, т. е. $1.64 \cdot 10^{-9}$ в сутки; следовательно, $\frac{dm}{dt} = 1.15 \cdot 10^{-6} m_\odot$ в год. Эта оценка хорошо согласуется с найденной выше.

Следует отметить, что при данном значении $\frac{dP}{dt}$ величина $\frac{dm}{dt}$ сильно зависит от a (первый член формулы (1) пропорционален a^3 , а второй — a^5). Небольшая ошибка в определении a может привести к значительной ошибке для $\frac{dm}{dt}$. Нахождение же величины a тесно связано с нахождением α , которое для многих систем определяется весьма неубедительно.

Свечение газовой оболочки

Как показали подсчеты, масса вещества, выбрасываемого описываемыми звездами за год, оказывается значительной, примерно такой, как у звезд Ве. Поэтому возникает вопрос, как влияет свечение оболочки, образующейся около звезды выброшенной ею материей, на общий блеск системы, а также на ее спектр во время затмения и вне его.

Наблюдения показывают, что кривые блеска U Cer и U Sge носят необычный для затменных переменных характер. Наблюдается асимметрия кривых блеска в минимуме, меняющаяся с течением времени. Кроме того, отмечаются изменения яркости системы в полной фазе главного затмения: наклон «дна» кривой блеска, либо возникновение на нем «горбов» различной формы, достигающих 0^m1-0^m2 для U Cer и 0^m1 для U Sge. Происходит изменение кривых блеска и в частных фазах затмения, а также и вне затмения, достигая 0^m02-0^m03 у U Cer и 0^m01 у U Sge.

Хаффер и *Нельсон* [63] показывают, исходя из фотоэлектрических наблюдений, что длительность полного затмения U Cer различна в различные ночи наблюдений. Изменения происходят вблизи начала и конца полной фазы затмения, что авторы приписывают влиянию переменного по размерам и плотности газового потока, находящегося между компонентами.

У AR Lac кривая блеска также показывает значительные изменения блеска как вне, так и во время затмения.

Спектроскопические наблюдения U Cer и U Sge обнаруживают большой разброс лучевых скоростей в некоторых фазах, а также значительное искажение кривых лучевых скоростей, возникающее за счет наложения глубоких узких линий поглощения на широкие линии звезды. Эти эффекты гораздо сильнее выражены у U Cer, чем у U Sge. Все это свидетельствует о существовании газовой оболочки или кольца вокруг этих систем, причем у U Cer оболочка, повидимому, гораздо больше, чем у U Sge.

В 1950 г. *Мак-Намара* [64] обнаружил, что во время полного затмения в спектре U Sge появляются эмиссионные линии H, CaII и MgII, смещенные на 280 км/сек в фиолетовую сторону от нормального положения.

Эмиссионные линии в главном минимуме появляются изредка и в спектре RW Tau — системы, весьма сходной с U Sge и U Cer. У AR Lac обе компоненты имеют линии H и K CaII в эмиссии.

Теперь подсчитаем, исходя из рассмотренной гипотезы, влияние свечения оболочки на блеск системы. Пусть в исследуемой нами двойной звезде одна из компонент — звезда позднего спектрального типа (G или K). Эта звезда окружена газовой оболочкой, имеющей сферическую форму. Вторая компонента — горячая звезда типа B или раннего A. Часть оболочки будет светиться под действием излучения горячей звезды. Граница светящейся части находится там, где оптическая толщина оболочки за границей лаймановской серии (τ_0), считаемая от поверхности горячей звезды, достигает величины порядка единицы.

Если оболочка настолько плотна, что для всех направлений окажется $\tau_0 \geq 1$, то энергия, излучаемая оболочкой в частоте ν , равна [65]:

$$E_{\nu}^{ob} = 4\pi^2 r_{ob}^2 \frac{2h\nu_0^3}{c^2} e^{-\frac{h\nu_0}{kT_*}} \frac{kT_*}{h\nu_0} p \left(\frac{1}{2} + \frac{h\nu_0}{kT_e} \sum_{i=j}^{\infty} \frac{e^{\frac{\chi_i}{kT_e}}}{i^3} \right) e^{-\frac{h\nu}{kT_e}}, \quad (3)$$

где r_{ob} — радиус горячей звезды, p — доля захватов на первый уровень, T_* — температура горячей звезды, T_e — электронная температура оболочки.

Величина E_{ν}^{ob} — верхний предел энергии, которую может вообще излучать оболочка под действием излучения горячей звезды.

Изменение блеска системы в частоте ν равно

$$\Delta m_{\nu} = -2.5 \lg \frac{K_{\nu} E_{\nu b} + E_{\nu}^{ob}}{K_{\nu} E_{\nu b}}, \quad (4)$$

где $E_{\nu b}$ — энергия, даваемая в частоте ν яркой звездой, а $K_{\nu} = 1 + \frac{E_{\nu f}}{E_{\nu t}}$ для рассматриваемых длин волн.

Считая, что яркая звезда излучает как абсолютно черное тело с температурой T_* и подставляя значения $E_{\nu b}$ и E_{ν}^{ob} , получаем:

$$\Delta m_{\nu} = -2.5 \lg \frac{K_{\nu} + \frac{\nu_0^2 k T_* p}{\frac{h\nu}{kT_*} - 1} \left(\frac{1}{2} + \frac{h\nu_0}{kT_e} \sum_{i=j}^{\infty} \frac{e^{\frac{\chi_i}{kT_e}}}{i^3} \right)}{\frac{K_{\nu}}{e^{\frac{h\nu}{kT_*} - 1}}}. \quad (5)$$

Полагая $\nu = 6.91 \cdot 10^{14}$, что примерно соответствует эффективной длине волны для фотографических наблюдений, мы получим Δm в зависимости от T_* и T_e .

Принимая для U Cer и U Sge $T_* = 20\,000^\circ$ (эта величина несколько выше действительной температуры звезд В8 и В9), а также $K_{\nu} = 1.05$ и $T_e = \frac{3}{4} T_*$, мы получаем $\Delta m = -0^m 005$. В главном минимуме, когда видна лишь слабая звезда, $\Delta m = -0^m 11$. Для $T_* = 15\,000^\circ$ $\Delta m = 0^m 001$ в максимуме блеска.

Эти величины немного меньше, чем изменения блеска, найденные из наблюдений.

Наконец, оценим интенсивность эмиссионных линий, возникающих в газовой оболочке. Как известно из теоретической астрофизики [65], интенсивность эмиссионной линии

$$E_{ik} = 4\pi A_{ki} h\nu_{ik} z_k \int_{r_0}^{\infty} n_e n^+ r^2 dr. \quad (6)$$

Здесь A_{ki} — эйнштейновский коэффициент перехода, n_k — число нейтральных атомов, находящихся в k -м состоянии, n^+ — число ионов и n_e — число свободных электронов в единице объема, $z_k = \frac{n_k}{n_e n^+}$ — величина, зависящая только от T_e .

Но

$$\int_{r_0}^{\infty} n_e n^+ r^2 dr = \frac{p \sqrt{\frac{T_e}{T_*}} r_{0b}^2 (2\pi m k T_*)^{\frac{3}{2}}}{4k_{\nu_0} h^3} e^{-\frac{h\nu_0}{kT_*}} \quad (7)$$

для $\tau_0 \geq 1$; следовательно,

$$E_{ik} = \frac{\pi A_{ki} h\nu_{ik} z_k \cdot p \sqrt{\frac{T_e}{T_*}} r_{0b}^2 (2\pi m k T_*)^{\frac{3}{2}}}{k_{\nu_0} h^3} e^{-\frac{h\nu_0}{kT_*}}. \quad (8)$$

Это максимальная интенсивность эмиссионной линии, которая может возникнуть в результате свечения оболочки. Сравнивая ее с интенсивностью непрерывного спектра в том же интервале частот и считая, что

ширина эмиссионной линии обусловлена только эффектом доплеровского расширения, мы получаем:

$$\frac{E_{ik}}{E_{\text{непр.}} \cdot \Delta\nu} = \frac{p \sqrt{\frac{T_e}{T_*}} c^3 A_{ki} z_k (2\pi m k T_*)^{\frac{3}{2}} (e^{\frac{h\nu}{kT_*}} - 1)}{K_{\nu} V h^3 k_{\nu} e^{\frac{h\nu}{kT_*}} 8\pi\nu^3}. \quad (9)$$

Эквивалентная ширина эмиссионных линий $\propto \frac{1}{V}$ и при $V = 300$ км/сек, эквивалентная ширина $\Delta = 0.815$ для $T_* = 20\,000^\circ$ и $\Delta = 0.063$ для $T_* = 15\,000^\circ$. В главном минимуме: $\Delta = 16.3$ для $T_* = 20\,000^\circ$ и $\Delta = 0.57$ для $T_* = 15\,000^\circ$ (вычисления относятся к линии H_γ).

Малые значения интенсивностей эмиссионных линий, полученные теоретически, хорошо согласуются с наблюдениями (для U Sge, RW Tau и др.), показывающими, что эмиссионные линии появляются в спектрах этих систем только во время главного минимума и то лишь изредка.

В заключение считаю своим долгом выразить глубокую благодарность В. А. Домбровскому за ценные советы и указания, которые он оказывал мне на протяжении всей моей работы.

Л и т е р а т у р а

1. F. B. Wood, ApJ 112, 196, 1950.
2. Н. И. Чудовичев, Энг бюлл 17, 1939.
3. G. K. Miczaika, Zs Ap 33, 1, 1953.
4. O. Knopf, Veröffentlichungen der Universitäts-Sternwarte zu Jena 4, 118, 1944.
5. A. Nijland, BAN 2, 125, 1924.
6. W. J. Luyten, Leid Ann 13(2), 62, 1922.
7. J. Gdomski, Crac Circ 19, 1925.
8. L. Campbell, PA 52, 249, 1944.
9. K. Kordylewski, AA(c) 2, 59, 1934.
10. M. Merola, Nap Contr 2, N2, 1928.
11. J. Mergentaler, AA(c) 1, 35, 1928.
12. П. П. Паренаго, Труды ГАИШ, т. XII(1), 32, 1938.
13. П. П. Паренаго, AN 238, 209, 1930.
14. F. de-Roy, AA(c) 1, 30, 1928.
15. P. Ahnert, AN 250, 376, 1933.
16. R. Carrasco, Madrid Bol 12—13, 3, 1938.
17. F. de-Roy, AA(c) 1, 97, 1929.
18. K. Walter, AN 250, 333, 1933.
19. K. Himpel, AN 261, 237, 1936.
20. K. Walter, AN 276, 225, 1948.
21. H. Rosenberg, ApJ 83, 67, 1936.
22. A. Kwiek, AA(c) 2, 137, 1935.
23. J. Hellerich, AN 261, 120, 1936.
24. R. Szafraniec, AA(c) 4, 81, 1948.
25. W. Tecza, AA(c) 3, 130, 1938.
26. E. Jones, HB 905, 19, 1937.
27. W. Tecza, AA(c) 4, 55, 1939.
28. O. Struve, ApJ 99, 222, 1944.
29. J. G. Phillips, A. Slettebak, ApJ 103, 251, 1946.
30. R. Szafraniec, AA(c) 4, 113, 1950.
31. B. A. V. AN 279, 178, 1951.
32. B. A. V. AN 281, 114, 1953.
33. R. Szafraniec, SAC 23, 87, 1952.
34. R. Szafraniec, AA(c) 5, 51, 1953.
35. R. Szafraniec, SAC 25, 83, 1954.
36. R. Carrasco, Madrid Bol 16, 1933.
37. J. Gdomski, Warsaw Reprint N25, 1935.
38. St. Kosinska-Barnicka, AA(c) 3, 21, 1937.
39. J. Hellerich, AN 221, 29, 1924.
40. J. Mergentaler, Crac Circ 25, 1927.

41. *J. Pagaczewski*, Warsaw Circ 21, 5, 1945.
42. *K. Walter*, Zs Ap 16, 167, 1938.
43. *Н. И. Чудовичев*, Энг бюлл 23, 1943.
44. *W. Tecza*, AA(c) 3, 148, 1938.
45. *P. Ahnert*, AN 278, 270, 1950.
46. *J. B. Irwin*, AJ 52, N 1161, 1952.
47. *O. Struve*, MN 109, 487, 1949.
48. *П. П. Паренаго*, ПЗ 9, № 2, 1952.
49. *F. B. Wood*, Princ Contr 21, 1946.
50. *J. Hellerich*, AN 215, 335, 1922.
51. *J. Hellerich*, AN 233, 129, 1928.
52. *K. Walter*, AN 277, 158, 1949.
53. *P. Ahnert*, AN 277, 125, 1949.
54. *R. S. Dugan, F. W. Wright*, Princ Contr 19, 53, 1939.
55. *L. Jacchia*, AN 237, 249, 1930.
56. *E. Loreta*, Gas. Astr. 16, 10 (182), 1929.
57. *H. Schneller, L. Plaut*, AN 245, 387, 1932.
58. *П. П. Паренаго*, Труды ГАИШ, т. XII(I), 35, 1938.
59. *H. Rügemer*, AN 245, 39, 1932.
60. *М. Зверев*, Труды ГАИШ, т. VIII, 43, 1936.
61. *А. Ш. Гайнуллин*, Энг бюлл 22, 3, 1943.
62. *Н. П. Словохотова*, ПЗ 10, № 1, 1954.
63. *C. M. Huffer, B. Nelson*, AJ 56, 42, 1952.
64. *D. H. Mac-Namara*, ApJ 114, 513, 1951.
65. *В. А. Амбарцумян, Э. Р. Мустель, А. Б. Северный, В. В. Соболев*, Теоретическая астрофизика, ГТТИ, 1952, стр. 508.

Ленинградский гос. университет
1955 г.

Фотографические наблюдения двенадцати переменных звезд в Ящерице

Н. К. Семакин

В работе изложены результаты оценок блеска 12 переменных звезд, произведенных на 200 пластинках. Мы учли опубликованные исследования и сделали некоторые выводы о закономерностях в изменении блеска переменных и их принадлежности к тому или иному типу.

Die Resultate der Helligkeitschätzungen von 12 veränderlichen Sternen an etwa 200 moskauer Platten sind berichtet. Einige Schlüsse über die Typen und Gesetzmässigkeiten des Lichtwechsels dieser Sterne werden gemacht. Alle veröffentlichten Resultate über diese Sterne sind berücksichtigt.

Чтобы выявить и уточнить закономерности в изменении блеска переменных звезд в Ящерице, я просмотрел 200 пластинок фототеки Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга, снятых в период J. D. 2432766—34680. Оценки блеска производились по способу *Нейланда — Блажко*, а интернациональные фотографические величины звезд сравнения определены привязкой к SA 41 и приведены в таблице 1. Звезды сравнения обозначены на помещаемых ниже картах окрестностей каждой из наблюдавшихся звезд; север на всех картах вверх.

Я просмотрел все литературные источники, содержащие сведения о наблюдавшихся звездах, и сделанные в этой работе выводы основаны на опубликованных данных и результатах моих наблюдений.

Таблица 1

*	WY	XY	AA	AB	AD	AP	BL	BM	BO	BQ	CT	CU
<i>a</i>	12.6	12.7	13.7	13.8	13.0	10.6	13.5	12.5	12.3	12.2	10.6	13.8
<i>b</i>	13.9	13.3	14.7	14.7	13.7	12.1	14.4	13.5	13.4	12.6	12.1	14.3
<i>c</i>	14.7	13.9	—	—	14.7	13.9	15.5	14.9	14.8	13.3	13.9	15.1
<i>d</i>	—	—	—	—	—	14.5	16.1	—	—	13.9	14.5	—

WY Lac. Переменность звезды открыл *Хофмейстер* [1], опубликовавший карту ее окрестностей [2]. Наблюдая переменную, *Хофмейстер* [3] не обнаружил закономерностей в изменении ее блеска и с некоторым сомнением отнес WY Lac к типу неправильных переменных звезд. На просмотренных мною пластинках, с одной стороны, у WY Lac наблюдается изменение блеска с амплитудой около одной звездной величины и периодом около 50 дней, а с другой, средний блеск меняется с амплитудой около полутора звездных величин и периодом около 850 дней. Возможно, что WY Lac относится к звездам типа RV Тельца. Кривая блеска переменной, изображенная на рис. 14, напоминает кривую блеска DF Cyg. Пределы изменения блеска 12^m6 — 14^m5 . Я нанес на график также наблюдения *Хофмейстера* [3] и пришел к убеждению, что они не противоречат высказанным выше суждениям об изменении блеска переменной.

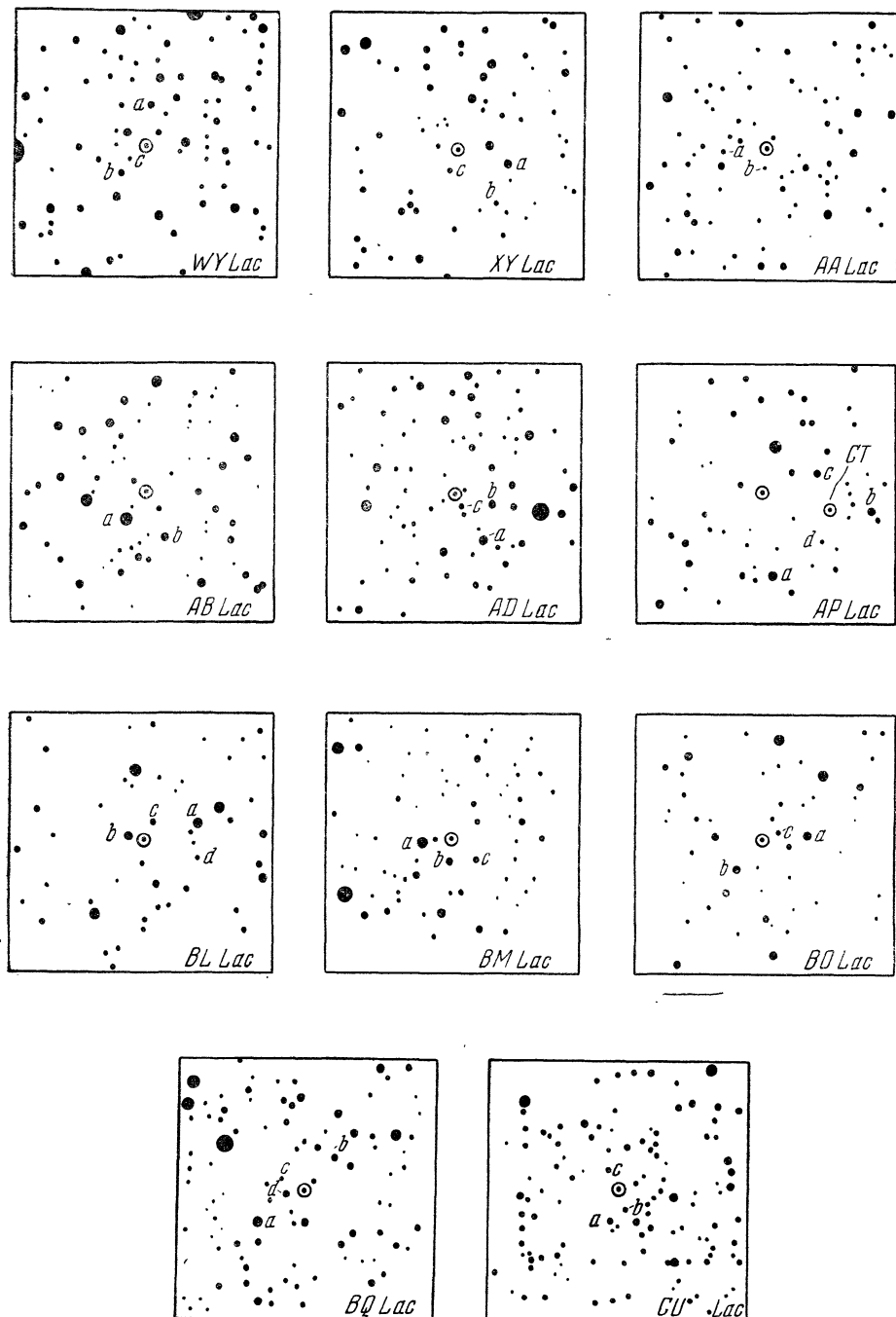


Рис. 13

XY Lac. Переменность звезды открыл Хофмейстер [4], давший карту ее окрестностей [2] и отметивший пределы изменения блеска $12^m8 - 13^m6$. На основании своих наблюдений Хофмейстер [3] дал элементы:

$$\text{Max} = \text{J. D. } 2424825 + 78 \cdot E; \quad M - m = 30^d,$$

указав на возможную принадлежность переменной к звездам типа RV Тельца, что подтвердил и П. П. Паренаго [5]. По моим наблюдениям, блеск переменной изменялся в пределах 12^m7 — 13^m6 : с периодом около

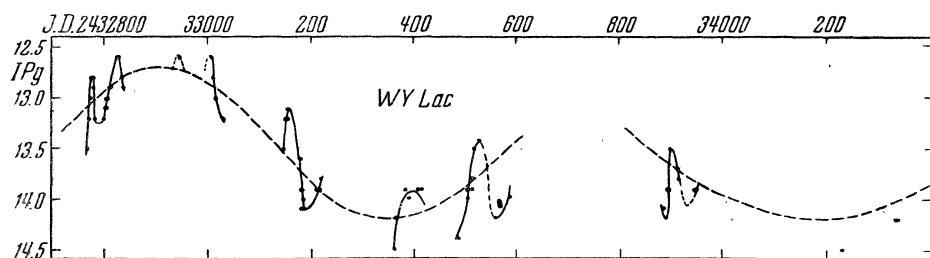


Рис. 14

180 дней. Но можно подозревать нарушения периодичности изменения блеска переменной; я убедился в этом при сопоставлении кривой блеска XY Lac, приведенной на рис. 15, с нанесенными на график наблюдениями Хофмейстера [3]. Повидимому, XY Lac относится к полуправильным переменным звездам.

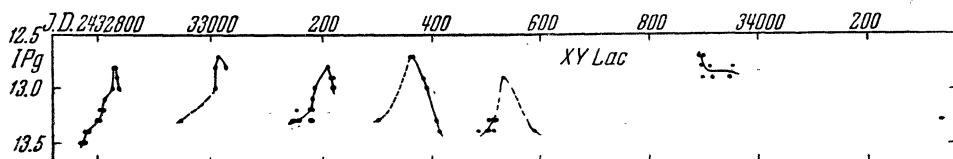


Рис. 15

AA Lac. Переменность звезды открыта Хофмейстером [1], который опубликовал карту ее окрестностей [2]. Наблюдая изменения блеска AA Lac, Хофмейстер [3] отметил пределы 13^m7 — 14^m8 и отнес ее к неправильным переменным звездам. На просмотренных мною пластинках переменная находилась в одном сантиметре от края, что вносило неуверенность в оценки ее блеска. Однако я отметил несколько увеличений блеска, по которым можно полагать, что блеск AA Lac изменяется в пределах 13^m7 —(14^m7 с неправильностями в периоде, о величине которого трудно судить. Повидимому, AA Lac относится к неправильным или полуправильным переменным звездам.

AB Lac. Переменность звезды открыл Хофмейстер [4], давший карту ее окрестностей [2] и отметивший пределы изменения блеска 13^m8 — 15^m1 . Хофмейстер [3] высказал предположение о возможности неправильных или полуправильных колебаний блеска AB Lac с периодом в 210 дней. По моим наблюдениям, блеск переменной колебался в пределах 13^m8 —(14^m2 с намеком на периодичность, которая, повидимому, имеет некоторые неправильности, а поэтому AB Lac можно отнести к неправильным или полуправильным переменным звездам.

AD Lac. Переменность звезды открыта Хофмейстером [1]. Он опубликовал карту ее окрестностей [2] и отметил пределы изменения блеска 14^m5 — 15^m7 . В дальнейшем Хофмейстер [3] отметил периодичность изменения блеска AD Lac в 145 дней и отнес ее к полуправильным переменным звездам. На пластинках, просмотренных мною, переменная находилась на самом краю и почти не была видна. Лишь в нескольких

случаях ее блеск мог быть оценен на пределе видимости в 14^m5 или 14^m7 . Уверенно блеск переменной оценен в J. D. 2433891, когда он был равен 14^m7 .

AP Lac. Переменность звезды открыл *Хофмейстер* [6], давший карту ее окрестностей [7] и отметивший пределы изменения блеска переменной 13^m0 — (16^m) . Он отнес ее к звездам типа Миры Кита. Исследовавший переменную *ван Шевик* [8] дал для нее следующие элементы:

$$\text{Max} = \text{J. D. } 2425095 + 519 \cdot E.$$

Мною отмечен максимум, приведенный в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Max	<i>E</i>	<i>O—C</i>	Наблюдатель
J. D. 2425095	0	0	<i>ван Шевик</i>
5617	1	— 2	<i>ван Шевик</i>
6134	2	— 9	<i>ван Шевик</i>
6649	3	— 18	<i>ван Шевик</i>
33483	16	+ 4	<i>Семакин</i>

Все наблюдавшиеся максимумы блеска AP Lac лучше удовлетворяются, если указанный выше период увеличить на 5 дней, и тогда элементы переменной будут следующими:

$$\text{Max} = \text{J. D. } 2425095 + 524 \cdot E.$$

В столбце *O—C* таблицы 2 приведены уклонения наблюдавшихся максимумов от этих элементов. Пределы изменения блеска 11.3 — (17.3) .

BL Lac. Переменность звезды открыл *Хофмейстер* [9], отметивший амплитуду 13^m0 — 15^m0 и давший карту ее окрестностей [10]. *Ван Шевик* [8] на основе 87 фотографических наблюдений отнес BL Lac к неправильным переменным звездам с пределами изменения блеска 13^m5 — 15^m0 и высказал предположение о возможной принадлежности переменной к звездам типа RV Тельца. Я несколько раз оценивал блеск переменной почти на пределе видимости и лишь в интервале J. D. 2433483—558 я уверенно отметил отрезок восходящей ветви кривой.

BM Lac. Переменность звезды открыл *Хофмейстер* [9]. Он указал пределы изменения блеска 13^m0 — 14^m5 и дал карту ее окрестностей [10]. Наблюдавший переменную *ван Шевик* [8] отнес ее к полуправильным переменным звездам с элементами:

$$\text{Max} = \text{J. D. } 2425830 + 146.4 \cdot E$$

и отметил пределы изменения блеска 13^m9 — 15^m2 . Мои наблюдения подтверждают приведенные выше данные, а уточнить их нет возможности.

BO Lac. Переменность звезды открыл *Хофмейстер* [9], указавший пределы изменения блеска переменной 13^m0 — 14^m0 и опубликовавший карту ее окрестностей [10]. Наблюдавший переменную *ван Шевик* [8] отнес ее к неправильным переменным звездам с пределами изменения блеска 14^m1 — 15^m2 . На просмотренных мною пластинках переменная находилась на самом краю, но все же я несколько раз уверенно оценил ее блеск.

Таблица 3

J. D.	n	WY	XY	AA	AB	AP	BL	BM	BO	BQ	CT	CU
24....												
32766	1	13.5	13.5	(13.7	14.1	(14.0	(13.5	(13.7	(13.4	13.3	13.0	(13.8
767	4	13.2	13.5	13.9	13.9	(15.0	(14.4	14.3	13.4	13.3	13.0	(14.3
769	5	13.0	13.5	(13.7	14.0	(14.5	(13.5	14.4	13.4	13.5	13.0	(14.3
772	2	12.8	13.4	14.2	14.0	15.0?	(13.5	(13.7	(13.4	13.7	12.7	14.3
774	6	12.9	13.5	14.2	14.2	(14.0	(13.5	(13.7	(13.4	13.7	12.7	14.3
777	5	12.8	13.4	14.1	14.0	(15.0	(14.4	(13.7	(13.4	13.9	12.7	14.3
778	5	13.2	13.4	14.5	14.1	(14.5	(14.4	14.3	13.4?	13.9	13.0	14.3
797	8	13.2	13.3	14.3	13.9	(14.2	(13.5	(13.7	(13.4	13.9	13.5	(14.3
798	5	13.1	13.3	14.3	13.9	(14.0	(13.5	(13.7	(13.4	13.9	13.9	(14.3
799	7	13.1	13.3	14.2	14.1	(14.5	(13.5	14.5	13.4	(13.9	13.9	(14.3
800	10	13.1	13.2	14.2	14.1	(14.5	14.0?	14.3	13.0	(13.9	13.9	(14.3
802	7	13.0	13.2	14.2	14.1	(14.0	14.0?	14.3	13.2	(13.9	13.9	(14.3
806	10	12.9	13.2	14.2	14.0	(14.3	(13.5	14.5	13.4	13.9	13.9	14.3?
808	4	12.9	13.1	14.2	13.9	(14.6	(14.4	14.9	13.4	13.9	14.2	14.3?
822	6	12.6	13.0	14.1	13.8	(14.0	(13.5	14.9	13.4?	13.7	14.1	(14.3
824	4	12.6	12.8	14.0	13.9	(14.5	(13.5	(13.7	(13.4	13.9	14.2	(13.8
826	1	12.6	12.8	13.8	14.0	(14.3	(13.5	(13.7	(13.4	13.9	14.2	(13.8
829	9	13.0	12.9	13.7	14.0	(14.5	14.4?	14.9	(13.4	13.9	14.3	(14.3
831	11	12.9	13.0	13.9	13.8	(14.2	(13.5	14.9	(13.4	13.9	14.5	(14.3
834	3	—	—	—	—	(14.5	(13.5	(13.7	—	—	(13.0	—
850	3	—	—	—	—	(14.3	(13.5	(13.7	—	—	—	—
922	1	—	—	—	—	—	(13.5	(13.7	—	—	—	—
943	1	12.6	13.3	13.8	(13.8	(14.2	(13.5	(13.7	(12.3	13.9	13.9	(14.3
33005	2	12.6	13.0	14.5	(13.8	(14.5	(13.5	(13.7	(12.3	(13.3	13.0	14.3!
006	1	12.8	12.8	14.5	14.2	(14.5	(13.5	(13.7	(12.3	(13.3	13.0	14.3
010	1	12.9	?	?	?	(14.2	(13.5	(13.7	(12.3	(13.3	13.0	(13.8
014	1	13.0	12.7	(13.7	—	(14.5	(13.5	(13.7	(12.3	(13.3	13.0	(13.8
026	1	13.2	12.8	(13.7	—	(14.3	(13.5	(13.7	(12.3	(13.3	13.0	(13.8
144	2	13.5	13.3	14.4	—	(14.5	(13.5	(13.7	(12.3	13.6	12.1	15.1
145	2	13.2	13.4	(13.7	—	(14.7	(13.5	(13.7	(12.3	13.9	12.1	(13.8

Таблица 3 (продолжение)

J. D.	n	WY	XY	AA	AB	AP	BL	BM	BO	BQ	CT	CU
33153	3	43.2	43.2	43.7	43.8	44.5	43.5	43.7	43.4 ^p	43.6	42.5	44.8
454	5	43.4	43.3	43.9	43.8	44.7	43.5	44.9 ^p	42.3	43.7	41.5	44.3
456	2	43.4	43.3	43.7	43.9	44.7	43.5	44.9	43.4 ^p	43.9	42.4	44.3
475	4	43.6	43.2	43.7	44.0	44.5	43.5	44.0	42.3	43.6	41.3	43.8
477	4	43.6	43.3	43.7	43.8	44.5	43.5	43.7	42.3	43.8	42.4	43.8
478	4	43.9	43.3	43.7	—	44.5	43.5	43.7	42.3	43.9	42.4	44.3
479	4	44.4	43.2	43.7	44.4	44.5	44.4	43.7	43.4	43.9	42.7	43.8
480	1	43.9	43.2	43.7	43.9	44.5	44.4	—	43.4	43.9	42.7	43.8
481	4	44.0	43.4	43.7	44.4	44.6	44.4	43.7	43.4	43.9	42.5	43.8
483	4	44.4	43.0	43.7	44.2	44.7	44.4	43.5	43.4 ^p	43.9	42.5	44.3
209	2	43.9	42.8	43.7	44.2	44.7	44.4	43.7	43.4	43.3	41.2	44.3
210	4	—	—	—	—	44.3	44.4	43.7	—	—	42.4	—
212	4	43.9	42.9	43.7	44.2	44.5	43.5	43.7	42.3	43.9	42.4	43.8
214	4	43.9	43.0	43.7	—	44.5	43.5	43.7	43.4	43.3	42.7	43.8
217	4	43.8	43.0	43.7	44.4	44.5	43.5	43.7	43.4	43.3	43.0	44.3
219	4	43.9	42.9	43.7	44.4	44.2	43.5	43.7	42.3	43.3	42.4	43.8
300	4	43.9	43.3	43.7	44.2	44.5	43.5	43.7	42.3	43.3	42.0	43.8
357	2	43.9	42.9	43.7	—	44.2	—	43.7	42.3	—	42.0	43.8
361	4	44.5	42.7 ⁱ	43.7	43.8	44.5	43.5	43.7	42.3	43.3	43.0	44.3
362	4	44.2	42.7	43.7	43.8	44.0	43.5	43.7	42.3	43.3	42.4	43.8
382	4	43.9	42.9	43.7	43.8	44.3	43.5	43.7	42.3	43.3	43.5	43.8
389	4	44.0	43.0	43.7	—	43.5	43.5	43.7	42.3	43.3	42.5	43.8
408	4	43.9	43.3	43.7	43.8	44.0	43.5	43.7	42.3	43.3	43.9	44.3
442	4	43.9	43.4	43.7	43.8	44.0	43.5	43.7	42.3	43.3	43.9	43.8
483	4	—	—	—	—	44.3	46.4	43.9	44.4	43.6	43.9	—
484	4	—	—	—	—	44.3	46.4	43.7	44.4	43.5	43.9	—
485	4	44.4	43.3	—	—	44.6	—	43.9	—	43.6	44.5	44.8
486	4	—	—	—	—	42.4	46.0	43.7	44.8	43.6	44.5	—
501	4	43.9	43.3	—	—	42.4	—	43.8	—	43.6	44.5	45.4
502	4	44.0	43.3	—	—	42.5	—	43.7	—	43.6	44.5	44.7
503	4	43.9	43.2	43.7	44.2	42.4	43.5	43.7	43.4	43.6	43.0	43.8

Таблица 3 (окончание)

J. D.	n	WY	XY	AA	AB	AP	BL	BM	BO	BQ	CT	CU
33E10	1	13.8	13.2	14.2	14.0	13.7	(13.5	13.9	13.4?	13.3	12.5	14.3
512	1	13.8	13.3	(13.7	13.8	13.7	(13.5	13.9	13.4	13.4	12.7	(14.3
513	1	13.9	13.2	—	—	13.7	(13.5	(13.7	(12.3	13.5	12.6	(14.3
518	1	13.5	13.2	—	—	13.9	—	14.1	—	13.6	13.9	15.1
529	1	13.4	12.9	—	—	13.9	—	14.2	—	13.9	14.4	15.1
532	1	—	—	—	—	14.2	15.8	14.3	13.7	13.9	14.1	—
557	1	14.2	—	—	—	14.5	—	—	—	—	14.1	—
558	1	—	—	—	—	15.0	15.5	14.2	14.1	13.9	13.9	—
588	1	13.9	13.3	13.7	—	(14.8	(14.4	13.8	(13.4	13.9	11.3	14.3
891	2	14.1	—	—	13.8!	(17.3	—	—	—	—	12.5	15.1
892	1	14.2	12.7!	(13.7	14.0	(14.5	(13.5	14.3	(12.3	(13.3	11.3	(14.3
895	4	13.9	12.8	14.7	14.2	(17.3	14.4!	14.6	14.6	13.9	10.6	(14.3
899	6	13.9	12.9	(13.7	14.2	(14.5	(13.5	(13.7	(12.3	13.9	11.7	(14.3
900	1	13.5	12.7	14.7	13.9	(14.7	(13.5	(13.7	(12.3	(14.0	11.6	(13.8
916	1	13.7	12.8	14.2	—	(14.6	(13.5	(13.7	(12.3	(13.9	11.8	14.3?
917	1	13.8	12.9	13.7!	—	(14.3	(13.5	(13.7	(12.3	(13.9	11.8	(13.8
949	1	13.9	12.9	13.9	—	(14.5	(13.5	(13.7	(12.3	(13.3	(12.5	(13.8
952	1	13.9	12.8	13.8	14.2	(14.6	(13.5	13.7	(12.3	(13.3	13.9	(13.8
34228	1	14.5	—	—	—	(17.0	—	—	—	—	14.5	—
330	1	14.2	13.3	—	—	(17.2	—	14.9	—	13.5	13.6	15.1
334	1	14.2	13.3	—	—	17.2	—	—	—	—	14.1	15.1
638	1	—	—	—	—	14.5	13.0!	14.9	14.1	13.9	17.0	—
680	1	—	—	—	—	16.5	14.2	13.9	13.4	13.7	17.2	—

Ничего более определенного о характере изменения блеска сказать нельзя.

BQ Lac. Переменность звезды открыл *Хофмейстер* [9]. Он отметил пределы изменения блеска $12^m.5$ — $14^m.0$ и дал карту ее окрестностей [10]. *Ван Шевик* [8] отнес BQ Lac к звездам типа RV Тельца с элементами:

$$\text{Max} = \text{J. D. } 2425310 + 203 \cdot E$$

и пределами изменения блеска $13^m.5$ — $14^m.9$. На просмотренных мною пластинках блеск переменной оценивался на пределе видимости и, следовательно, не совсем надежно. Полученные результаты не позволяют делать каких-либо выводов о закономерностях изменения блеска переменной.

CT Lac. Переменность звезды открыл *Моргенрот* [11], отметивший пределы изменения блеска $9^m.0$ — $12^m.0$ и отнесший ее к неправильным переменным звездам. CT Lac содержится на карте окрестностей 202.1928 Lac = AP Lac [7]. *Н. Ф. Флоря* [12] отметил пределы изменения блеска переменной $12^m.5$ — $15^m.0$, но типа не установил. По данным моих наблюдений, блеск переменной изменялся очень быстро в пределах $10^m.6$ — $17^m.2$. Наряду с исключительно быстрыми и большими подъемами наблюдались и спады, а также относительно небольшие колебания блеска, характер

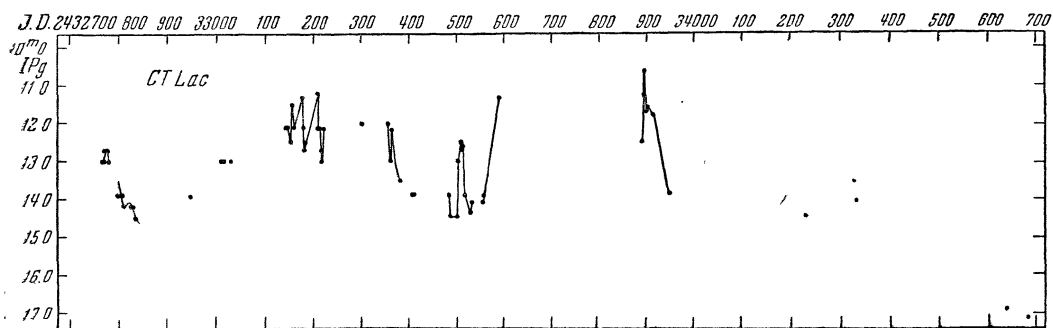


Рис. 16

которых лучше можно рассмотреть на графике, приведенном на рис. 16. Повидимому, CT Lac относится к неправильным переменным звездам с очень быстрыми колебаниями блеска, а может быть она принадлежит к звездам типа RW Возничего.

CU Lac. Переменность звезды открыта *Хофмейстером* [1], отметившим пределы изменения блеска переменной $14^m.0$ — $15^m.0$ и опубликовавшим карту ее окрестностей [2]. Он же [3] впоследствии указал на возможную принадлежность звезды к неправильным переменным звездам, но отметил, что в изменении ее блеска в пределах $14^m.5$ — $16^m.6$ намечается период в 120 дней. На просмотренных мною пластинках блеск переменной колебался в пределах $14^m.3$ — $15^m.1$ с неправильностями. Повидимому, CU Lac относится к неправильным переменным звездам.

В таблице 3 приводятся наблюдения переменных звезд.

Л и т е р а т у р а

1. C. Hoffmeister, AN 230, 419, 1927.
2. C. Hoffmeister, Sonn Mitt 12, 1928.
3. C. Hoffmeister, AN 232, 153, 1928.

4. *C. Hoffmeister*, AN 231, 135, 1928.
5. *П. П. Папенко*, ПЗ 4, 316, 1934.
6. *C. Hoffmeister*, AN 233, 35, 1928.
7. *C. Hoffmeister*, Sonn Mitt 15, 1928.
8. *H. van Schewick*, KVBB 24, 99, 1941.
9. *C. Hoffmeister*, AN 236, 242, 1929.
10. *C. Hoffmeister*, Sonn Mitt 17, 1930.
11. *O. Morgenroth*, AN 261, 263, 1936.
12. *Н. Ф. Флора*, Штернб тр 16, 201, 1948.

Гос. астрономический институт
им. П. К. Штернберга
Москва, Февраль 1955 г.
