

УДК 524.338.3—655

Поляризация излучения СН Лебеда в спокойном и активном состояниях

М. Г. Родригес

Поляризация излучения СН Cyg в спокойном состоянии (1974—1976 гг.) характеризуется значительным подъемом степени поляризации в коротковолновой области спектра, типичным для многих холодных гигантов. В активном состоянии (осень 1984 г., стадия затухания вспышки) степень поляризации уменьшилась, особенно заметно — в коротковолновой области. Это может быть следствием деполяризирующего влияния эмиссионных линий, а также может свидетельствовать о том, что за поляризацию излучения в спокойном состоянии и во время вспышки ответственны различные компоненты системы СН Cyg.

POLARIZATION IN CH CYGNI IN QUIET AND ACTIVE PHASES, by Rodriguez M. H. — Wavelength dependence of the degree of polarization in CH Cyg during its quiescence period (in the years of 1974 and 1976) was characterized by a significant rise in the ultraviolet, which is typical of many cool giants. In active state (the autumn of 1984, fading of an outburst) the degree of polarization decreased in all wavelengths, especially in ultraviolet. This might be a result of depolarizing effect of emission lines, and indicates that polarization in quiet and active periods originates in different components of the CH Cyg system.

СН Cyg — одна из наиболее интересных симбиотических звезд, она обладает рядом уникальных особенностей, которые выделяют ее среди других звезд этого типа (см., например, [11]). Интенсивные спектральные и фотометрические наблюдения звезды, начавшиеся после вспышки 1977 г., обнаружили сложное поведение всех компонентов симбиотического спектра — голубого континуума, эмиссионных и абсорбционных линий [4—6, 10]. Наблюдаемые явления первоначально объясняли вспышками одиночной звезды, и феномен СН Cyg рассматривали как переход звезды от стадии красного гиганта к стадии планетарной туманности [8, 9]. В настоящее время большинство исследователей склонны считать СН Cyg двойной системой, состоящей из холодного гиганта и горячего субкарлика или карлика, окруженного диском, в котором и происходят вспышки [3, 17], хотя убедительных наблюдательных свидетельств двойственности СН Cyg до сих пор нет [13, с. 209].

Поляриметрических наблюдений СН Cyg выполнено очень мало. Пиирола [14, 15] провел измерения в 1977—1981 гг. во время последнего периода активности звезды, Тапиа [16] определил параметры линейной поляризации за две ночи (сентябрь 1977 г. и июль 1978 г.) в шести широкополосных фильтрах, Т. Н. Худякова [7] опубликовала наблюдения в ближней ИК-области (полосы *R* и *I*), охватывающие период с 1975 по 1985 г.

Мы начали поляризационные наблюдения СН Cyg в 1974 г. и продолжили их в 1976 г. Эти периоды приходятся на фазу спокойного состояния звезды между двумя вспышками. Линейная поляризация измерялась с помощью фотоэлектрического поляриметра [2] на 70-см рефлекторе ГАО АН УССР в Киеве (1974 г.) и на 60-см рефлекторе Цейса Среднеазиатской экспедиции ГАО АН УССР на горе Майданак (1976 г.). Следующий период наблюдений приходится на 1984 г., когда вспышка, начавшаяся в 1977 г., находилась в стадии затухания. В это время визуальный блеск звезды уменьшился по сравнению с максимальным на $\Delta V \approx 1.5^m$, показатели цвета $U-B$ и $B-V$ увеличились [12], а в спектре уменьшились интенсивности эмиссионных линий

нионизованных металлов, усилились и появились новые запрещенные линии [Fe II], появились слабые линии [O III] и [N III], ослабел голубой континуум [4, 12]. Для наблюдений в этот период использовался изготовленный в ГАО АН УССР спектрополяриметр [1], установленный на 60-см рефлекторе Цейса ИКИ АН СССР на Симеизской станции Астрономического совета АН СССР. Применялись следующие широкополосные фильтры (указаны эффективные длины волн и ширины на половине максимальной интенсивности, нм): 1974 г.— 410 (70), 510 (100), 590 (75), 770 (65); 1976 г.— 410 (70), 440 (100), 550 (80), 670 (60); 1984 г.— 440 (100), 580 (130), 700 (110). Все наблюдения исправлены за инструментальную поляризацию, которая определялась для каждого периода по звездам с нулевой поляризацией.

В таблице приведены средние за ночь значения параметров линейной поляризации. Средние квадратичные ошибки степени поляризации рассчитывались по статистике счета импульсов. Средние квадратичные ошибки позиционного угла составляли 1—2° в 1974 и 1976 гг.; в 1984 г. они были больше: от 3 до 15° в синем, 2—5° в желтом и красном фильтрах.

Параметры линейной поляризации СН Суг

СТ, 1974	410 нм			510 нм			590 нм			770 нм		
	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$
Окт. 12.88	1.18	0.06	97	0.63	0.05	79	0.54	0.05	70	0.49	0.03	69
14.83	1.19	0.05	97	0.73	0.04	80	0.60	0.05	70	0.49	0.04	73
17.88	1.30	0.07	96	0.81	0.04	84	0.59	0.04	76	0.53	0.03	78
Нояб. 14.71	1.42	0.03		0.73	0.05		0.41	0.04		0.52	0.02	
30.67	1.23	0.05	84	0.83	0.05	80	0.55	0.05	74	0.39	0.02	76
Дек. 01.63	1.26	0.07	89									

СТ, 1976	410 нм			440 нм			550 нм			670 нм		
	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$
Сент. 22.88	1.69	0.09	83	1.45	0.06	79	0.68	0.05	85	0.56	0.03	84
23.88	1.98	0.07	84	1.63	0.06	82	0.77	0.05	87	0.53	0.02	85
25.79	1.72	0.07	83	1.52	0.06	82	0.80	0.04	82	0.53	0.03	87
26.79	1.63	0.07	83	1.54	0.05	78	0.84	0.05	81	0.50	0.03	81
27.79	1.67	0.07	84							0.51	0.03	86
30.79	1.73	0.06	85				0.90	0.04	83	0.40	0.03	88
Окт. 01.75	1.77	0.07	84									
02.79	1.59	0.05	86	1.38	0.05	81	0.77	0.04	83	0.46	0.02	84
07.83	1.52	0.05	86				0.83	0.05	80	0.49	0.02	84
10.83	1.23	0.04	85				0.72	0.03	80	0.52	0.02	83

СТ, 1984	440 нм			580 нм			700 нм		
	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$	$P, \%$	$\sigma_P, \%$	$\theta, \text{град}$
Сент. 22.98	0.16	0.07		0.32	0.04	92	0.18	0.04	93
24.00	0.41	0.05	89	0.23	0.04	83	0.21	0.04	88
25.03	0.32	0.05	71	0.36	0.04	96	0.31	0.05	96
26.01	0.13	0.07	104	0.21	0.04	87	0.23	0.03	94
29.97	0.33	0.06	82	0.22	0.04	93			
30.98	0.51	0.05	84	0.34	0.03	88	0.26	0.03	84
Окт. 02.00	0.35	0.05	99	0.23	0.04	94	0.17	0.04	88
02.87	0.24	0.04	108	0.19	0.03	98	0.22	0.03	86
05.90				0.27	0.03	98			
06.88	0.10	0.05	117	0.20	0.02	98	0.21	0.02	95
07.85	0.32	0.06	90	0.30	0.02	94			
08.89				0.23	0.04	97			

В течение всего периода наблюдений 1974 г. параметры поляризации существенно не изменились. Резкое увеличение степени поляризации в коротковолновой области спектра и изменение с длиной волны позиционного угла плоскости поляризации характерны для многих холодных звезд высокой светимости и свидетельствуют о существовании асимметричной околозвездной оболочки вокруг SN Cyg . Как уже отмечалось в [7, 14], межзвездная поляризация у SN Cyg должна быть незначительной, так как расстояние до нее составляет 330 пк, а избыток цвета E_{B-V} не превышает 0.07^m.

Характер зависимости степени поляризации от длины волны в 1976 г. оставался таким же, что и в 1974 г., но в коротковолновой области степень поляризации выше;

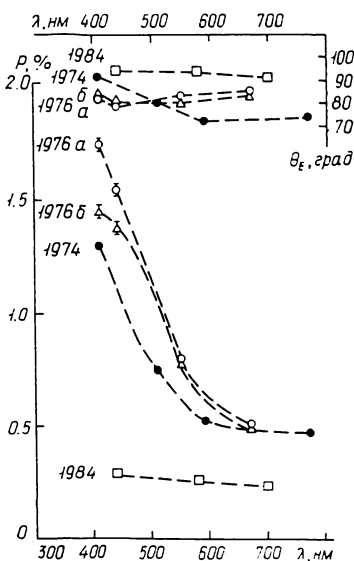


Рис. 1. Спектральная зависимость степени поляризации P и позиционного угла θ для различных наблюдательных периодов. Средние квадратичные ошибки показаны вертикальными черточками там, где они превышают размеры соответствующих условных обозначений. 1976а — сентябрь 1976 г., 1976б — октябрь 1976 г.

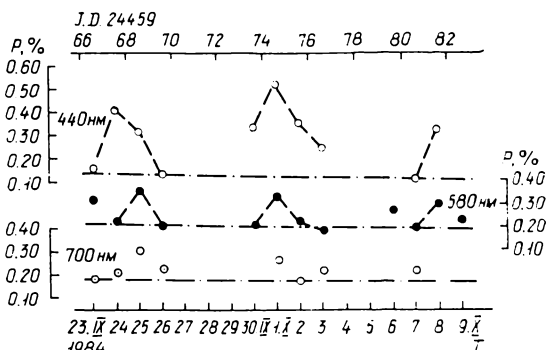


Рис. 2. Изменения степени поляризации в течение сентября — октября 1984 г.

поворота плоскости поляризации нет, значение позиционного угла отличается от его значения в 1974 г. Из таблицы видно, что после 1 октября 1976 г. произошло уменьшение степени поляризации во всех фильтрах. Особенно это заметно в коротковолновой области. На рис. 1 показаны средние значения P и θ для обоих периодов — до и после 1 октября. Наблюдения Худяковой [7] позволяют продлить кривую степени поляризации в ближнюю ИК-область для фазы спокойного состояния звезды (совпадение наших данных для общей точки 700 нм очень хорошее). Получается, что во всем интервале от 600 до 900 нм степень поляризации была в то время на уровне 0.5 %.

В сезоны наблюдений 1974 и 1976 гг. параллельно с поляриметрией проводилось фотометрирование SN Cyg . Блеск определялся в тех же фильтрах, звездой сравнения была HD 182 691. Сопоставление поляризационных и фотометрических характеристик показывает, что степень поляризации оказывается выше, когда кривая распределения энергии более крутая (в 1976 г. по сравнению с 1974 г.). Следовательно, изменение крутизны распределения энергии можно объяснить покраснением, вызываемым околозвездной оболочкой. Однако подобная корреляция не всегда наблюдается, особенно на коротких временных интервалах. Когда в течение сентября — октября 1976 г. произошло изменение степени поляризации, блеск звезды в том же спектральном интервале оставался постоянным с точностью до 0.01^m. С другой стороны, изменения блеска, отмечавшиеся на протяжении полутора месяцев в 1974 г., не сопровождалась заметными изменениями степени поляризации.

Совершенно иной характер имеет поляризация излучения во время вспышки. По данным Пииролы [14, 15] и Тапиа [16], охватывающим начальный период вспышки, степень поляризации изменялась в довольно больших пределах — от 0.04 до 0.7 % в красной и ближней ИК-областях спектра и от 0.3 до 2.0 % в УФ-области. В среднем она была ниже, чем в спокойном состоянии звезды, и это может быть обусловлено прежде всего деполяризующим влиянием многочисленных эмиссионных линий, вносящих существенный вклад в общий поток излучения звезды. Изменился и позиционный угол. По нашим данным в период затухания вспышки (осень 1984 г.) степень поляризации стала еще ниже, нет наблюдавшегося ранее увеличения ее в УФ-области, она также переменна. Позиционный угол практически не изменяется с длиной волны (рис. 1). На рис. 2 штриховыми линиями показаны изменения степени поляризации, имеющие статистическую достоверность более 0.95 по *t*-критерию Стьюдента. Если через точки, соответствующие минимальным значениям степени поляризации, провести прямые линии, то они оказываются параллельными. Можно предположить, что определяемый им уровень соответствует медленно изменяющейся основной, постоянно присутствующей составляющей поляризации излучения звезды, которая в рассматриваемый период постоянно уменьшалась и на которую накладывается быстропеременная составляющая.

Значительное уменьшение степени поляризации в УФ-области осенью 1984 г. по сравнению с 1977—1979 гг. должно быть связано с ослаблением голубого континуума. Это подтверждает отмеченную в [14] корреляцию между наблюдаемыми УФ-поток и УФ-поляризацией и согласуется с представлением о том, что значительная часть поляризации в активном состоянии звезды обусловлена дополнительным горячим источником. Но из этого также следует, что за поляризацию излучения в спокойном состоянии и во время вспышки ответственны различные компоненты системы Сн Суг.

1. Бугаенко Л. А., Бугаенко О. И., Гуральчук А. Л. и др. Астрономический спектрофотополариметр. I, II, III // Фотометрические и полариметрические исследования небесных тел.— Киев: Наук. думка, 1985.— С. 160—178.
2. Бугаенко Л. А., Бугаенко О. И., Кругов В. Д. и др. Электрофотометр слабых потоков // Астрометрия и астрофизика.— 1968.— Вып. 1.— С. 193—210.
3. Лууд Л., Томов Т. О модели Сн Лебеда // Письма в Астрон. журн.— 1984.— 10, № 11.— С. 860—867.
4. Родригес М. Г. Спектральные наблюдения Сн Лебеда. I. Общее описание спектра. Голубой континуум в 1978—1982 гг. // Кинематика и физика небес. тел.— 1986.— 2, № 5.— С. 25—28.
5. Родригес М. Г. Спектральные наблюдения Сн Лебеда. II. Эмиссионные линии в 1978—1982 гг. // Там же.— 2, № 6.— С. 77—82.
6. Родригес М. Г. Спектральные наблюдения Сн Лебеда. III. Спектр поглощения оболочки в 1981—1982 гг. // Там же.— 1987.— 3, № 1.— С. 21—24.
7. Худякова Т. Н. Поляризационные наблюдения Сн Лебеда // Астрофизика.— 1987.— 26, вып. 1.— С. 153—155.
8. Deutsch A. J., Lowen L., Morris S. C., Wallerstein G. The spectrum of Сн Cyg from 1961 to 1973 // Pubs Astron. Soc. Pacif.— 1974.— 86, N 511—P.233—236.
9. Hack M., Rusconi L., Sedmak G. et al. Radial velocities of Сн Cygni during the outburst started in 1977 // Astron. and Astrophys.— 1982.— 113, N 2.— P. 250—260.
10. Hack M., Rusconi L., Sedmak G. et al. Сн Cygni: The outburst of 1977—1985 // Ibid.— 1986.— 159, N 1.— P. 117—128.
11. Kenyon S. J., Webbink R. F. The nature of symbiotic stars // III. Astron.— 1983.— N 83—10.— 114 p.
12. Mikolajewski M., Tomov T. Сн Cygni — one year after the drop in brightness // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.— 1986.— 219, N 1.— P. 13P—18P.
13. Nussbaumer H., Stencel R. E. Symbiotic stars // Scientific Accomplishments of the IUE / Ed. by Y. Kondo.— Dordrecht: Reidel, 1987.— p. 203—222.
14. Piirola V. Variable intrinsic polarization in the peculiar star Сн Cygni // Proc. III Finnish—Soviet Astron. Symp.: Astrophys. Lab. Univ. Helsinki, Report 2/1981.— p. 127—132.

Окончание см. на с. 89.

Окончание. Начало с. 80.

15. *Pirola V.* Polarimetry of symbiotic stars // Cataclysmic variables and related objects: Proc. IAU Colloq. N 72.— 1983.— P. 211—216.
16. *Tapia S.* CH Cygni / IAU Circ.— 1978.— N 3243.— P. 2.
17. *Yamashita Y., Maehara H.* A binary model for CH Cygni // Publs Astron. Soc. Jap.— 1979.— 31, N 2.— P. 307—316.

Глав. астроном. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию 11.11.87,
после доработки 18.12.87