

УДК 524.338.3—355—56

Спектральные наблюдения СН Лебеда.

I. Общее описание спектра. Голубой континуум в 1978—1982 гг.

М. Г. Родригес

Описаны изменения, наблюдавшиеся в спектре симбиотической звезды СН Лебеда в 1974—1985 гг. Оценена цветовая температура вуалирующего излучения (5500 К) и отмечен рост его интенсивности на протяжении 1978—1982 гг.

SPECTRAL OBSERVATIONS OF CH CYGNI. I. GENERAL DESCRIPTION OF THE SPECTRUM. BLUE CONTINUUM FROM 1978 TO 1982, by Rodriguez M. H.— Changes observed in the spectrum of symbiotic star CH Cygni over the years 1974—1985 are described. Colour temperature of the veiling radiation is found to be the same in 1978—1982 (5500 K), but its intensity increased in the course of this period.

Спектральные изменения у звезды СН Лебеда впервые были обнаружены Дейчем в сентябре 1963 г. [3, с. 11], когда в нормальном до того спектре М6 III появились сильные эмиссионные линии H, Ca II, [Fe II] и интенсивный континуум, простиравшийся далеко в УФ-область. В августе 1965 г. спектр снова был нормальным [6]. Впоследствии симбиотические характеристики наблюдались с июня 1967 до конца 1970 г. [5]. Наконец, последний период активности начался в мае 1977 г.—блеск звезды возрос примерно на 0.7^m . В спектре появился голубой континуум, а затем — эмиссионные линии. Эта вспышка оказалась наиболее продолжительной. Лишь к концу 1985 г. у звезды восстановился фотосферный спектр поглощения (М6), но все еще оставались некоторые эмиссионные запрещенные линии и бальмеровская серия.

Наблюдательный материал. Спектральные наблюдения СН Лебеда начаты в августе 1974 г. на 70-см рефлекторе ГАО АН УССР со спектрографом UAGS. До конца 1985 г. получено 260 спектрограмм, охватывающих область длин волн 315—880 нм, и 40 спектрограмм только с линией H_{α} (фотопластинки Kodak 103a-O, 103a-F, IN). Дисперсия спектрограмм: $168 \cdot 10^{-7}$, $86 \cdot 10^{-7}$ и $44 \cdot 10^{-7}$. Щель спектрографа выбиралась так, чтобы на пластинке ее ширина составляла 0.025 мм. Спектрограммы фотометрировались на регистрирующем микрофотометре в интенсивностях. Полученный наблюдательный материал представлен в табл. 1.

Общее описание спектра. В 1974 г. получены четыре спектрограммы (*J. D.* 2 442 275—2 442 277). К тому времени прошло более трех лет после окончания предыдущего активного периода (в конце 1970 г. звезда уже имела нормальный спектр М6 III, оставались лишь слабые эмиссии в линиях H_{α} и H_{β} [6]). Однако на наших спектрограммах ($\lambda\lambda$ 380—680 нм) в спектре М6 III без каких-либо следов голубого континуума видно несколько эмиссионных линий. В табл. 2 приведены их лабораторные длины волн, отождествление и интенсивности в единицах интенсивности непрерывного спектра. Как водородные линии, так и запрещенные линии O I 1F, S II 1F обычно наблюдаются у СН Лебеда в периоды вспышек, линия 500.7 нм O III 1F появилась лишь однажды (в 1968 г.), линию 386.9 нм Ne III 1F до этого вообще не наблюдали. Другие линии мультиплета O III 1F, кроме λ 500.7 нм, не видны, хотя λ 495.9 нм трудно было бы обнаружить в очень резком скачке интенсивности в канте полосы 495.7 нм TiO α (1, 0). Линия 436.3 нм над уровнем шумов не обнаруживается.

Таким образом, с учетом шумов фотопластинки можно оценить отношение интенсивностей авроральной и небулярных линий иона O III: $I_{436.3}/(I_{500.7} + I_{495.9}) < 0.06$. У обычных симбиотических звезд это отношение примерно равно 0.3 [1, с. 151], у планетарных туманностей — порядка 0.01 [2, с. 527].

В 1975—1976 гг. (*J. D.* 2 442 687—2 442 733 и 2 442 904—2 443 036) никаких симбиотических характеристик в спектре не отмечалось.

Наблюдения звезды после вспышки в мае 1977 г. мы начали в октябре 1978 г. (*J. D.* 2 443 797). На первых спектрограммах атомные линии поглощения завуалированы голубым континуумом и не видны, за исключением очень неглубоких линий 422.7 нм Ca I, H и K Ca II; полосы поглощения TiO сильно ослаблены. Интенсивны

многочисленные эмиссионные линии H, He I, [O I], Mg I, Mg II, Al II, Si II, [S II], Ca II, Sc II, Ti II, V II, Cr II, Mn II, Fe II, [Fe II]. У наиболее интенсивных эмиссий, как и у высоких членов серии Бальмера, видны слабые абсорбционные компоненты с длинноволновой стороны. На фотосферные линии H и K Ca II накладываются линии околосветной оболочки с профилями Р Лебеда. Слабые линии поглощения D₁ и D₂ Na I также, по-видимому, принадлежат оболочке, так как межзвездные D-линии в спектре CN Лебеда отсутствуют [5].

Таблица 1. Наблюдательный материал

Период наблюдений		Количество спектрограмм	Спектральный интервал, нм	Обратная линейная дисперсия, ×10 ³	Период наблюдений		Количество спектрограмм	Спектральный интервал, нм	Обратная линейная дисперсия, ×10 ³
Год	J. D. (2 440 000+)				Год	J. D. (2 440 000+)			
1974	2275—2277	2	395—680	168	1983	5511—5519	2	400—680	86
		2	600—680	168			11	320—500	86
1975	2687—2733	4	720—880	168	5642—5698	1	380—500	86	
		11	395—680	168		2	320—400	86	
		6	600—680	168		1	500—680	44	
1976	2904—3036	3	720—880	168	1984	5836—5837	2	500—680	44
		7	395—680	168			5	360—500	44
		3	600—680	168			2	320—400	44
1978	3797—3868	3	720—880	168	5911—5947	4	600—660	44	
		8	370—680	168		25	360—500	44	
		2	330—660	168		4	320—470	44	
		8	370—680	86		4	320—470	44	
1979	3978—4181	41	360—680	86	6036—6040	4	320—470	44	
		30	320—500	86		12	400—500	44	
1981	4878—4907	7	370—680	86	1985	6259—6291	3	390—680	168
		8	320—500	86			1	380—500	168
1982	5157—5210	5	370—680	86	2	400—680	86		
		16	320—500	86	5	380—500	86		

Таблица 2. Эмиссионные линии в спектре звезды в 1974 г.

Длина волны, нм	Отождествление	Интенсивность
656.282	H _α	1.74
630.023	O I 1F	1.18
500.684	O III 1F	1.45:
486.133	H _β	2.18:
434.047	H _γ	1.19
406.862	S II 1F	1.33
386.874	Ne III 1F	1.62:

Таблица 3. Параметры вуалирующего излучения

Наблюдательный сезон, год	T _{col} , K	α ₈₈₀
1978—1979	5500±250	1.20
1981	5500±500	1.65
1982	5500±500	1.90

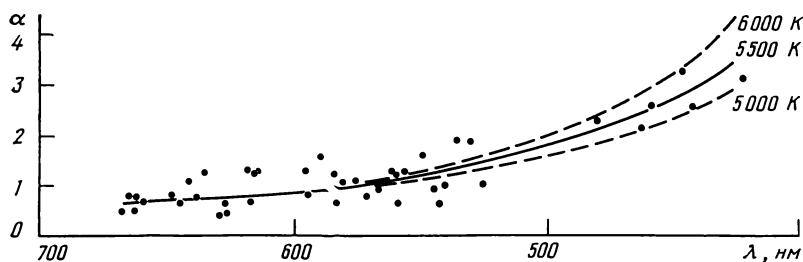
До мая 1979 г. спектр, по нашим спектрограммам, не претерпел заметных изменений. Но на спектрограмме, полученной 16 мая (J. D. 2 444 010), существенно усилились абсорбционные компоненты у высоких членов серии Бальмера и хорошо видно несколько слабых линий поглощения (главным образом Ti II) в области длин волн короче 350 нм. (На спектрограммах J. D. 2 444 000 и 2 444 008 эти изменения в спектре еще не заметны). К концу года спектр поглощения оболочки несколько усилился — увеличилось количество уверенно отождествленных линий Ti II и Cr II. Все линии оболочки находились за пределом серии Бальмера. Там же оставались в эмиссии и линии Fe II (мультиплеты 1, 4, 6, 7, 16) и Mn II (мультиплеты 1 и 3).

В 1981 г., когда были продолжены наблюдения звезды, спектр поглощения оболочки уже хорошо развит. В нем видны многочисленные узкие и сильные линии, глав-

ным образом Ti II, а также Cr II, V II, Sc II, Mn II, Mg II. За пределом бальмеровской серии эмиссионных линий нет. Абсорбционный спектр класса M6 все еще замут голубым континуумом.

В 1982, 1983 и первой половине 1984 г. общий вид спектра мало отличался от того, каким он был в 1981 г. Но к концу 1983 г. в области длин волн 310—330 нм вновь появились эмиссионные линии Fe II (их первые следы заметны на спектрограммах *J. D.* 2 445 516—2 445 519).

В течение июня—июля 1984 г. изменился профиль линий водорода. Если в мае (*J. D.* 2 445 836—2 445 837) длинноволновый эмиссионный компонент намного слабее



Определение цветовой температуры вуалирующего излучения

коротковолнового, то в июле (*J. D.* 2 445 911—2 445 912) профиль почти симметричный с сильным центральным поглощением и заметными крыльями. Остальные эмиссионные линии оставались без изменений до начала декабря 1984 г. (*J. D.* 2 446 036), когда ослабели линии ионизованных металлов, усилились и появились новые запрещенные линии [Fe II]. Тогда же появилась и линия 386.9 нм Ne III 1F, которую, как уже отмечалось, у СH Лебеда в предыдущих вспышках не наблюдали. В синей области видны фотосферные (Sp M6 III) линии поглощения, хотя молекулярные полосы TiO по-прежнему заполнены голубым континуумом.

Последний период наших наблюдений приходится на июль—август 1985 г. (*J. D.* 2 446 259—2 446 291). Голубой континуум исчез, спектр поглощения такой же, как до вспышки (M6 III). Присутствуют немногочисленные эмиссионные линии: кроме бальмеровской серии, запрещенные линии O I 1F 636.4 и 630.0 нм, O III 1F 500.7, 436.3 и 495.9 нм (?), Ne III 1F 386.9 нм, S II 1F 406.9 нм, а также линии Fe II мультиплетов 3F, 4F, 6F, 7F, 20F, 21F, 36F.

К настоящему времени полностью обработаны спектрограммы 1974—1982 гг. В данной работе приведены результаты анализа этого материала.

Голубой континуум. Характеристики голубого континуума можно определить по степени вуалирования им абсорбционных деталей фотосферного спектра. Аналогично тому, как это делали Кристи и Уилсон [4], рассмотрим абсорбционную деталь в спектре класса M (I_M — интенсивность в какой-либо точке профиля этой детали, I_{CM} — интенсивность непрерывного спектра в той же длине волны), на которую накладывается дополнительное непрерывное излучение (I_{CB} — интенсивность этого излучения в той же длине волны).

Для остаточной интенсивности в рассматриваемой точке завуалированного дополнительного излучением профиля имеем $r_{M+B} = (I_M + I_{CB}) / (I_{CM} + I_{CB})$. Положив $I_{CB} / I_{CM} = \alpha$, получим $r_{M+B} = (r_M + \alpha) / (1 + \alpha)$, где $r_M = I_M / I_{CM}$ — остаточная интенсивность детали в незавуалированном спектре M. Отсюда $\alpha = (r_{M+B} - r_M) / (1 - r_{M+B})$. Коэффициент вуалирования α , определенный для различных, хотя бы двух, длин волн позволяет найти цветовую температуру вуалирующего излучения. Мы измерили интенсивности более 50 кантов полос TiO в спектральном интервале от 670 до 440 нм и центральную интенсивность фотосферной линии 422.7 нм Ca I в обычном, неискаженном спектре M6 III (сама СH Лебеда до вспышки, *J. D.* 2 442 991, и звезда того же класса 30 Her) и в завуалированном спектре СH Лебеда после вспышки. Данные для каждого наблюдательного сезона усреднялись (1978—1979 г.— 26 спектрограмм, 1981 г.— шесть и 1982 г.— пять спектрограмм; интенсивности в незавуалированном спектре M6 III измерены по пяти спектрограммам). Для каждой измеренной полосы вычислялись коэффициенты α , затем были построены графики $\alpha(\lambda)$.

Как и в работе [6], для звезды М6 III принято значение цветовой температуры $T_{\text{col}}=3000$ К. С помощью функции Планка для чернотельного излучения рассчитывались коэффициенты α_λ для ряда значений температур как отношения $I_\lambda^T / I_\lambda^{3000}$. Из полученного таким способом набора кривых $\alpha^T(\lambda)$ выбиралась та, которая наилучшим образом аппроксимировала экспериментальные точки на графике $\alpha(\lambda)$. Тем самым определялась цветовая температура вуалирующего излучения (голубого континуума). На рисунке показаны результаты наблюдений 1978—1979 гг. Для оценки точности подобного определения температуры приведены также кривые, соответствующие температурам, которые отличаются на 500 К от принятого наилучшего значения. По графику можно заключить, что ошибка найденной таким способом цветовой температуры не превосходит в данном случае 200—300 К. Аналогичные графики построены по данным 1981 и 1982 гг. Для этих сезонов ошибки несколько выше из-за большего разброса точек, что объясняется меньшим количеством использованных спектрограмм. В табл. 3 даны значения цветовой температуры T_{col} голубого континуума (область спектра 420—670 нм) и коэффициента α в длине волны 550 нм.

Возрастание α со временем непосредственно свидетельствует о росте интенсивности вуалирующего излучения (при остававшейся неизменной его температуре). Следует отметить, что даже в период наибольшего вуалирования полосы TiO и линия 422,7 нм Ca I полностью не замыкались.

1. Боярчук А. А. Симбиотические звезды // Эруптивные звезды / Под ред. А. А. Боярчука, Р. Е. Гершберга.— М.: Наука, 1970.— С. 113—166.
2. Aller L. H., Liller W. Planetary nebulae // Nebulae and interstellar matter / Eds. V. M. Middlehurst, L. H. Aller.— Chicago, London: Chicago Univ. press, 1968.— P. 483—574.
3. Annual report of the director, Mount Wilson and Palomar Observatories, 1963—1964.— Pasadena, 1964.—53 p.
4. Christie W. H., Wilson O. C. ξ Aurigae: The structure of a stellar atmosphere // Astrophys. J.— 1935.—81, N 5.— P. 426—460.
5. Deutsch A. J., Lowen L., Morris S. C., Wallerstein G. The spectrum of CH Cyg from 1961 to 1973 // Publ. Astron. Soc. Pacif.— 1974.—86, N 511.— P. 233—236.
6. Faraggiana R., Hack M. The activity phase of CH Cygni during the period 1967 to 1970 // Astron. and Astrophys.— 1971.—15, N 1.— P. 55—76.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию 19.02.86,
после доработки 02.04.86

Научные конференции

СИМПОЗИУМ МАС № 128 «ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ И СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА ДЛЯ ГЕОДЕЗИИ И ГЕОДИНАМИКИ»

Симпозиум состоится в Вашингтоне 20—24 октября 1986 г.

В программе: научные результаты проекта MERIT; теоретические и практические аспекты определений систем отсчета; высокочастотные изменения скорости вращения Земли; геофизические аспекты изменений вращения Земли и движения полюса.