

УДК 524.338.3—355—56

**Спектральные наблюдения СН Лебеда.****II. Эмиссионные линии в 1978—1982 гг.****М. Г. Родригес**

Изучены изменения, происходившие в эмиссионном линейчатом спектре СН Лебеда в 1978—1982 гг. Приведены усредненные по годам интенсивности линий металлов и водорода. Более детально прослежено поведение линий водорода в 1979 г., когда началось образование спектра поглощения оболочки.

*SPECTRAL OBSERVATIONS OF CH CYGNI. II. EMISSION LINES FROM 1978 TO 1982, by Rodriguez M. H.*—Changes that occurred in the line emission spectrum of CH Cygni in the interval from 1978 to 1982 have been studied. Intensities of metal and hydrogen lines are given. The behaviour of hydrogen lines during 1979, when formation of shell absorption spectrum began, has been observed in more detail.

В статье [1] описан наблюдательный материал, использованный в данной работе, и приведено общее описание спектра СН Лебеда за период наших наблюдений, которые были начаты в 1974 г. и продолжаются в настоящее время. Там же представлены результаты исследования голубого континуума, появившегося у звезды после вспышки в 1977 г. Здесь мы рассмотрим эмиссионный линейчатый спектр, который, как и голубой континуум, является характерной чертой СН Лебеда в течение всей активной фазы.

Среди классических симбиотических звезд СН Лебеда относится к объектам с наименьшей степенью возбуждения эмиссионного спектра. отождествление эмиссионных линий в спектре звезды мы провели с помощью таблиц [3] и каталога эмиссионных линий в астрофизических объектах [2]. В изученном спектральном интервале отождествлены линии H, He I, [O I], Mg I, Mg II, Si II, [S II], Ca II, Sc II, Ti II, V II, Cr II, Mn II, Fe II, [Fe II]. Возможно, есть также линии Al II и Ni II. В табл. 1 приведены линии (кроме линий водорода), для которых измерены центральные интенсивности. Длины волн — лабораторные, из таблиц [3]; интенсивности — средние за год в единицах интенсивности локального непрерывного спектра, проведенного с учетом молекулярного поглощения. Неразрешенные на наших спектрограммах бленды показаны скобками. В тех случаях, когда интенсивность одной из линий должна намного превосходить интенсивность других компонентов в бленде, основная линия выделена. Некоторые линии попадают в области вблизи кантов полос TiO, где непрерывный спектр проводится довольно неуверенно. В этих случаях после отождествления линии указано ее соседство со скачком интенсивности у канта полосы TiO.

Интенсивности эмиссионных линий металлов изменялись очень медленно, поэтому мы рассматривали усредненные за год значения. Различные группы линий вели себя по-разному в течение 1978—1982 гг. Интенсивности линий Ti II в 1979 г. несколько увеличились по сравнению с 1978 г., а в 1981 г. заметно уменьшились (рис. 1). В 1982 г. в спектре не было ни одной сколько-нибудь заметной эмиссионной линии Ti II. Это, безусловно, связано с появлением в 1981 г. многочисленных линий поглощения Ti II в УФ-области спектра, а в последующем — и в синей области. Аналогично вели себя линии V II, Cr II, Sc II. Поведение линий Fe II было более сложным. Линии, расположенные в длинноволновом участке спектра (мультиплеты 40, 41, 55, 74;  $\lambda\lambda$  650—530 нм), усиливались на протяжении всего рассматриваемого периода (рис. 2, a). Линии же мультиплетов 27, 28, 37, 38 ( $\lambda\lambda$  460—410 нм), как

и линии Ti II, сначала (1979 г.) усилились, а затем (1981—1982 гг.) их интенсивность уменьшилась (рис. 2, б), что можно объяснить, как и в случае линий Ti II, развитием абсорбционного спектра оболочки (хотя линии поглощения Fe II так и не появились) либо изменением условий образования линий. Ход изменения интенсивностей запрещенных линий показан на рис. 3, а, б.

Поведение линий водорода в течение 1978—1982 гг. отличалось большей сложностью по сравнению с другими эмиссионными линиями.

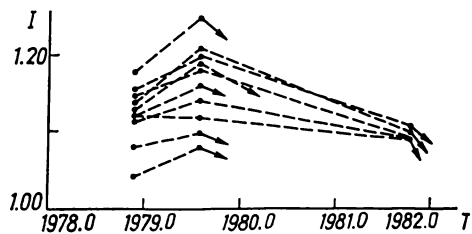


Рис. 1. Изменения интенсивности эмиссионных линий Ti II

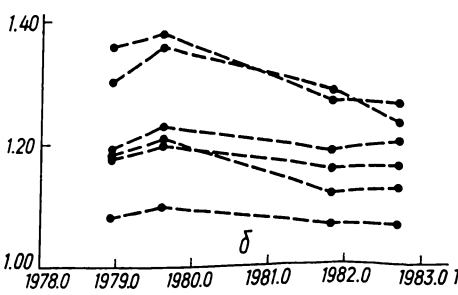
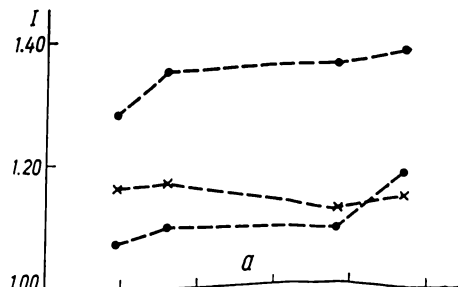
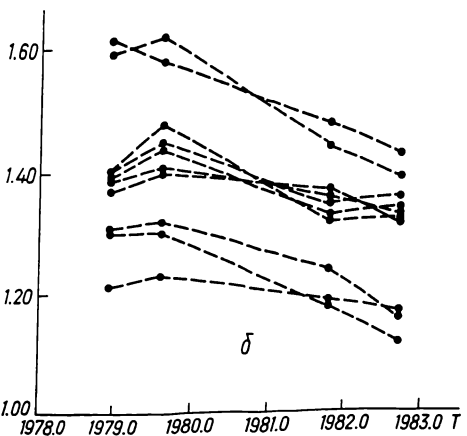
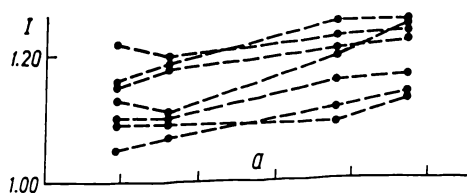


Рис. 2. Изменения интенсивности эмиссионных линий Fe II (а — мультиплеты 40, 41, 55, 74; б — мультиплеты 27, 28, 37, 38)

Рис. 3. Изменения интенсивности запрещенных линий (а — O I (точки), S II (косые кресты); б — Fe II, мультиплеты 6F, 7F, 20F)

Для изучения линии  $H_{\alpha}$ , кроме спектрограмм [1, табл. 1], на которых она обычно сильно передержана, было получено около 40 спектрограмм с небольшими экспозициями и высокой щелью, позволивших проследить, как изменялся профиль линии со временем. Прежде всего отметим, что на протяжении рассматриваемого периода линия  $H_{\alpha}$  была раздвоенной с центральным поглощением, причем отношение интенсивностей длинноволнового и коротковолнового компонентов неоднократно изменялось. У линий  $H_{\beta}$  и  $H_{\gamma}$  на наших спектрограммах с дисперсией  $86 \cdot 10^{-7}$  не всегда можно было разрешить их сложную структуру, и лишь по степени симметричности профиля можно судить об относительной интенсивности их компонентов. Линия  $H_{\delta}$ , как и линии  $H_{\beta}$ ,  $H_{\gamma}$ , иногда показывала два эмиссионных компонента с центральным поглощением, иногда асимметричный профиль без центрального

Таблица 1. Интенсивности эмиссионных линий металлов

Длина волны, нм	Отождествление		Интенсивность			
			1978 г.	1979 г.	1981 г.	1982 г.
667.815	He I 46	TiO-h	1.11	1.08	1.10	—
651.605	Fe II 40		1.09	1.09	1.09	1.13
645.638	Fe II 74		1.13	1.11	1.20	1.26
643.265	Fe II 40		1.05	1.07	1.11	1.14
641.691	Fe II 74	TiO-h	1.08	1.05	1.10	1.18
636.388	O I 1F		1.07	1.10	1.09	1.19
630.023	O I 1F		1.28	1.35	1.36	1.39
624.756	Fe II 74		1.16	1.19	1.21	1.23
623.838	Fe II 74		1.10	1.10	1.16	1.17
599.138	Fe II 46		1.12	1.16	1.16	1.21
587.563	He I 11	TiO-h	1.42	1.31	1.48	1.39
553.486	Fe II 55		1.16	1.19	1.26	1.26
542.527	Fe II 49	TiO-h	1.10	1.11	1.11	1.12
536.286	Fe II 48	TiO-h	1.24	1.18	1.27	1.34
533.779	Cr II 43		1.08	1.05	1.08	1.07
533.488	Cr II 43		1.09	1.11	1.11	1.12
532.556	Fe II 49		1.08	1.11	1.11	1.10
{ 531.661	Fe II 49		1.66	1.53	1.68	1.64
{ 531.678	Fe II 48					
530.844	Cr II 43	TiO-h	1.12	1.09	1.10	—
528.409	Fe II 41		1.22	1.20	1.23	1.24
{ 527.599	Fe II 49		1.44	1.32	1.40	1.36
{ 527.499	Cr II 43					
526.480	Fe II 48	TiO-h	1.09	1.12	1.13	1.12
525.689	Fe II 41	TiO-h	1.08	1.13	1.12	1.17
{ 523.734	Cr II 43	TiO-h	1.10	1.20	—	—
{ 523.858	Fe II 41					
523.462	Fe II 49	TiO-h	1.50	1.45	1.51	1.47
519.757	Fe II 49		1.70	1.58	1.55	1.53
518.360	Mg I 2		1.21	1.19	1.10	1.18
517.268	Mg I 2	TiO-h	—	—	1.17:	1.21:
516.903	Fe II 42	TiO-h	2.30	1.92	1.85	1.72
{ 515.881	Fe II 19F	TiO-h	1.16	1.23	1.19	1.19
{ 515.800	Fe II 18F					
{ 505.635	Si II 5		1.05	1.14	1.07:	1.09:
{ 505.602	Si II 5					
504.106	Si II 5		1.13	1.12	1.07	1.03:
501.843	Fe II 42		2.15	1.94	1.83	1.81
501.568	He I 4		1.37	1.34	1.57	1.28
{ 492.392	Fe II 42		1.57	1.54	1.51	1.51
{ 492.193	He I 48					
490.535	Fe II 20F		1.06	1.10	—	—
{ 488.970	Fe II 3F		1.16	1.13	1.17	1.21
{ 488.963	Fe II 4F					
487.641	Cr II 30		1.15	1.14	1.10	1.17
484.824	Cr II 30		1.12	1.13	1.07	1.16
482.413	Cr II 30		1.14	1.17	1.14	1.14
481.455	Fe II 20F		1.19	1.20	1.15	1.16
473.144	Fe II 43		1.22	1.19	1.16	1.15
472.807	Fe II 4F		1.10	1.21	1.14	1.15
466.675	Fe II 37	TiO-h	1.23	1.19	1.11	1.16:
465.697	Fe II 43		1.15	1.14	1.10	1.10
462.934	Fe II 37		1.62	1.58	1.47	1.42
462.051	Fe II 38	TiO-h	1.27	1.31	1.18	1.20
461.883	Cr II 44	TiO-h	1.35	1.31	1.17	1.16
461.664	Cr II 44	TiO-h	1.29	1.23	1.16:	1.12:
460.019	V II 56		—	1.06	1.07	—
{ 458.383	Fe II 38	TiO-h	1.56	1.54	1.48	1.38
{ 458.284	Fe II 37					
{ 457.633	Fe II 38		1.16	1.20	1.19	1.11
{ 457.713	V II 56					
{ 457.197	Ti II 82		1.15	1.20	1.19	1.11
{ 457.110	Mg I 1					
{ 456.376	Ti II 50		1.04	1.08	—	abs
{ 456.456	V II 56					

Длина волны, нм	Отождествление	Интенсивность			
		1978 г.	1979 г.	1981 г.	1982 г.
{ 455.866	Cr II 44	1.24	1.25	1.20	1.17
{ 455.858	Fe II 20				
{ 455.589	Fe II 37	1.34	1.33	1.31	1.21
{ 455.502	Cr II 44				
{ 454.947	Fe II 38	1.36	1.45	1.35	1.21
{ 454.962	Ti II 82				
{ 454.152	Fe II 38	1.15	1.16	1.19	1.13
{ 453.417	Fe II 37	1.15	1.15	1.11	1.10:
{ 453.397	Ti II 50				
{ 452.851	V II 56	1.06	1.08	1.11	1.10
{ 452.839	Fe II 6F				
{ 452.263	Fe II 38	1.40	1.45	1.34	1.35
{ 452.023	Fe II 37	1.39	1.41	1.35	1.32
{ 451.534	Fe II 37	1.37	1.40	1.36:	1.31
{ 450.828	Fe II 38	1.34	1.37	1.29	1.26
{ 450.961	Fe II 6F				
{ 450.127	Ti II 31	1.12	1.16	abs	abs
{ 449.140	Fe II 37	1.39	1.44	1.31	1.33
{ 448.919	Fe II 37	1.33	1.40	1.33	1.25
{ 448.875	Fe II 6F				
{ 448.133	Mg II 4	1.11	1.15	1.13	abs
{ 448.113	Mg II 4				
{ 447.148	He I 14	1.14	1.15	1.17	1.18:
{ 447.292	Fe II 37				
{ 446.849	Ti II 31	1.13	1.19	abs	abs
{ 445.795	Fe II 6F	1.15	1.17	1.08	1.16:
{ 445.211	Fe II 7P	1.18	1.21	1.11	1.12
{ 445.049	Ti II 19	1.15	1.21	1.10	abs
{ 444.380	Ti II 19	1.14	1.15	—	abs
{ 443.245	Fe II 6F	1.08	1.10	1.06	1.06
{ 441.682	Fe II 27	1.42	1.57	1.34	1.27
{ 441.772	Ti II 40				
{ 441.627	Fe II 6F				
{ 441.378	Fe II 7F	1.30	1.36	1.28	1.23
{ 439.977	Ti II 51	1.12	1.14	1.10	abs
{ 440.036	Sc II 14				
{ 439.503	Ti II 19	1.14	1.18	1.10	abs
{ 439.585	Ti II 61				
{ 438.686	Ti II 104	1.28	1.36	1.25	1.25
{ 438.538	Fe II 27				
{ 438.275	Fe II 6F	1.19	1.23	1.18	1.20
{ 437.446	Sc II 14	1.09	1.10	1.08	abs
{ 436.766	Ti II 104	1.06	1.07	1.08	abs
{ 435.176	Fe II 27	1.40	1.48	1.31	1.31
{ 431.962	Fe II 21F	1.07	1.10	1.09:	1.12:
{ 432.075	Sc II 15				
{ 431.408	Sc II 15	1.15	1.16	1.10	abs
{ 431.498	Ti II 41				
{ 430.790	Ti II 41	1.08	1.10	—	abs
{ 430.317	Fe II 27	1.30	1.30	1.17	1.14
{ 430.005	Ti II 41	1.18	1.21	abs	abs
{ 429.657	Fe II 28	1.21	1.23	1.17	1.16
{ 429.410	Ti II 20	1.13	1.16	abs	abs
{ 429.022	Ti II 41	1.07	1.08	abs	abs
{ 428.740	Fe II 7F	1.36	1.38	1.26	1.26
{ 427.683	Fe II 21F	1.13	1.13	1.12	1.10
{ 425.816	Fe II 28	1.07	1.07	1.08	1.07
{ 424.683	Sc II 3	1.05:	1.10	abs	abs
{ 424.398	Fe II 21F	1.31	1.30	1.19	1.17
{ 423.317	Fe II 27	1.59	1.62	1.43	1.38
{ 418.344	V II 37	1.03:	1.09	1.07	—
{ 417.886	Fe II 28	1.40	1.37	1.34	1.24
{ 417.721	Fe II 21F				
{ 417.345	Fe II 27	1.30	1.32	1.23	1.15
{ 417.190	Ti II 105	1.17	1.18	—	—
{ 416.364	Ti II 105	1.18	1.17	1.11	abs

Продолжение табл. 1

Длина волны, нм	Отождествление	Интенсивность			
		1978 г.	1979 г.	1981 г.	1982 г.
{ 412.874	Fe II 27	1.13	1.12	1.13	1.08:
{ 412.805	Si II 3				
412.264	Fe II 28	1.14	1.11	—	1.11:
412.081	He I 16	1.12	—	1.11	1.08:
407.622	S II 1F	—	1.10	1.05	—
406.862	S II 1F	1.16	1.17	1.12	1.15
{ 406.475	Fe II 39	1.12	1.17	1.14	1.10
{ 406.507	V II 215				
{ 405.381	Ti II 87	1.12	1.12	1.10:	—
{ 405.359	V II 215				
{ 403.563	V II 32	1.10	1.12	1.07	—
{ 403.678	V II 9				
402.833	Ti II 87	1.09	1.17:	—	—
402.619	He I 18	1.14	1.19	1.15	1.11
{ 402.455	Fe II 127	1.06	1.08	1.10:	1.08:
{ 402.339	V II 32				
{ 401.237	Ti II 11	1.11	1.12	1.10	—
{ 401.250	Cr II 183				
{ 400.207	Fe II 29	1.11	1.11	1.11	1.10:
{ 400.294	V II 9				
{ 397.416	Fe II 29	1.12	1.12	—	—
{ 397.364	V II 9				
395.197	V II 10	1.20	1.16	—	—
391.642	V II 10	1.03:	1.19	—	—
{ 391.448	Fe II 3	1.16	1.24	1.11	—
{ 391.346	Ti II 34				
390.327	V II 11	1.14	1.18	1.11	—
390.055	Ti II 34	1.11	1.17	—	—
386.229	Si II 1	1.07	1.09	1.16	—
385.602	Si II 1	1.12	1.14	1.18	—
385.366	Si II 1	1.07	—	1.14	—
382.491	Fe II 29	1.09	—	1.16	—

поглощения, но практически всегда у нее был виден с длинноволновой стороны абсорбционный компонент. Линия  $H_\epsilon$  из-за блендирования со сложной, многокомпонентной линией  $H$  Ca II не рассматривалась. Другие, более высокие члены серии имели профили, обратные Р. Лебеда.

Нам удалось наиболее детально проследить поведение водородных линий в 1978—1979 гг.

*J. D.* 2 443 830—2 443 868. У  $H_\alpha$  фиолетовый компонент сильнее красного, у  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  и  $H_\delta$  на наших спектрограммах центрального поглощения не видно, но профили асимметричные — фиолетовое крыло интенсивнее красного. У  $H_\zeta$  и более высоких членов серии — профиль, обратный Р Лебеда.

*J. D.* 2 443 978—2 443 983. Отношение интенсивностей фиолетового и красного компонентов  $H_\alpha$  переменное. Профиль и интенсивность  $H_\delta$  также изменяются, у  $H_\delta$  и последующих линий сильны длинноволновые абсорбционные компоненты.

*J. D.* 2 443 997—2 444 008. Фиолетовый компонент  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$  и  $H_\gamma$  сильнее красного. У  $H_\delta$  оба эти компонента приблизительно одинаковы, имеется абсорбция с длинноволновой стороны.  $H_\zeta$  и последующие показывают сильные эмиссионные и слабые абсорбционные компоненты.

В период между *J. D.* 2 444 008 и 2 444 010 в водородном спектре произошли заметные перемены. Изменилось соотношение интенсивностей компонентов  $H_\alpha$  — красный компонент стал сильнее фиолетового, более четким стало раздвоение  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  и  $H_\delta$  — усилилось центральное поглощение, у остальных бальмеровских линий интенсивность эмиссионных компонентов уменьшилась и значительно усилились длинновол-

новые абсорбции. Именно в этот период на спектрограмме *J. D.* 2 444 010 мы впервые отметили появление слабых линий поглощения металлов в УФ-области спектра ( $\lambda < 350$  нм).

После *J. D.* 2 444 010 спектр оставался без изменений до *J. D.* 2 444 039. На спектрограммах *J. D.* 2 444 068 абсорбционные компоненты у высоких членов серии снова слабы, как и до *J. D.* 2 444 010.  $H_\delta$  — по-прежнему двугорбая, со слабым центральным поглощением,  $H_\beta$  и  $H_\gamma$  — почти симметричны, раздвоения не видно.

Таблица 2. Интенсивности эмиссионных линий водорода в 1979 г.

<i>J. D.</i> (2 440 000+)	Линия		
	$H_\beta$	$H_\gamma$	$H_\delta$
3978—3983	3.56	1.55	1.23
3997—4008	4.33	1.88	1.38
4010—4025	5.47	1.94	1.28
4032	2.80:	1.52	1.22
4037—4039	3.79	1.80	1.36
4068	4.08	1.82	1.22
4092—4102	3.13	1.71	1.27
4147—4181	2.88	1.57	1.28

Таблица 3. Интенсивности эмиссионных линий водорода в 1978—1982 гг.

Годы	Линия		
	$H_\beta$	$H_\gamma$	$H_\delta$
1978	3.09	1.74	1.46
1979	3.64	1.74	1.30
1981	3.38	1.79	1.35
1982	4.06	1.92	1.34

*J. D.* 2 444 092—2 444 093. У высоких членов доминируют абсорбционные компоненты, эмиссия слабая;  $H_\beta$  и  $H_\delta$  — раздвоенные.

Начиная с *J. D.* 2 444 096 эмиссия у высоких членов серии усиливалась, поглощение ослабевало, в длинноволновом эмиссионном крыле  $H_\delta$  появился еще один компонент. По мере усиления последнего к *J. D.* 2 444 155 линия  $H_\delta$  приобрела более сложный, чем обычно, вид — асимметричный эмиссионный фиолетовый компонент с менее крутым коротковолновым крылом, сильное центральное поглощение, узкий красный эмиссионный компонент и длинноволновая абсорбция. В этот же день несколько сильнее поглощение и у высоких членов серии. Но уже в *J. D.* 2 444 173 центральной абсорбции у  $H_\delta$  не видно, длинноволновый абсорбционный компонент слаб. У высоких членов серии Бальмера после *J. D.* 2 444 155 снова в профиле, обратном Р Лебеда, доминирует эмиссия, поглощение — слабее.

Таким образом, в течение 1979 г. в водородном спектре звезды неоднократно происходили заметные изменения. Это видно также из табл. 2, в которой приведены центральные интенсивности эмиссионных линий водорода в различные периоды 1979 г. Особенно примечательно происшедшее за очень короткое время между 14 и 16 мая (*J. D.* 2 444 008—2 444 010) усиление абсорбционных компонентов бальмеровских линий, совпавшее с появлением линий поглощения Ti II и Cr II в УФ-области. Обращает на себя внимание и ослабление эмиссии в линиях  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  и  $H_\delta$  на спектрограммах *J. D.* 2 444 032. Тогда же в далекой УФ-области ( $\lambda < 350$  нм) отмечено заметное усиление линий поглощения Ti II и Cr II. Усредненные за год значения центральных интенсивностей водородных линий даны в табл. 3.

1. 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.
2. Meinel A. B., Aveni A. F., Stockton M. W. Catalog of emission lines in astrophysical objects. Second edition.— Tucson, Arizona: Optical Scis Center and Steward Observatory, 1969.— 7 p+A26 p+B133 p+C12 p+D12 p+E8 p.
3. Moore Ch. E. A multiplet table of astrophysical interest, Revised edition.— Princeton, New Jersey, 1945.— Part I.— 110 p.; Part II — 96 p.