# АСТРОФИЗИКА

**TOM 47** 

МАЙ, 2004

ВЫПУСК 2

УДК: 524.387:520.82

# UBVRI ФОТОМЕТРИЯ И ПОЛЯРИМЕТРИЯ ЗАТМЕННОЙ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ RY PER

#### Н.М.ШАХОВСКОЙ, К.А.АНТОНЮК Поступила 26 ноября 2003 Принята к печати 10 февраля 2004

В работе представлены результаты многоцветных фотометрических и поляриметрических и исследований поведения затменной двойной системы RY Per в 2001-2003гг. Приводятся кривые блеска в *UBVRI* полосах. Проведен анализ изменений линейной поляризации, позволивший провести ее разделение на межзвездную и собственную. Показано, что степень собственной поляризации системы вне затмения достигает максимума (0.23%) в полосе *B* и быстро уменьшается с ростом длины волны. Такая зависимость показывает наличие в системе оптически толстого газа. Анализ поляриметрических данных позволил также сделать следующие выводы: суммарная масса оптически тонкого газа в системе составляет около 2 · 10<sup>-10</sup> *M*<sub>☉</sub>, а полная масса оболочки должна быть в несколько раз больше; наклон плоскости орбиты двойной системы к плоскости Галактики равен 4° или 18°.

1. Введение. Затменная двойная RY Per (HD 17034,  $\alpha_{2000} = 02^{h}45^{m}42^{s}.1$ ,  $\delta_{2000} = +48^{\circ}08'37''$ ) была открыта в 1906г. Церасской [1]. Затем исследовалась многими авторами с целью уточнения фотометрических элементов. Первые фотоэлектрические наблюдения были опубликованы Поппером и Дюмоном [2]. По ним были получены параметры системы [3]. Было показано, что менее массивная компонента относится к субгигантам и заполняет свою полость Роша, а более массивная компонента является звездой главной последовательности.

Спектроскопические исследования впервые провел Хилтнер [4]. Он выявил различия между радиальными скоростями, определенными по линиям водорода и гелия. Спектральные исследования системы были продолжены Поппером [5]. RY Per не является заурядной алголеподобной системой, так как спектральный класс массивной компоненты более ранний, чем обычно у таких звезд (B3 V).

Линейная поляризация RY Per ранее изучалась Н.М.Шаховским в интегральном свете [6]. Эти наблюдения показали сильные изменения параметров поляризации в главном минимуме блеска (затмении), свидетельствующие о наличии в системе протяженной несферической газовой оболочки. Анализ наблюдений позволил оценить общую массу оболочки (~ $3 \cdot 10^{-10} M_{\odot}$ ) и скорость потери массы горячей звездой (~ $5 \cdot 10^{-7} M_{\odot}$ /год) [7].

В данной работе проведены результаты многоцветных фотометрических

и поляриметрических исследований поведения RY Per в 2001-2003гг. Целью работы является детальное изучение поведения линейной поляризации в различных состояниях блеска системы.

Новые наблюдения RY Рег были проведены на 125-см телескопе





АЗТ-11 с пятиканальным *UBVRI* фотометром-поляриметром [8] в течение 34 ночей. По сравнению с наблюдениями 1961г., эти наблюдения дают существенно более высокую точность измерения линейной поляризации и позволяют изучать спектральную зависимость ее параметров. Одновременно с поляризационными наблюдениями проводилась *UBVRI* фотометрия. В качестве звезды сравнения использовалась звезда с координатами  $\alpha_{2000} = 02^{h}44^{m}58^{s}$ ,  $\delta_{2000} = +48^{\circ}09'20''$ , для которой нами были получены величины *UBVRI*, равные соответственно 11<sup>m</sup>.40, 11<sup>m</sup>.23, 10<sup>m</sup>.56, 10<sup>m</sup>.00, 9<sup>m</sup>.65, определенные привязкой к фотометрическим стандартам в системе Джонсона. Для учета инструментальной составляющей поляризации проводились регулярные измерения стандартов с большой и малой поляризацией.

Рис.1 показывает кривую блеска RY Per. Как и следовало ожидать, амплитуда изменения блеска существенно зависит от длины волны, падая от 2<sup>m</sup>.6 в полосах U и B до 1<sup>m</sup>.14 в I.

2. Анализ поляризационных наблюдений. Результаты наблюдений поляризации даны в табл. la, b. В них показаны средние значения степени поляризации *P* и фазового угла *PA* с их ошибками в пяти цветах для различных фаз. Данные табл. la, b и рис.2 показывают, что существенные изменения наблюдаемых параметров поляризации происходят только в фазах, соответствующих главному минимуму блеска. Причиной этих изменений, очевидно, является эффект контраста - вклад рассеянного газовой оболочкой поляризованного излучения резко возрастает при ослаблении видимой яркости звезды. В фазах максимального блеска дисперсия измеренных параметров поляризации во всех цветах в основном соответствует их ошибкам.

Наблюдаемая поляризация RY Рег является векторной суммой собственной и постоянной межзвездной поляризации. Считая, что изменения наблюдаемых параметров Стокса  $P_X(ij)$ ,  $P_Y(ij)$  полностью объясняются эффектом контраста, для всех моментов наблюдений *i* и всех цветов *j*, можно записать следующие соотношения:

$$P_{\chi}(ij) = P_{\chi}(j) + P_{\chi}(ij) = P_{\chi}(j) + P_{\chi_0}^*(j)/L(ij)$$
(1)

$$P_{Y}(ij) = P_{Y}(j) + P_{Y}^{*}(ij) = P_{Y}(j) + P_{Y0}(j)/L(ij), \qquad (2)$$

где  $P_X$ ,  $P_Y$  - наблюдаемые параметры;  $P'_X$ ,  $P'_Y$  и  $P'_X$ ,  $P'_Y$  - соответственно параметры межзвездной и собственной поляризации;  $P'_{X0}$ ,  $P'_{Y0}$  - средние значения собственной поляризации вне затмения; L(ij) - относительная светимость звезды для *i*-го момента и *j*-го цвета. Значения L(ij) можно получить из средних кривых блеска для каждого цвета. Следовательно, для каждого фильтра мы имеем системы линейных уравнений (1)-(2), из которых методом наименьших квадратов легко

×	
0	1
H	
T	
-	
0	
H	
H.	
A	
1	
4	
V	
-	
-	
7	
0	
1	
5	
~	
Ē	
0	
9	
2	
-	
I	
-	
2	

Tabauua la

	0 P	0.05	0.03	0.05	0.06	50.0		70.0		500		000	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.0	0.00	0.0	8.0			0.0	0.06	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0		0.0	0.05	0.04	0.04	0.04	0.21	0.03	0.04	0.03	0.04	20.0	0.03
	P. %	0.11	0.11	0.36	0.20	0.27	45.0	0.22	0.20	25.0	25.0	20.07	0.22	0.17	0.31	0.22	0.26	0.21	0.22	0.40	75.0	202.0	0.00	40.0	0.27	0.13	0.31	0.22	0.25	0.33	67 0	0.10	0.25	0.27	0.23	0.23	0.32	0.39	0.40	0.28	0.37	0.42	0.21
	aP	0.04	50.0	0.04	0.05	0.02	50.0	0.02	0.02	0.0	50.0		0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.04	0.0	0.04	50.0	40°0	50.0	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03	50.0	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.15	0.03	0.03	0.02	0.03		0.03
	P. %	0.15	0 19	0.39	0.32	0.34	0.40	0.35	0.34	0.42	0.47	0.40	0.22	0.18	0.31	0.30	0.33	0.41	0.20	0.50	0.52	0.47	0.40	10.0	0.26	0.29	0.31	0.30	0.37	0.40	07.0	0.26	0.26	0.46	0.26	0.29	0.30	0.56	0.48	0.31	0.50	10.0	0.22
	aP	0.07	0 00	0.05	0.07	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	c0.0	50.0		0.04	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	90.0	90.0	C0.0	0.05	0.05	0.04	0.06	0.04	400	50.0	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04	0.20	0.04	0.05	0.05	0.04	20.0	0.06
	P. %	0.33	0.28	0.39	0.05	0.27	0.44	0.34	0.29	0.60	0.36	0.42	0.39	0.42	0.35	0.26	0.27	0.41	0.29	0.51	0.41	16.0	0.40	t+ 0	0.29	0.17	0.32	0.26	0.30	0.34	67.0	0.13	0.28	0.34	0.27	0.27	0.27	0.68	0.43	0.38	0.44	2020	0.33
	σP	90.0	10.0	0.06	0.07	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	50.0	100	0.03	0.04	0.06	0.04	0.06	0.06	0.04	0.04	4 2	0.06	20.0	0.05	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04	50'0	0.07	0.04	0.06	0.04	0.04	0.20	0.04	5 6	0.04	0.04		0.05
	P. %	0.95	0.20	0.37	0.30	0.32	0.44	0.24	0.31	0.37	0.21	45.0	7C 0	0.30	0.24	0.21	0.25	0.32	0.48	44	0.45	0.42	0.48	22.0	0.16	0.06	0.24	0.21	0.16	0.24	67.0	0.20	0.18	0.30	0.24	0.20	0.28	0.68	0.40	0.28	10.0	02.0	0.96
	σP	0.13	0.13	0.12	0.08	0.05	0.08	0.04	0.04	0.09	0.08	40.0	0.00	0.05	0.08	0.09	0.06	0.07	0.09	0.08	0.08	0.06	0.08	cn.0	0.06	0.06	0.08	0.09	0.06	0.06	10.0	0.10	0.07	0.06	0.08	0.06	0.19	0.05	0.02	0.05	10.0		0.11
	P, %	1.14	0.96	0.32	0.18	0.35	0.49	0.30	0.26	0.46	0.38	0.40	0.40	0.30	0.30	0.36	0.41	0.46	0.45	0.24	0.43	0.33	0.26	0.19	0.29	0.21	0.30	0.36	0.28	0.23	07.0	0.23	0.33	0.34	0.27	0.31	0.21	0.74	0.48	0.32	0.37	0.27	1.18
<b>Data</b>		0.0045	0.0133	0.0216	0.0263	0.0282	0.0297	0.0611	0.0721	0.0824	0.0855	0560.0	1701.0	0.1360	0.1383	0.1415	0.1554	0.1614	0.2624	0.3712	0.3747	0.3781	0.4090	0.4131	0.4318	0.4609	0.4760	0.4792	0.5019	0.5089	10/0.0	0.5969	0.6025	0.7034	0.7223	0.7513	0.8455	0.9517	11200	0.9646	0.9686	05160	0.9953
E	2452+	191.3915	184.5887	301.3258	150.3601	191.5543	301.3814	157.4623	157.5378	514.5140	514.5352	521.4637	1210.120	130.5220	597.2605	597.2822	137.5190	247.3773	124.5263	516.4963	516.5201	516.5436	530.4823	CP/5./50	7764-761	146.4789	565.2605	565.2822	517.3933	517.4408	1292.261	600.4081	600.4464	539.3671	134.5458	148.4722	595.2504	273.3920	520.5216	9065.771	280.3/16	Cach 090	191.3282

174

# ЗАТМЕННАЯ ДВОЙНАЯ RY Per

Таблица Іb

JD	Фаза	-	U		B	-	V	1	2	Ι		
2452+		PA	σΡΑ	PA	σΡΑ	PA	σΡΑ	PA	σΡΑ	PA	σ ΡΑ	
191.3915	0.0045	29.5	3.3	27.4	1.8	38.5	5.6	64.3	7.7	80.6	11.1	
184.5887	0.0133	30.2	3.8	29.8	2.1	40.5	6.1	64.1	5.1	81.8	7.3	
191.4603	0.0145	26.4	2.4	32.4	1.7	47.6	4.3	76.5	3.7	84.2	7.6	
301.3258	0.0216	52.5	10.6	73.2	4.7	87.8	3.9	94.5	2.8	100.4	3.7	
150.3601	0.0263	9.1	12	33	6.1	112.6	26.2	107.2	4.7	96.4	7.6	
191.5543	0.0282	74.1	4	73.5	2.4	82.7	3.6	95.1	2	99.1	2.8	
301.3814	0.0297	103.2	4.5	83.2	2.5	89	2.7	96.8	1.8	94	2.8	
157.4623	0.0611	104.6	3.6	102.4	3.3	102.7	2.6	104.1	1.7	102.9	2.9	
157.5378	0.0721	107.4	4.6	105.3	2.4	103	3.3	103.7	1.7	102.8	4.1	
514.5140	0.0824	103.3	5.6	104.9	3.8	104.4	2.5	102.9	2.8	102.3	3.2	
514.5352	0.0855	103.1	5.6	94.9	6.5	106.1	4.1	103.4	1.7	103.7	3.6	
521.4637	0.0950	100.3	3.1	98.2	2.5	102.7	2.2	100	2.1	102.2	3.1	
521.5127	0.1021	108.8	3.7	109.2	3.4	104.8	2.9	100.6	1.5	105.3	3.4	
130.4540	0.1261	102.7	5.5	91.1	3.7	100.4	2.7	129.8	3.2	124.7	3.5	
130.5220	0.1360	102.9	4.3	92.8	2.5	97.7	2.3	121.4	3.6	118.9	4.9	
597.2605	0.1383	97.6	7.6	99	4.8	94.1	4.1	101.3	2.1	105.5	3.8	
597.2822	0.1415	98.8	6.6	93.7	7.4	102.7	6.9	100.6	3.4	97.5	4.9	
137.5190	0.1554	104.8	4.2	97.8	4.5	103.8	4	102.6	2.7	106.1	3.4	
247.3773	0.1614	103.9	4.4	88.3	4.9	89.1	2.4	97.5	2.9	97.6	0.5	
124.5263	0.2624	113.6	5.8	95.5	3.8	103.8	5.5	118.5	5.4	115.2	7.1	
516.4963	0.3712	99.4	9.5	9/	2.8	93.7	2	93.9	2.5	80	3.3	
516.5201	0.3/4/	107.6	4.9	91	2.4	103.1	5.5	99.1	1.9	93.3	3.3	
520 4922	0.3/81	113.5	4.8	89.7	2.8	90.1	5.4 4 3	90.0	1.0	95.5	3.4	
527 2745	0.4090	02.3	0.2	94.2	3.5	102.5	4.5	95.1	2.7	102	3.0	
122 4222	0.4131	92.4	7.0	79.2	5.0	100 6	0.2	95.7	7.5	607	226	
500 2750	0.4145	100.0	6	104.0	7.9	00.3	5.3	110.2	3.9	107.5	6.4	
146 4780	0.4510	105.5	76	84.6	157	99.5	77	103.1	27	90.7	7.5	
565 2605	0.4009	97.6	7.6	04.0	4.8	96.8	37	101.3	2.7	105.5	3.8	
565 2822	0.4700	97.0	6.6	93.5	74	102.7	6.9	101.5	34	97.6	5.0	
517 3933	0.5019	90.7	6	92.6	71	99	37	102	1.8	95.4	36	
517 4408	0.5089	111.2	79	92.4	46	107 1	35	96.4	19	96.5	31	
133 5427	0 5761	104.4	79	93.5	31	100.4	48	107.5	37	1165	42	
593 4660	0 5855	100.8	35	108.8	2.9	110.5	2.8	107.7	2.5	109.6	5.2	
600.4081	0.5969	122.4	11.7	100.8	9.5	79.6	14.9	97.9	5.4	103	16.9	
600.4464	0.6025	101.9	5.6	80.3	6.4	96.7	4.5	99.6	4.2	106	5.5	
539.3671	0.7034	95	5.2	86.5	5.4	102.1	3.7	99.7	1.8	97.2	4.2	
134.5458	0.7223	105.7	7.6	85.3	5.2	94.5	4.6	99.3	3.4	96.7	4.8	
148,4722	0.7513	93.1	5.8	88.3	5.5	92	4.4	99	2.8	98.5	4.9	
595.2504	0.8455	139.1	20.8	173.1	17.4	123.3	18	121.8	13.1	122.6	16.2	
273.3920	0.9517	92.1	2.2	94.6	1.5	98.1	1.5	100.7	1.4	96.9	2.3	
520.5216	0.9577	107.2	3.9	106.2	3.2	105.4	3.5	103.9	2	105.3	2.8	
177.3906	0.9646	85.3	4.6	79.8	3.6	88.3	3.4	103.6	1.9	91.5	3.0	
280.3716	0.9686	94.2	5	86.8	2	100	2.9	96.5	1.6	101	2.7	
177.4480	0.973	72.4	12.5	63.5	3.5	76.5	5.5	98.5	2.3	94.9	4.3	
280.4282	0.9769	88.4	7.1	80.9	3.5	95.5	5.3	94.6	2.3	95.8	2.5	
191.3282	0.9953	29.5	2.6	32.8	1.5	41.8	4.7	83.4	4.2	90.8	4.4	

определить параметры как межзвездной, так и собственной поляризации вне затмения.





Рис.3 показывает зависимости наблюдаемых параметров Стокса  $P_X$ ,  $P_Y$  от обратной светимости 1/L. Из него видно, что для полос UBV эти зависимости достаточно хорошо представляются уравнениями вида (1)-(2).

## ЗАТМЕННАЯ ДВОЙНАЯ RY Per

Для полос *RI* соответствие хуже, что объясняется как меньшей амплитудой изменения блеска в этих полосах, так и меньшими величинами собственной поляризации. Отклонения отдельных точек от средних зависимостей могут быть связаны также с затмениями отдельных частей рассеивающей свет оболочки в некоторых фазах. Тем не менее, для всех цветов решение систем (1), (2) с учетом весов соответствующих точек позволяет получить достаточно определенные значения межзвездной и собственной поляризации.



Рис.3. Зависимость нормированных параметров Стокса  $P_x$ ,  $P_y$  от обратной светимости в полосах UBVRI.

177



Зная полученные таким способом параметры межзвездной поляризации

Рис.4. a, b - Зависимость параметров межзвездной поляризации от длины волны; c, d то же для собственной поляризации. На рис.4а показан ход межэвездной поляризации по закону Серковского (сплошная линия):  $P(\lambda)/P_{max} = \exp[-1.15 \cdot \ln^2(\lambda_{max}/\lambda)]$ 

(1)-(2), так и путем вычитания найденных  $P'_X$ ,  $P'_Y$  из средних значений наблюдаемых параметров вне затмения (фазы 0.1-0.9). При этом второй способ приводит к меньшим ошибкам параметров собственной поляризации. В результате мы получили приведенные в табл.2 и на рис.4 величины параметров межзвездной поляризации и собственной поляризации излучения системы RY Per вне затмения. В табл.2 даны значения параметров Стокса Р<sub>x</sub>, Р<sub>y</sub>, степени поляризации Р и фазового угла РА с их ошибками для пяти длин волн.

3. Обсуждение. Из табл.2 и рис.4 следует, что позиционные углы плоскости как межзвездной, так и собственной поляризации во всех цветах достаточно близки между собой. Это подтверждает корректность выбранной модели и достоверность полученных величин параметров поляризации каждого компонента. Спектральная зависимость степени межзвездной поляризации достаточно хорошо удовлетворяет закону Серковского [9] с параметрами  $P(\max) = 0.49 + -0.016\%$ ,  $\lambda(\max) = 0.43 + -0.02$  мкм при

Таблица	2
---------	---

λ, мкм	P <sub>x</sub> , %	$\sigma P_{\chi}$	Py, %	σΡγ	P, %	σΡ	PA, °	σΡΑ							
НАБЛЮДЕННАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ															
0.370	-0.29	0.02	-0.13	0.02	0.32	0.02	102	3							
0.440	-0.27	0.02	-0.03	0.01	0.28	0.02	92	3							
0.530	-0.33	0.02	-0.10	0.01	0.34	0.02	98	5							
0.690	-0.30	0.02	-0.13	0.01	0.33	0.03	102	8							
0.830	-0.22	0.02	-0.10	0.01	0.24	0.02	102	13							
	МЕЖЗВЕЗДНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ														
0.370	-0.42	0.03	-0.27	0.02	0.50	0.04	106	3							
0.440	-0.42	0.04	-0.21	0.02	0.47	0.04	103	3 .							
0.530	-0.43	0.03	-0.22	0.02	0.48	0.04	103	5							
0.690	-0.35	0.02	-0.22	0.01	0.42	0.03	105	8							
0.830	-0.24	0.03	-0.15	0.04	0.28	0.05	105	13							
		СОБ	CTBEHH	КОП КАІ	ІЯРИЗАЦ	Я	11.5	-							
0.370	0.13	0.03	0.14	0.03	0.19	0.04	23	3							
0.440	0.14	0.04	0.18	0.02	0.23	0.05	26	3							
0.530	0.10	0.03	0.12	0.02	0.15	0.04	25	5							
0.690	0.05	0.03	0.08	0.02	0.10	0.04	28	8							
0.830	0.03	0.03	0.05	0.04	0.06	0.05	31`	13							

среднем позиционном угле ~105°. Аналогичная зависимость собственной поляризации вне затмения показывает максимум P=0.23% в полосе *B* с быстрым падением с длиной волны. Средний по всем полосам позиционный угол собственной поляризации равен ~25°. Такой ход спектральной зависимости часто наблюдается у Ве-звезд с оболочкой заметной оптической толщи [10] и отражает зависимость коэффициента непрерывного поглощения водородной плазмы от частоты, так как доля рассеянного света возрастает при уменьшении коэффициента поглощения. Следовательно, газовую оболочку в системе RY Per нельзя считать оптически тонкой, и для оценки ее параметров необходимы детальные модельные расчеты. Основанием для подобных расчетов могут быть высокоточные спектрофотометрические наблюдения на различных фазах орбитального периода. Без этих данных мы можем только оценить суммарную массу внешней части оболочки, которую будем считать оптически тонкой.

Для оценки массы оптически тонкого газа (*M<sub>sh</sub>*) в системе RY Per, можно использовать выведенную в [7] формулу:

$$M_{SH} = \frac{\pi m(H) R^{*2} P^*}{\sigma W P_0}, \qquad (3)$$

где  $m(H) = 1.67 \cdot 10^{-24}$  г - масса атома водорода;  $\sigma = 0.67 \cdot 10^{-24}$  см<sup>2</sup> - сечение электронного рассеяния;  $R^{\circ}$  - радиус яркого компонента системы; W -

# Н.М.ШАХОВСКОЙ, К.А.АНТОНЮК

коэффициент дилюции излучения в оболочке;  $P^*$  - степень поляризации собственного излучения системы вне затмения;  $P_0$  - степень поляризации рассеянного оболочкой излучения. В [6] найдено, что для плоского кольца, лежащего в плоскости орбиты и достаточно удаленного от звезды,

$$P_0 = \sin^2 i / (2 + \sin^2 i), \tag{4}$$

где *i* - угол наклона плоскости орбиты к картинной плоскости. При наклоне близком к 90° формула (4) дает  $P_0 = 1/3 = 33\%$ . Учитывая конечную геометрическую толщину рассеивающей оболочки и не слишком большое ее удаление от звезды, мы приняли несколько меньшее значение  $P_0 = 25\%$ . Для оценки коэффициента дилюции мы полагаем, что оптически тонкая часть оболочки расположена во внешней части полости Роша главного компонента. Тогда, используя абсолютные размеры системы из работ [3,11], мы имеем:

$$R^* = 2.37 \cdot 10^{11} \,\mathrm{cm}, \quad R_{of} = 1.22 \cdot 10^{12} \,\mathrm{cm}, \quad W = \left(R^*/2 \,R_{OE}\right)^2 = 0.01 \,.$$
 (5)

Подставляя соответствующие данные в формулу (3), получаем:

$$M_{SH} = 4.04 \cdot 10^{23} \,\mathrm{r} = 2 \cdot 10^{-10} \,M_{\odot} \,. \tag{6}$$

Зная позиционный угол собственной поляризации RY Per, можно найти пространственную ориентацию плоскости орбиты системы и ее наклон к плоскости Галактики. Позиционный угол плоскости колебаний рассеянного излучения ортогонален к плоскости рассеяния. Следовательно, положение линии узлов орбиты в картинной плоскости будет равно  $PA^* + 90 = 115^\circ$  в экваториальной системе или 88°.6 в галактической системе координат. Тогда для угла наклона  $\chi$  плоскости орбиты к плоскости Галактики имеем формулу [7]:

 $\cos \chi = \sin b \cdot \cos i \pm \cos b \cdot \sin i \cdot \cos PA , \qquad (7)$ 

где b - галактическая широта звезды; i - наклонность орбиты, а PA - позиционный угол линии узлов в галактической системе. Подставив в (7)  $b = -10^{\circ}.9$ ,  $i = 83^{\circ}$ ,  $PA = 88^{\circ}.6$ , получаем 2 значения  $\chi$ , равные 4°.1 и 17°.9. Двузначность  $\chi$  связана с неопределенностью знака i. Но для обоих значений  $\chi$  наклон орбиты к галактической плоскости относительно невелик.

Принятая за основу при анализе поляризационных наблюдений модель однородной плоской газовой оболочки, существенно превышающей размеры компонент системы, является достаточно грубой. Реальная оболочка может иметь достаточно сложную структуру, влияние которой прослеживается в наших наблюдениях. Это влияние наиболее сильно проявляется во время частных фаз в начале и конце затмения В-звезды. Именно точки, соответствующие началу и концу затмения, наиболее сильно отклоняются от средних зависимостей на рис.3 в полосах UBV.

180

Эти отклонения можно объяснить влиянием наиболее плотной части оболочки вокрут В-звезды. Эта часть оболочки может быть газовым диском или потоком, окружающим горячую звезду. При наклонности  $83^\circ$ , частные затмения этого кольца нарушают симметрию видимой части рассеивающего вещества относительно плоскости орбиты и соответственно изменяют положение плоскости собственной поляризации. Это и приводит к отклонениям точек, полученных в частных фазах затмения, от средних зависимостей между наблюдаемыми параметрами Стокса  $P_X$ ,  $P_Y$  и обратной светимостью 1/L.

4. Выводы. Анализ пятицветных поляризационных наблюдений затменной двойной системы RY Per дал возможность сделать следующие выводы:

1. Изменения параметров линейной поляризации во время затмения, вызванные увеличением доли рассеянного газовой оболочкой света, позволили разделить межзвездную и собственную составляющие наблюдаемой поляризации.

2. Степень собственной поляризации системы вне затмения достигает максимума (0.23%) в полосе *В* и быстро уменьшается с ростом длины волны. Такая спектральная зависимость величины поляризации сходна с наблюдаемой у Ве-звезд с оптически толстыми оболочками и свидетельствует о наличии в системе оптически толстого газа.

3. Суммарная масса оптически тонкого газа в системе RY Per составляет около  $2 \cdot 10^{-10} M_{\odot}$ , а полная масса оболочки должна быть в несколько раз больше.

4. Наклон плоскости орбиты двойной системы к плоскости Галактики равен 4° или 18°.

Крымская астрофизическая обсерватория, Украина, e-mail: antoniuk@crao.crimea.ua

# UBVRI PHOTOMETRY AND POLARIMETRY OF ECLIPSING BINARY RY PER

#### N.M.SHAKHOVSKOY, K.A.ANTONYUK

Results of multicolor photometrical and polarimetrical investigations of the RY Per eclipsing binary behavior during 2001-2003 are presented. Light curves in *UBVRI* bands are shown. An analysis of linear polarization changes

### Н.М.ШАХОВСКОЙ, К.А.АНТОНЮК

was done allowing the decomposition of observed polarization into interstellar and intrinsic components. It is shown that intrinsic polarization degree of this system out of eclipse reaches its maximum (0.23%) in band *B* and rapidly decreases to longer wavelength. Such dependence indicates the presence of optically thick gas in the system. The analysis of the polarimetrical data permitted us to make the following conclusions: the total mass of optically thin gas in the system is about  $2 \cdot 10^{-10} M_{\odot}$ , and full mass of the envelope must be higher a few times; the orbital plane inclination of the binary system to the Galactic plane is 4° or 18°.

Key words: (stars).eclipsing - stars:individual:RY Per

# ЛИТЕРАТУРА

- 1. W.Ceraski, Mosc. Ann (2), 5, 3, 1913.
- 2. D.M. Popper, P.J. Dumont, Astron. J., 82, 216, 1977.
- 3. W. Van Hamme, R.E. Wilson, Astron. J., 92, 1168, 1986.
- 4. W.A. Hiltner, Astrophys. J., 104, 396, 1946.
- 5. D.M. Popper, Astrophys. J. Suppl. Ser., 71, 595, 1989.
- 6. Н.М.Шаховской, Канд. дис., ГАИШ, М., 1965.
- 7. Н.М.Шаховской, Астрон. ж., 41, 1042, 1964.
- 8. T.Korhonen, V.Piirola, ESO Messenger, 1984.
- 9. K.Serkovsky, D.S.Mathewson, V.L.Ford, Astrophys. J., 196, 261, 1975.
- 10. G.V.Coyne, Ricerche Astron. Specola Vaticana, 8, 201, 1971.
- 11. C.O.Edward, J.P.Marek, Astron. J., 113, 1, 425, 1997.