

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ (O-C)-ДИАГРАММЫ  
ЗАТМЕННО-ДВОЙНОЙ ТИПА WR CQ СЕРВЕI

Т. А. КАРТАШЕВА, М. А. СВЕЧНИКОВ

Выполнен еще один вариант интерпретации (O-C)-диаграммы CQ Сер - представление ее рядом сомкнутых параболических сегментов. Сделан вывод о том, что монотонное уменьшение орбитального периода системы, отмечаемое на временных интервалах в 10-20 лет, обусловлено, вероятно, не столько переносом массы от O-компонента к WR-звезде, сколько потерей массы и углового момента системой в целом. Нарушение монотонности хода (O-C)-разностей объяснено скачкообразными возрастаниями периода, происходящими, вероятно, из-за выбросов вещества с ведущих полуфер компонентов. Новая модель системы с двумя уплотнениями перед ведущими полуферами O и WR-звезд хорошо объяснила фотометрические и спектроскопические аномалии, отмеченные у системы в течение века.

One more interpretation variant of (O-C)-diagram of CQ Ser, that is its presentation by a set of contact parabolic segments, is suggested. An inference is made that the monotonous decrease of the system orbital period, observed on the time scales of 10-20 years, is probably caused not so much by the mass transfer from O-component to WR-star as by the mass and angular momentum loss by the system as a whole. Break of monotony of motion of (O-C)-differences is caused by the uneven period decrease which occurs, probably, due to the matter outflow from the leading hemisphere of the components. A new model of the system with two condensations in front of the leading hemisphere of O and WR stars explains well photometric and spectrophotometric anomalies noticed in the system during a century.

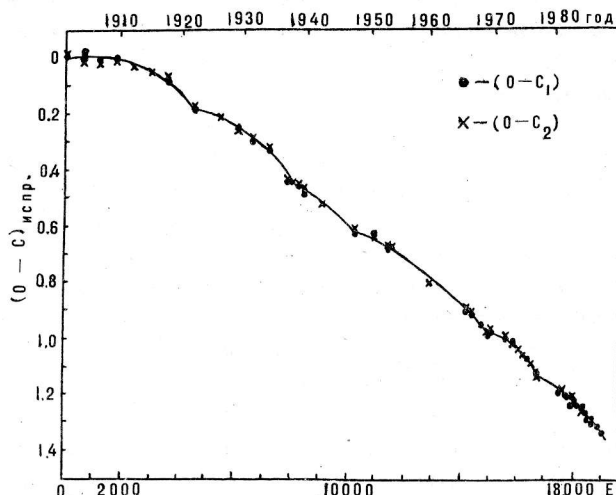
К настоящему времени имеется более десяти работ по исследованию (O-C)-диаграммы затменно-двойной типа Вольфа-Райе CQ Сер (Гапошкин, 1944; Свечников, 1954; Семенюк, 1968; Курочкин, 1979; Антохина и др., 1982; Уолкер и др., 1983; Крайнер и Тремко, 1983; Крайнер и Тремко, 1985; Сингх и Чейби, 1986; Антохина и др., 1987; Карташева и Свечников, 1988; Карташева и Свечников, 1989). Однако единого мнения о поведении орбитального периода системы у исследователей не сложилось. С нашей точки зрения все работы, выполненные до 1987 г., включая и наши три варианта исследования (O-C)-диаграммы CQ Сер (см. Карташева и Свечников, 1986; Карташева и Свечников, 1989), можно рассматривать как приближения ну-

левого порядка, поскольку все они предполагают постоянство скорости изменения периода ( $P = \text{const}$  или  $P = 0$ ) на больших временных интервалах порядка 40-80 лет.

Большая часть исследователей, считая невозможным единое представление (O-C)-диаграммы CQ Сер, разделяла ее на две части и отмечала большую скорость уменьшения орбитального периода системы в начале века и малую скорость его уменьшения (или вообще постоянство  $P$ ) во второй половине столетия. Меньшая часть исследователей (см. Антохина и др., 1982; Антохина и др., 1987; Карташева и Свечников, 1989) пыталась представить (O-C)-диаграмму CQ Сер одной параболой. При этом либо сильно завышались ошибки определения фотографических моментов минимумов (обсуждение вопроса о точности определения фотографических моментов минимумов см. в работе Карташевой и Свечникова, 1989), либо вековое уменьшение периода, происходящее с постоянной скоростью, рассматривалось как основной ход  $P$ , на который налагались скачкообразные его изменения. Последние выявлялись после дифференцирования остаточных отклонений от параболы (имеется в виду наш первый вариант исследования (O-C)-диаграммы CQ Сер 1974 г. (Карташева и Свечников, 1989)).

Особое место в работах по исследованию поведения орбитального периода CQ Сер, выполненных до 1987 г., занимает работа Крайнера и Тремко (1985), в которой впервые был поставлен вопрос о непостоянстве скорости изменения периода системы на больших временных интервалах.

Рис. 1. Сводная (O-C)-диаграмма, исправленная за движение линии апсид и линейный ход моментов вторичного минимума относительно моментов главного минимума. Сплошными линиями дано теоретическое представление (O-C)<sub>испр.</sub>-диаграммы.



Шагом, который позволил перейти к изучению тонкой структуры (O-C)-диаграммы CQ Сер, явилось обнаружение у системы движения линии апсид ( $e = 0.02$ ,  $U \approx 54$  года) вместе с "вековым" ходом моментов вторичного минимума относительно моментов главного минимума, связанным, вероятно, с сильным искажением моментов вторичного минимума (WR-звезда впереди) плотными массами газа (см. Карташева и Свечников, 1986; Карташева и Свечников, 1989). Исправление наблюдаемых моментов главного и вторичного минимумов за движение линии апсид, а моментов вторичного минимума еще и за дополнительное искажение плотными частями оболочки, позволило нам согласовать между собой (O-C)<sub>1</sub> и (O-C)<sub>2</sub>-диаграммы системы (детали см. в работе Карташевой и Свечникова, 1989).

На сводной (O-C)<sub>1,2</sub>испр.-диаграмме четко обозначилась тонкая структура - вся

диаграмма распалась на шесть ветвей (см. рис. 1).\*

Реальность обнаруженной тонкой структуры подтверждается тем фактом, что образование третьей, пятой и шестой ветвей диаграммы совпало по времени с появлением у системы значительных фотометрических аномалий (см. Курочкин, 1979; Карташева, 1972; Карташева, 1976; Карташева, 1987).

Попытка представить  $(O-C)_{испр.}$ -диаграмму рядом независимых (разомкнутых) парабол (см. Карташева и Свечников, 1989) оказалась неудачной. Для объяснения сбоя на  $(O-C)_{испр.}$ -диаграмме, происходящих при переходе от одной ветви к другой, приходилось делать предположение о заметном вкладе в блеск системы свечения оболочки в непрерывном спектре, чье искажающее влияние на моменты минимумов скачкообразно изменялось бы со временем. Однако это предположение привело нас к очень большим оценкам как скачков  $\Delta_i$  ( $\Delta_i = a_i - a_{i-1}$ , где  $i$  - номер ветви), так и самих значений искажений  $a_i$  ( $a_i \approx 0.04 - 0.11$ ). Столь большие отклонения фотометрических моментов минимумов от моментов геометрических соединений для системы нереальны, так как выведенные в работе Карташевой и Свечникова (1989) эфемеридные формулы хорошо удовлетворяют как кривым блеска системы, так и ее кривым лучевых скоростей, получаемым из спектроскопических исследований.

Следующим нашим шагом было представление  $(O-C_{1,2})_{испр.}$ -диаграммы  $CQ$  Сер сомкнутыми параболическими сегментами. В результате решения способом наименьших квадратов шести систем нормальных уравнений вида  $(O-C_i)_{испр.} = \Delta T_{0i} + \Delta P_i \cdot E + q_i E^2$  (где  $q_i = \dot{P}/2$ ) были получены следующие результаты:

$$(O-C_1)_{испр.} = -0.004 + 0.000020 \cdot E - 12.2 \cdot 10^{-9} \cdot E^2$$

(1 ветвь,  $E=0-4570$ ),

(1)

$$(O-C_2)_{испр.} = -0.013 + 0.000069 \cdot E - 14.3 \cdot 10^{-9} \cdot E^2$$

(2 ветвь,  $E=0-3351$ ),

(2)

$$(O-C_3)_{испр.} = -0.025 + 0.000052 \cdot E - 7.3 \cdot 10^{-9} \cdot E^2$$

(3 ветвь,  $E=0-2410$ ),

(3)

$$(O-C_4)_{испр.} = +0.006 + 0.000035 \cdot E - 4.4 \cdot 10^{-9} \cdot E^2$$

(4 ветвь,  $E=0-4758$ ),

(4)

$$(O-C_5)_{испр.} = +0.017 + 0.000056 \cdot E - 30.0 \cdot 10^{-9} \cdot E^2$$

(5 ветвь,  $E=0-1672$ ),

(5)

$$(O-C_6)_{испр.} = -0.003 + 0.000081 \cdot E - 11.3 \cdot 10^{-9} \cdot E^2$$

(6 ветвь,  $E=0-2504$ ),

(6)

\* В новом варианте исследования  $(O-C)$ -диаграмма была дополнена новыми десятью моментами минимумов системы (см. табл. 1, продолжающую табл. 1 работы Карташевой и Свечникова, 1989), в результате чего на сводной  $(O-C)_{испр.}$ -диаграмме выделилась шестая ветвь, включающая наблюдения с 1976 по 1987 год.

Таблица 1

п/п	Число циклов (E)	Год	T <sub>min</sub> (J. D. ⊙)	Ошибка	O-C	(O-C <sub>2</sub> ) - (O-C <sub>1</sub> )	Ссылки, примечания
1	2	3	4	5	6	7	8
		1900+	2400000+				
95	18011.0	82.25	45061. <sup>d</sup> 433	±0. <sup>d</sup> 003	-1. <sup>d</sup> 215	-0. <sup>d</sup> 014	Харвиг (1987), е
96	18011.5		45062.240	" - "	-1.229		" - "
97	18325.0	83.67	45576.788		-1.236	-0.033	Шилая (1986), е
98	18325.5	83.70	45577.576		-1.269		" - "
99	18588.0	84.84	46008.410		-1.282		Антохина и др. (1987), е, 129т.
100	18608.0	84.93	46041.225		-1.293		" - " 86т.
101	18736.5	85.50	46252.137	+0.007	-1.291		Антохина (1987), е, 48т.
102	18783.0	85.72	46328.446		-1.304		Антохина и др. (1987), е, 88т.
103	19000.0	86.70	46684.597	+0.005	-1.320		Стикланд и др.
104	19265.5	87.89	47120.365	+0.010	-1.323		(1988), е

На рис. 1 сплошными линиями дано теоретическое представление хода со временем (O-C<sub>1,2</sub>)<sup>испр.</sup>-разностей, полученное с помощью формул (1)-(6) и приведения всех ветвей к одному нуль-пункту отсчета эпох. На рис. 2 представлена диаграмма остаточных уклонений (O-C)\*. Среднее квадратичное уклонение отдельного значения (O-C)\* от нулевого значения составило ± 0.<sup>d</sup>01, что хорошо согласуется со сравнительно большими ошибками определения моментов минимумов системы.

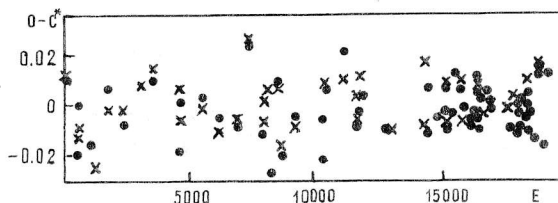


Рис. 2. Диаграмма остаточных уклонений (O-C)\* CQ Сер.

Для шести ветвей были получены следующие выражения для изменения орбитально-го периода CQ Сер, учитывающие как вековое уменьшение P (второй член), так и движение линии апсид (третий член):

$$P_1 = 1.641343 - 24.4 \cdot 10^{-9} \cdot E + 5.5 \cdot 10^{-6} \sin(0.03 \cdot E - 64.93) \quad (7)$$

(1 ветвь, E=0-4570),

$$P_2 = 1.641300 - 28.6 \cdot 10^{-9} \cdot E + 5.5 \cdot 10^{-6} \sin(0.03 \cdot E - 72.17) \quad (8)$$

(2 ветвь, E=0-3351),

$$P_3 = 1.641264 - 14.6 \cdot 10^{-9} \cdot E + 5.5 \cdot 10^{-6} \sin(0.03 \cdot E - 172.70) \quad (9)$$

(3 ветвь, E=0-2410),

$$P_4 = 1.641264 - 8.8 \cdot 10^{-9} \cdot E + 5.5 \cdot 10^{-6} \sin(0.03 \cdot E + 245.00) \quad (10)$$

(4 ветвь, E=0-4758),

$$P_5 = 1.641278 - 60.0 \cdot 10^{-9} \cdot E + 5.5 \cdot 10^{-6} \sin(0.03 \cdot E + 27.7) \quad (11)$$

(5 ветвь, E=0-1672),

$$P_6 = 1.641259 - 22.6 \cdot 10^{-9} \cdot E + 5.5 \cdot 10^{-6} \sin(0.03 \cdot E + 77.8) \quad (12)$$

(6 ветвь, E=0-2504).

На рис. 3 изображен даваемый формулами (7) - (12) ход со временем орбитального периода системы, свидетельствующий о том, что монотонное уменьшение его время от времени нарушается резким возрастанием. Кроме того, в табл. 2 собраны основные параметры, характеризующие поведение орбитального периода системы ( $\Delta E$  - продолжительность монотонного изменения периода в циклах,  $\Delta P_1/P$  - относительное уменьшение периода вдоль ветвей,  $\Delta P_2/P$  - относительное возрастание периода при переходе от одной ветви к другой).

Рис. 3. Изменение со временем орбитального периода CQ Сер. Жирной линией дан итоговый ход, пунктиром - ход, учитывающий только вековое изменение орбитального периода системы.

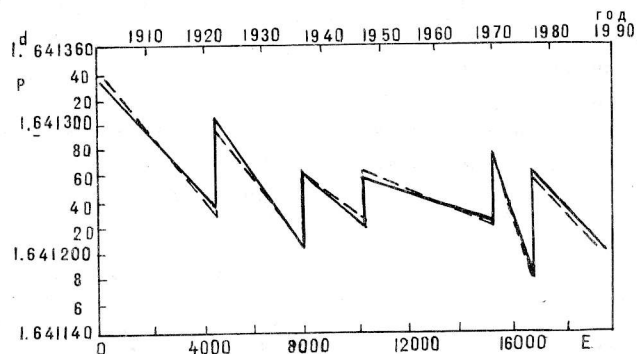


Таблица 2

N ветви	$\Delta E$	$\Delta P_1/P$ ( $\cdot 10^{-5}$ )	$\Delta P_2/P$ ( $\cdot 10^{-5}$ )
1	> 4570	$\approx -6.8$	+4.2
2	3351	-5.4	+3.1
3	2410	-2.1	+2.1
4	4758	-2.6	+3.4
5	1672	-6.1	+4.9
6	> 2504	$\approx -3.5$	

Как следует из табл. 2, при средней продолжительности интервала монотонного изменения периода  $\overline{\Delta E} \approx (14 \pm 6)$  лет, среднее относительное уменьшение периода вдоль ветви составило  $\overline{\Delta P_1/P} = -4.4 \cdot 10^{-5}$ , а среднее относительное возрастание периода при переходе от одной ветви к другой -  $\overline{\Delta P_2/P} = +3.5 \cdot 10^{-5}$ . Таким образом, несмотря на сравнительно частые и значительные скачкообразные возрастания орбитального периода системы итоговый его ход сохраняет вековое уменьшение. Отмечаемое на временных интервалах в 10-20 лет монотонное уменьшение орбитального периода CQ Сер

обусловлено, вероятно, не столько переносом массы от более массивного и заполняющего свою ВКП О-компонента к WR-звезде, сколько потерей массы и орбитального момента системой в целом. Действительно, рассмотрение консервативного переноса массы от О к WR-компоненту в сочетании с потерей массы и углового момента WR-звездой в результате радиального истечения материи из нее при найденных значениях  $\dot{P} = -(2-6) \cdot 10^{-8}$  дня/период  $= -(0.4-1.3) \cdot 10^{-5}$  дня/год приводит к очень большим потерям массы О-звездой ( $\dot{m}_O \approx (0.6-2.4) \cdot 10^{-4} m_\odot/\text{год}$ ). Последняя оценка представляется маловероятной, и остается предполагать, что учтены не все эффективные механизмы потери массы и углового момента.

Скачкообразный рост орбитального периода CQ Сер обусловлен, вероятно, выбросами с ведущих полусфер О и WR-звезды (реактивный эффект). Используя формулу Хуана для выброса, происходящего перпендикулярно к линии, соединяющей центры компонентов (Хуан, 1956), мы попытались оценить массу, теряемую системой при выбросах. При среднем относительном скачке орбитального периода  $\Delta P_2/P = +3.5 \cdot 10^{-5}$ , скорости  $V = 1000$  км/ч и параметрах системы, взятых из работ Карташевой и Свечникова (1986); Карташевой и Снежко (1985) ( $i = 61^\circ$ ,  $A = 19.7 R_\odot$ ,  $m_{WR} = 17.5 m_\odot$ ,  $m_O = 21.1 m_\odot$ ), средняя масса, теряемая системой при выбросе ( $\Delta m_O$  или  $\Delta m_{WR}$ ), получается равной  $10^{-4} m_\odot$ . При современной частоте выбросов ( $\approx 6$  в столетие) полученная оценка дает среднюю скорость потери массы системой за счет выбросов  $\dot{m}_{\text{выбр.}} = 6 \cdot 10^{-6} m_\odot/\text{в год}$ .

Итак, в результате выполнения последнего варианта интерпретации (О-С)-диаграммы CQ Сер мы пришли к новой модели общей оболочки системы - оболочке с двумя уплотнениями, создаваемыми выбросами газа с ведущих полусфер компонентов (см. рис. 4).

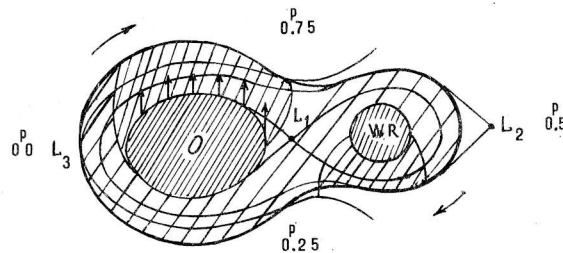


Рис. 4. Модель CQ Сер, следующая из решения ее кривой блеска (Карташева Т. А., Свечников М. А., 1986) и из результатов настоящего исследования.

Вспышки, отмеченные у системы летом 1937 г. (Курочкин, 1979) и в марте 1969 г. (Карташева, 1972), сопровождавшиеся резким ростом орбитального периода, хорошо объясняются выбросами с ведущей полусферы О-звезды.

В рамках новой модели оболочки хорошо объясняются асимметрии ветвей обеих минимумов кривой блеска системы (как правило, восходящие ветви минимумов более пологи, а нисходящие ветви минимумов более круты), дополняемые время от времени сильной депрессией кривой блеска в фазах за вторичным минимумом. Последнее, вероятно, связано с резким возрастанием плотности материи перед ведущей полусферой О-звезды в результате очередного(ых) выброса(ов) из нее. Действительно, в наблюдениях лета 1937 г. (Курочкин, 1979) сочетаются вспышка и депрессия блеска в фазах за  $0.5^P$ . Однако не все выбросы, вызывая фотометрические аномалии, способны привести к изменению орбитального периода системы. Примером служат фотометрические наблюдения CQ Сер 1965 г. (Гусейнзаде, 1967), показавшие депрессию блеска в фазах за  $0.5^P$ , но не сопровождавшиеся резким изменением  $P$ .

Несколько труднее объяснить активность, отмеченную у системы в 1975 г., затро-

нувшую все участки кривой блеска (Карташева, 1976; Карташева, 1987) и сопровождающуюся резким возрастанием  $P$ . Приходится предполагать, что активность была связана либо с выбросами с ведущих полусфер обоих компонентов, либо с активностью WR-звезды в целом, при которой выбросы с ведущей ее полусферы преобладали, что и привело к резкому росту орбитального периода.

Обнаруженный при интерпретации разностной  $(O-C_2) - (O-C_1)$ -диаграммы линейный ход моментов вторичного минимума относительно моментов главного минимума (Карташева и Свечников, 1986) и переход его в районе 1950 г. через нулевое значение (из обл. "+" в обл. "-"), вероятно, свидетельствует об относительном ослаблении искажающего влияния на блеск системы уплотнения перед фронтом O-звезды и, соответственно, об относительном возрастании влияния на блеск системы (и, в частности, на моменты вторичного минимума) уплотнения перед фронтом WR-звезды. А это, в свою очередь, ведет к предположению о снижении активности O-компонента по сравнению с активностью WR-звезды.

Наконец, уплотнение оболочки перед ведущей полусферой WR-звезды хорошо обнаруживается спектроскопически по усилению  $P$   $C_{49}$  - абсорбций в синем крыле эмиссии  $He II \lambda 4686 \text{ \AA}$  в фазах первой половины периода ( $O^P_{10} - O^P_{42}$ ) (Карташева и Снежко, 1985). Так как последний эффект приводит к искажению формы и амплитуды кривой лучевых скоростей этой эмиссионной линии, сохраняющемуся со времени первых спектроскопических исследований Хилтнера (Хилтнер, 1944), то отсюда следует вывод о стабильности уплотнения.

В заключение статьи хочется сравнить поведение орбитального периода CQ Ser с поведением периодов полуразделенных (ПР)-систем (Бирман и Холл, 1973; Холл, 1975; Кроуфорд и Олсон, 1979; Олсон и др., 1981; Холл и др., 1976; Фрибас-Конде и Херчег, 1973; Холл, 1979).

В обоих случаях  $(O-C)$ -диаграммы обнаруживают тонкую структуру, свидетельствующую о знакопеременных изменениях периода. В обоих случаях временные интервалы, через которые происходят резкие изменения периодов, близки по длительности ( $\Delta t = 10 - 20$  лет). Близки по величине относительные скачки периодов и относительные изменения периодов на промежутках времени между скачками ( $|\Delta P_1/P| = |\Delta P_2/P| = 3-6 \cdot 10^{-5}$ ). Наконец, для ПР-систем и CQ Ser близки оценки верхнего предела временного интервала, за который происходят резкие изменения периодов. Для U Ser, к примеру,  $\Delta t' < 40^d$  (Олсон и др., 1981), для RZ Cas  $\Delta t' < 10^d$  (Фрибас-Конде, 1973), для CQ Ser оценка для  $\Delta t' < 2$  месяцев получена из анализа наблюдений 1969 г. (Карташева, 1972). Однако этим и оканчиваются сходства в поведении орбитальных периодов CQ Ser и ПР-систем на малых временных интервалах - сходства, обусловленные, вероятно, тем, что выбросы из компонентов в обоих случаях близки по масштабу и частоте.

Если  $(O-C)$ -диаграммы ПР-системы в первом приближении хорошо представляются рядом сомкнутых вогнутых параболических сегментов, то  $(O-C)$ -диаграмма CQ Ser - рядом сомкнутых выпуклых параболических сегментов. Иначе говоря, в случае ПР-систем монотонное возрастание орбитального периода сменяется резким его уменьшением, в то время как у CQ Ser происходит обратное - монотонное уменьшение ее периода прерывается каждые 10-20 лет резким его возрастанием.

Что касается итогового "векового" хода орбитального периода, то в этом отношении CQ Ser тоже отличается от большинства ПР-систем, показывающих возрастание периода на больших временных интервалах (например, U Ser, SW Cyg), естественно объясняемое консервативным переносом материи от менее массивного субгиганта к

более массивной горячей звезде. Однако не все ПР-системы показывают "вековое" возрастание периода. У части ПР-систем период, грубо говоря, постоянен на больших временных интервалах. Группа же ПР-систем "типа R CMa" (например, R CMa, RZ Cas, так же как и CQ Ser, показывает существенное "вековое" уменьшение орбитального периода. Вероятно, общим здесь является то, что эволюция ПР-систем "типа R CMa", как и эволюция CQ Ser, идет со значительной потерей массы из системы, происходящей с высокими скоростями и сопровождаемой очень большой потерей орбитального углового момента. (Для маломассивных ПР-систем Крайчевой и др. (1986) предложен механизм потери углового орбитального момента, связанный с эффективной потерей субгигантами их осевого момента посредством магнитного звездного ветра).

Как и у CQ Ser, у ПР-систем "типа R CMa" в результате происходящих раз в несколько лет или десятилетий мощных выбросов возникает кратковременная мощная оболочка из выброшенного вещества, дающая большие фотометрические и спектроскопические эффекты.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Антохина Э. А., Липунова Н. А., Черепашук А. М.: 1982, *Астрон. ж.*, 59, 704.  
Антохина Э. А., Крайнер И. М., Тремко И. и Черепашук А. М.: 1987, *Письма в астрон. ж.*, 13, 417.  
Бирман и Холл (Biermann V., Hall D.S.): 1973, *Astron. Astrophys.*, 27, 249.  
Гапошкин (Gaposchkin S.): 1944, *Astrophys. J.*, 100, 242.  
Гусейнзаде А. А.: 1967, *Астрофизика*, 3, 359.  
Каргашева Т. А.: 1972, *Переменные звезды*, 18, 459.  
Каргашева Т. А.: 1976, *Письма в астрон. ж.*, 2, 505.  
Каргашева Т. А., Снежко Л. И.: 1985, *Бюл. Абастум. астрофиз. обсерв.*, № 58, 25.  
Каргашева Т. А., Свечников М. А.: 1986, *Матер. совещ. "Звезды типа Вольфа-Райе и родственные им объекты"*, Эльва.  
Каргашева Т. А.: 1987, *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*, 24, 35.  
Каргашева Т. А., Свечников М. А.: 1989, *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*, 28, 3.  
Крайнер и Тремко (Kreiner J.M., Tremko J.): 1983, *Bull. Astron. Inst. Gzechosl.*, 34, 341.  
Крайнер и Тремко (Kreiner J.M., Tremko J.): 1985, *Бюл. Абастум. астрофиз. обсерв.*, № 58, 35.  
Крайчева З. Т., Тулуков А. В., Юнгельсон Л. Р.: 1986, *Астрофизика*, 24, 287.  
Крауфорд и Олсон (Crowford R.C., Olson E.C.): 1979, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 91, 413.  
Курочкин Н. Е.: 1979, *Астрон. циркуляр*, № 1063, 1.  
Олсон и др. (Olson E.C., Crawford R.C., Hall D.S.): 1981, *Publ. Astron. Soc. Pasif.*, 93, 464.  
Свечников М. А.: 1954, *Дипломная работа. ЛГУ.*  
Семенюк (Semeniuk I.): 1968, *Acta astron.*, 18, 313.  
Сингх и Чейби (Singh V., Chaubey U.S.): 1986, *Astrophys. and Space Sci.*, 124, 389.  
Стикланд и др. (Stickland D.J., Pike C.D., Lloyd C. and Ells J.): 1988,



- Observatory, 108, 151.
- Уолкер и др. (Walker E.N., Lloyd C., Pike C.D., Stickland D.J., Zuiderwijk E.F.): 1983, Astron. Astrophys., 128, 394.
- Фрибас-Конде и Херцег (Frieboes-Conde H., Herczeg T.): 1973, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 12, 1.
- Харвиг В. В.: 1987, Публ. Тартуской астрофиз. обс., 52, 313.
- Хилтнер (Hiltner W. A.): 1944, Astrophys. J., 99, 273.
- Холл (Hall D. S.): 1975, Acta astron., 25, 1.
- Холл и др. (Hall D. S., Keel W. C., Neuhaus G.H.): 1976, Acta astron., 26, 239.
- Холл (Holl D. S.): 1979, Acta astron., 29, 653.
- Хуан (Huang S.-S.): 1956, Astron. J., 61, 49.
- Шилая (Shylaja B. S.): 1986, Astrophys. and Astron., 7, 171.

Поступила в редакцию  
16 апреля 1990 г.