

*Переменные звезды 20, 199–206, 1975*  
*Variable Stars 20, 199–206, 1975*

Предварительные результаты исследования  
 затменной переменной звезды EY Ориона  
 М. М. Закиров

В качестве этапа подготовки к фотоэлектрическим наблюдениям, по фотографическим наблюдениям построена кривая блеска затменной переменной звезды EY Ориона и получено ее решение методом Рессе-ла-Меррилла. Автор приводит ряд доказательств принадлежности затменной к ассоциации Ориона, в частности, связь с темной и светлой туманностью, спектральный параллакс, цветовые избытки и т. п. На кривой блеска отмечен ряд уникальных особенностей. По избытку светимости и дефициту температуры спутника, EY Ориона родственна уникальной системе BM Ориона.

A Preliminary Study of Eclipsing Variable Star EY Orionis  
 by M. M. Zakirov

To prepare for photoelectric observations of EY Ori its photographic light curve was obtained and solved by Ressel-Merrill method. Some arguments on the membership of the star to the Orion association are the following: the connection the star and nebulae (dark and light), the values of color excesses and the spectral parallax. The luminosity excess and temperature deficit of a satellite of the star make it similar to the BM Ori unique sistem.

В связи с изучением проблемы происхождения и развития звезд представляет большой интерес исследование двойных систем, один из компонентов которых находится на ранней стадии звездной эволюции. Хорошо известная переменная BM Ori представляет собой такую двойную систему (Холл, Гарисон, 1969). Второй компонент BM Ori имеет очень большой отрицательный избыток светимости (Свечников, 1969) и, по-видимому, окружен мощной пылевой оболочкой (Шевченко, Кард ополов, 1971).

Автором был предпринят поиск подобных двойных систем среди затменных переменных в области ассоциации Ориона. По данным Ли (1968) затменная переменная EY Ori имеет большой инфракрасный избыток. Просмотр области этой переменной на синих и красных картах Паломарского обзора неба показал, что звезда тесно связана с туманностью отражательного характера. Размеры туманности в синих лучах около  $2' \times 4'$ . EY Ori, кроме того, проектируется на край большого газопылевого облака, связанного с ассоциацией Ориона.

Затменная переменная EY Ori открыта Хоффмейстером (1931) и неоднократно наблюдалась Лаузе (1932, 1933), Моргенротом (1933),

Соловьевым (1945), Гапошкиным (1953), Цесевичем (1954) и Паренаго (1954).

По данным ОКПЗ переменная EY Ori имеет следующие световые элементы:

$$\text{Min I} = 2427310.42 + 16^{\text{d}}78745 \cdot E$$

а изменения блеска лежат в пределах  $9^{\text{m}}9 - 10^{\text{m}}8$  p (Min II =  $10^{\text{m}}0$  p).

Спектр главной звезды dA7, линии второго компонента не наблюдаются (Струве, 1945).

Автором была составлена программа наблюдений EY Ori и начаты пятицветные фотозлектрические наблюдения в Высокогорной Майданакской экспедиции. Завершение программы наблюдений предполагается в 1975–76 гг.

Для предварительного исследования EY Ori были произведены оценки блеска переменной на фотонегативах Астрономического института АН УзССР. Некоторые сведения об использованных материалах и методике оценок блеска переменной приведены в таблице 1.

Таблица 1

Инструмент	Число оценок	Фотометр. система	Место наблюдения	Методика определения блеска
Нормальный астрограф	10	p	Ташкент, астрон. обс.	МФ-2
Короткофокусн. астрограф (200/800)	121	p	Ташкент, астрон. обс.	Нейланд-Блажко
"	54	p	"	МФ-2
Телеск. Шмидта (270/330/660)	22	B	Высокогор. Майдан. экс.	Нейланд-Блажко
"	2	B	"	МФ-2

В качестве звезд сравнения в методе Нейланда-Блажко служили следующие звезды:

*	V	Спектр	Источник определения зв. величины
371	9.85	F8	Автор
530	9.08	A0	Шарплесс (1962)
837	11.15	A7	Автор
880	10.71	A5	Страйжис (1963)

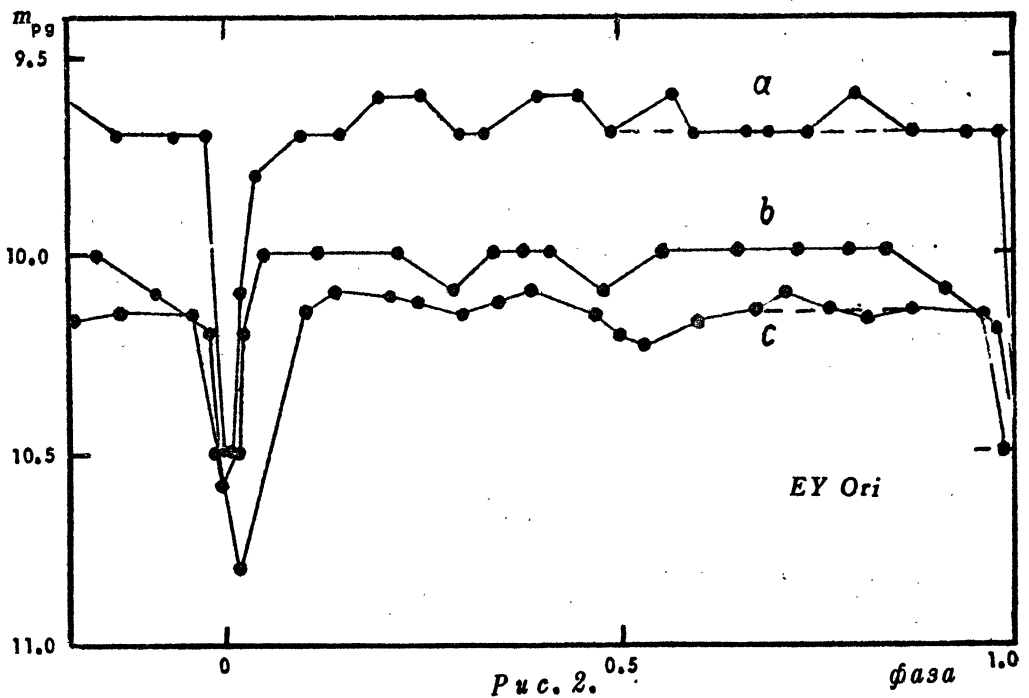
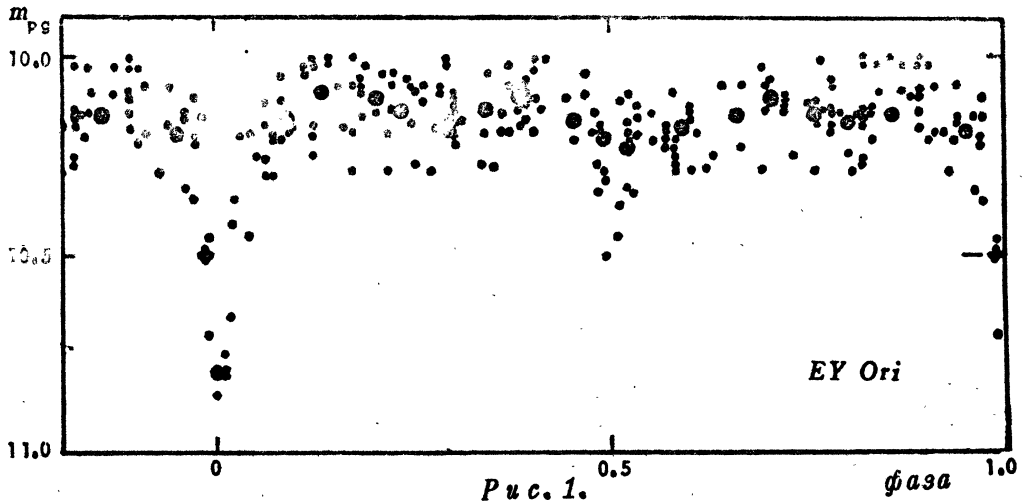
Номера звезд даны по Паренаго (1954).

В таблице 2 (в конце статьи) приведены полученные оценки блеска переменной EY Ori, причем звездочкой отмечены звездные величины, определенные на микрофотометре МФ-2, а двумя – фотозлектрические.

Сводная кривая блеска EY Ori, обработанная с приведенными ранее элементами изображена на рис. 1, где нанесены и отдельные оценки. На этом рисунке видно, что момент главного минимума приходится на фазу  $\Phi = +0^{\text{p}}018$ , которая дает поправку в начальный момент  $\Delta M = +0^{\text{d}}302$ . Проанализируем полученную кривую блеска переменной на рис. 2, где еще изображены кривые блеска, полученные другими авторами (Лаузе,

1933 — кривая а, Моргенрот, 1933 — кривая б, автор — кривая с). Кривая блеска Лаузе построена путем перевода его степенной шкалы в фотографические величины. Разные уровни блеска звезд на приведенных кривых, видимо, объясняются систематическими ошибками (Ищенко, 1963). Из рис. 2 можно заключить следующее:

- главный минимум сильно депрессирован,
- наблюдается ослабление блеска переменной ( $\sim 0.^m1$ ) около фазы  $0^P3$ ,
- на кривых б и с вторичный минимум более продолжительный, чем на кривой а,
- на кривой с после вторичного минимума блеск переменной не поднимается до прежнего уровня,
- блеск системы на кривой с вне затмения слабее, чем в ОКПЗ на  $0.^m20-0.^m25$ .



На рис. 3 нанесены отдельные точки кривой блеска EY Ori по 54 измерениям пластинок на МФ-2. Звездные величины, полученные за одну дату, соединены прямыми линиями. Нормальная кривая блеска EY Ori изображена на этом рисунке с учетом ошибки одного измерения  $\Delta m = +0.1^m$ . Как видно из данного рисунка, максимальные колебания блеска системы наблюдаются около вторичного минимума. Возможно, что в системе EY Ori происходят нестационарные процессы.

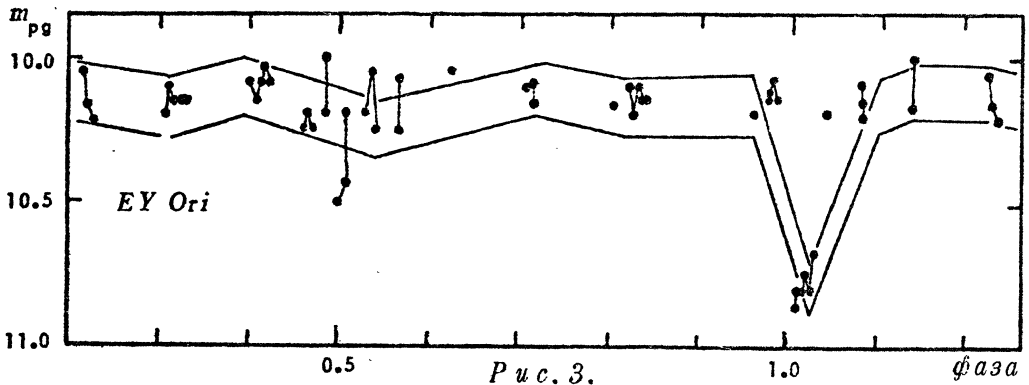


Рис. 3.

На основе полученного материала автором было проведено предварительное решение кривой блеска EY Ori по методу Рессела—Меррилла с коэффициентом потемнения к краю диска  $x = 0.5$  (Ирвин, 1962). Предварительный анализ кривой лучевой скорости (Струве, 1945) и кривой блеска показал, что в главном минимуме наблюдается кольцеобразное затмение (M→B).

Решение кривой блеска дало следующие результаты:

Компонент	$r$	L	$m_p$
A	0.13	0.91	10.25
B	0.07	0.09	12.80

Угол наклона плоскости орбиты EY Ori к лучу зрения получился равным  $i = 86^\circ 6$ .

В работе Ли (1968) приводится показатель цвета B-V переменной EY Ori  $+0.72^m$ , что при спектре A7 дает избыток цвета  $E_{B-V} = 0.57^m$ . Полное поглощение в синих лучах для системы EY Ori при нормальном законе  $R = 3.2$  (Гринберг, 1968) равно  $A_B = 2.39^m$ . Переменная EY Ori входит в большой комплекс Ориона по следующим соображениям:

- видимое расположение в области ассоциации Ori T2,
- спектральный параллакс в сочетании с темной туманностью,
- тесная связь со светлой туманностью,
- большой избыток цвета  $E_{V-I} = 1.22^m$ ,
- близкие к BM Ori лучевые скорости (у BM Ori центр тяжести системы имеет лучевую скорость  $\gamma \approx +27$  км/сек (Доремус, 1970), а у EY Ori  $\gamma \approx +28$  км/сек (Струве, 1945).
- собственное движение EY Ori очень незначительное и лежит в пределах ошибок определения, как и для большинства звезд ассоциации (Паренаго, 1954; SAO).

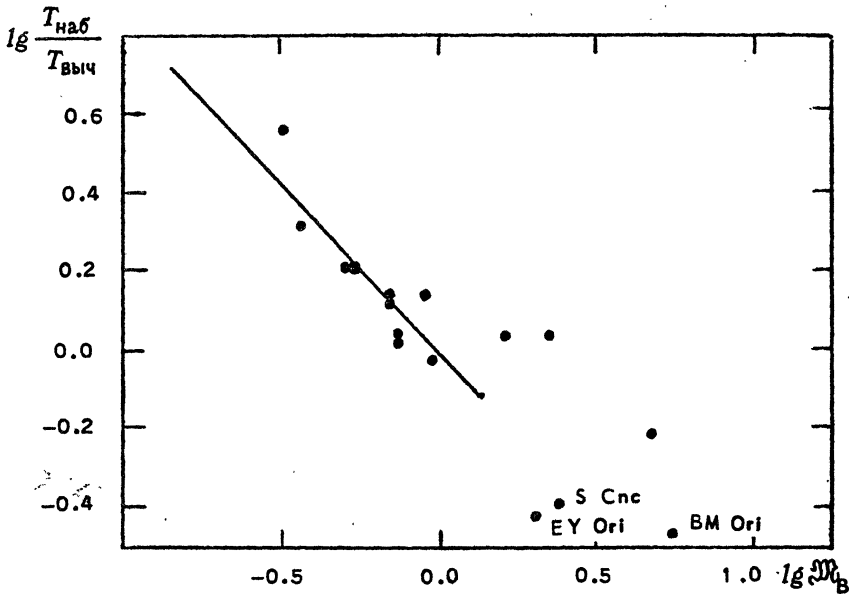
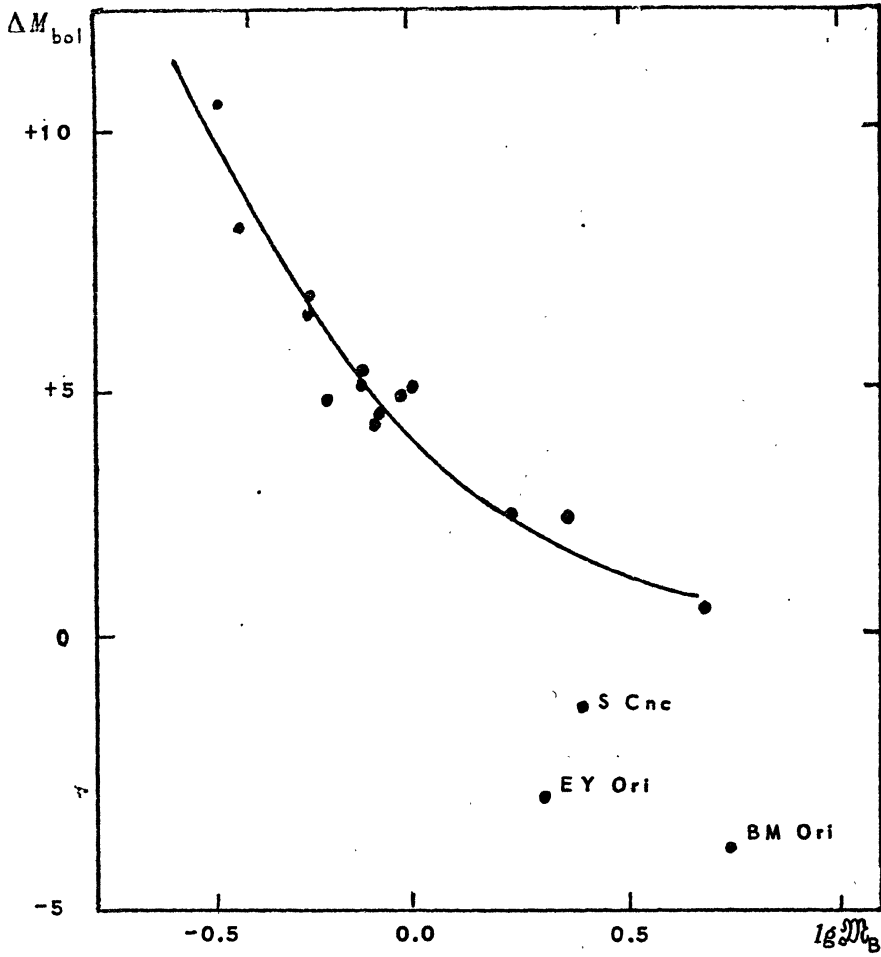


Рис. 4 а,б.

Принимая модуль расстояния до ассоциации Ориона равным  $m-M = 8.1$  (Паренаго, 1954), находим абсолютные фотографические величины компонентов с учетом поглощения  $-0.2^m$  и  $+2.3^m$ . Главные компоненты разделенных систем хорошо подчиняются зависимости масса-светимость (Свечников, 1969). Распространяя это положение на EY Ori, получаем массу главной звезды  $M_A = 3.2 M_\odot$ . Массу спутника определим из функции масс (Струве, 1945):

$$M_B^3 \sin^3 i / (M_A + M_B)^2 = 0.29,$$

которая дает  $M_B = 1.9 M_\odot$ .

Заметим, что массы компонентов оказались больше, чем определенные Паренаго (1950), ( $M_A = 1.8 M_\odot$  и  $M_B = 1.4 M_\odot$ ). Температуру второго компонента можно определить из формулы Планка:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\exp(c/\lambda T_2) - 1}{\exp(c/\lambda T_1) - 1},$$

где  $I_1/I_2$  — отношение поверхностных яркостей компонентов,  $T_1$  и  $T_2$  — эффективные температуры,  $c$  — некоторая постоянная. Подставляя  $T_1 = 8000^\circ\text{K}$  (Джонсон, 1966) для спектра A7 и  $I_1/I_2 = 3.54$ , находим  $T_2 = 3100^\circ\text{K}$ . Избыток светимости спутника вычисляется по формуле (Свечников, 1969):

$$\Delta M_{b.o.i} = 5 \lg \frac{R_{\text{наб}}}{R_{\text{выч}}} + 10 \lg \frac{T_{\text{наб}}}{T_{\text{выч}}},$$

где  $R_{\text{выч}}$  и  $T_{\text{выч}}$  определяются из допущения, что компонент относится к главной последовательности. В нашем случае ( $M_B = 1.9 \cdot M_\odot$ ) болометрический избыток спутника равен  $\Delta M_{b.o.i} = -2.6^m$ .

На следующих диаграммах, построенных Свечниковым (1969) и Свечниковым и Снежко (1974) показан второй компонент системы EY Ori (рис. 4а, б). Как видим, спутник на этих диаграммах, где нанесены только разделенные системы, располагается вблизи уникальной двойной системы VM Ori, входящей в Трапецию. Такое поведение обоих компонентов на приведенных диаграммах предполагает, что двойные системы EY Ori и VM Ori — родственные объекты.

В классификации Свечникова (1969) система VM Ori относится к разделенным системам (РС). Обычные РС-системы имеют огромный избыток светимости (до  $14^m$ ), что объясняется перетеканием вещества компонента, который заполнял свою внутреннюю критическую поверхность. В нашем случае двойные системы VM Ori и EY Ori обладают недостатком светимости для их масс. Видимо, в таких молодых системах компоненты не проэволюционировали достаточно далеко, чтобы наблюдать избыток светимости.

### ВЫВОДЫ

1. Затменная переменная EY Ori входит в большой комплекс Ориона и тесно связана с туманностью.

2. Кривая блеска имеет ряд особенностей, возможно, второй компонент системы представляет звезду на начальной стадии эволюции.

3. Тесные двойные системы EY Ori и VM Ori родственные объекты.  
Для окончательных выводов необходимы спектральные и фотоэлектрические наблюдения.

Таблица 2

J.D. ⊙	Фаза	m <sub>pg</sub>	J.D. ⊙	Фаза	m <sub>pg</sub>	J.D. ⊙	Фаза	m <sub>pg</sub>
24...			24...			24...		
37970.415	0.9979	10.50*	39112.268	0.0161	10.80*	39447.299	0.9734	10.15*
.431	.9988	.50*	.302	.0181	.80*	.355	.9773	.15*
.441	.9994	.50*	.336	.0202	.80*	.408	.9798	.10*
.458	.0004	.50*	.374	.0224	.80*	448.458	.0424	.20
.478	.0016	.45*	.408	.0245	.65*	495.295	.8324	.00
.487	.0022	.50*	113.304	.0778	.10*	497.281	.9507	.07
.505	.0032	.70*	.332	.0795	.15*	500.252	.1277	.02
38054.180	.9876	.20*	.360	.0812	.20*	.283	.1295	.00
.232	.9907	.35*	114.243	.1338	.15*	501.376	.1946	.07
072.169	.0592	.45*	.283	.1362	.00*	503.242	.3058	.20*
39024.468	.7860	.18	137.209	.5018	.50*	.273	.3076	.10*
025.408	.8420	.14	.245	.5040	.45*	.305	.3095	.15*
.438	.8438	.21	.283	.5062	.20*	.334	.3113	.15*
.473	.8459	.14	138.266	.5648	.25	.354	.3130	.15*
026.434	.9031	.18	.298	.5667	.05*	533.331	.0981	.19
032.400	.2585	.27	139.240	.6228	.05*	534.228	.1516	.00
034.406	.3780	.19	150.099	.2696	.11	.258	.1529	.00
.441	.3801	.07	.176	.2742	.07	553.192	.2812	.29
.468	.3817	.02	153.249	.4573	.25*	555.170	.3990	.10*
036.396	.4966	.19	.281	.4592	.20*	.193	.4004	.07
.429	.4985	.19	.318	.4614	.25*	.222	.4021	.09
039.391	.6750	.23	166.142	.2253	.29	560.180	.6975	.02
.424	.6769	.07	.172	.2271	.19	.206	.6990	.29
064.309	.1593	.07	167.170	.2865	.18	562.163	.8156	.29
065.353	.2215	.05*	.197	.2882	.09	564.172	.9353	.19
.390	.2237	.15*	.224	.2898	.09	566.139	.0524	.19
.462	.2280	.20*	168.179	.3466	.19	792.398	.5303	.33
085.284	.4087	.15*	.210	.3485	.27	793.409	.5905	.21
.312	.4104	.10*	169.144	.4041	.07	.442	.5925	.21
.355	.4130	.05*	.171	.4057	.07	820.356	.1957	.02
.396	.4154	.10*	.198	.4073	.16	821.354	.2552	.07
086.407	.4756	.09	171.244	.5292	.13	.385	.2570	.17
.423	.4766	.10*	172.136	.5824	.17	834.328	.0280	.36
.437	.4774	.04	.163	.5840	.21	.357	.0297	.42
087.359	.5323	.20*	.177	.5848	.17	835.362	.0896	.11
.395	.5345	.05*	.191	.5856	.21	.412	.0926	.04
.463	.5385	.25*	177.201	.8841	.02	.461	.0955	.21
088.319	.5895	.09	.237	.8862	.09	886.259	.1214	.04
.348	.5912	.29	182.122	.1772	.19	.270	.1221	.02
.376	.5929	.25	.151	.1789	.29	887.262	.1812	.00
.409	.5949	.29	.177	.1805	.07	888.137	.2333	.13
089.327	.6496	.25	201.174	.3121	.19	889.273	.3010	.00
.358	.6514	.07	.216	.3146	.19	890.173	.3550	.04
090.285	.7066	.10*	420.404	.3713	.19	.216	.3572	.28
.315	.7084	.10*	.434	.3730	.14	906.153	.3065	.00
.347	.7103	.10*	422.375	.4887	.00*	40120.475	.0733	.18
.376	.7120	.15*	.406	.4905	.20*	216.225	.7770	.01
091.421	.7743	.11	.436	.4923	.14:	.240	.7779	.14
092.336	.8288	.10*	424.398	.6092	.14	217.369	.8451	.02
.394	.8323	.20*	.442	.6118	.14	218.327	.9022	.09
.428	.8343	.10*	.469	.6135	.14	.339	.9029	.00
.472	.8369	.15*	.498	.6151	.29	.349	.9035	.14
.504	.8388	.15*	439.333	.4988	.20	232.197	.7284	.11
096.422	.0722	.16	444.308	.7952	.19	.208	.7290	.13
108.204	.7740	.29	.338	.7970	.07	.219	.7297	.11
.228	.7755	.17	.367	.7987	.14	.230	.7304	.13
109.206	.8337	.14	445.281	.8531	.09	233.228	.7898	.14
110.334	.9009	.10	446.317	.9149	.21	.241	.7906	.14
.370	.9031	.02	.341	.9163	.02	260.144	.3932	.13
111.190	.9519	.17	.384	.9188	.07	.157	.3939	.17
.253	.9557	.20*	.415	.9207	.19	272.115	.1062	.13
112.232	.0140	.85*	447.250	.9704	.33			



Таблица 2 (продолжение)

J.D.☉	Фаза	m <sub>p9</sub>	J.D.☉	Фаза	m <sub>p9</sub>	J.D.☉	Фаза	m <sub>p9</sub>
24...			24...			24...		
40272.125	0.1068	10.17	42336.392	0.0717	10.20	42401.336	0.9403	10.21
.136	.1075	.13	.466	.0771	.26	415.194	.7658	.12
.160	.1089	.14	337.379	.1305	.25	424.296	.3080	.16
274.163	.2282	.04	.402	.1319	.20	.404	.3145	.13
.167	.2285	.07	338.374	.1898	.15	426.126	.4170	.00
42130.219	.7904	.06	339.388	.2502	.05	.232	.4233	.00
259.479	.4902	.34	340.346	.3073	.22	428.210	.5412	.20
333.415	.8944	.10*	342.316	.4246	.13	.315	.5474	.12
335.336	.0088	.70*	399.244	.8157	.22	435.239	.9599	.17B**
336.375	.0707	.11	.357	.8224	.15	436.243	.0192	.80B**

## Литература:

- Гапошкин, 1953 – Gaposkin S., НА 113, №2.  
 Гринберг, 1968 – Greenberg I. M., " Interstellar Grains ", Stars and Stellar Systems, vol. VII, ch. 6, (русский перевод: "Межзвездная пыль", Мир, 1970).  
 Джонсон, 1966 – Johnson H. L., Astr. and Astroph. 4, 196.  
 Доремус, 1970 – Doremus C., PASP 82, No. 487, 745.  
 Ирвин, 1962 – Irwin J. B., " Astronomical Techniques ", ed. by W. A. Hiltner. (русский перевод: "Методы астрономии", Мир, 1967).  
 Ищенко И. М., 1963, Тр. Ташкентск. обс. сер. II, 9, 15.  
 Лаузе, 1932 – Lause von Fr., AN 246, No. 5902, 413.  
 Лаузе, 1933 – Lause von Fr., AN 250, 13.  
 Ли, 1968 – Lee T. A., ApJ 152, No. 3, part I, 913.  
 Моргенрот, 1933 – Morgenroth O., AN 247, No. 5913.  
 Паренаго П. П., 1950, АЖ 27, 43.  
 Паренаго П. П., 1954, Тр. ГАИШ, 25, 3.  
 Свечников М. А., 1969, Каталог орбитальных элементов, масс и светимостей тесных двойных звезд, Свердловск.  
 Свечников М. А., Снежко Л. И., 1974, сб. "Явления нестационарности и звездная эволюция", Наука.  
 Соловьев А. В., 1945, АЦ № 39.  
 Страйжис В., 1963, Бюлл. астр. обс. Вильнюсск. ун-та № 7, 1.  
 Струве, 1945 – Struve O., ApJ 102, 74.  
 Холл, Гаррисон, 1969 – Hall D. S., Garrison L. M., PASP 81, No. 483, 771.  
 Хоффмейстер, 1931 – Hoffmeister von C., AN 242, No. 5791, 129.  
 Цесевич В. П., 1954, Изв. Одесск. обс. 4, № 2, 253.  
 Шарплесс, 1962 – Sharpless S., ApJ 116, No. 2, 251.  
 Шевченко В. С., Кардополов В. И., 1971, ПЗ 18, № 2, 131.

Астрономический институт  
АН УзССР

Поступила в редакцию  
11 августа 1975 г.