

УДК 524.333+524.3-54

Х. М. Микаилов, В. М. Халилов

Шамахинская астрофизическая обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана

Спектральные исследования симбиотической звезды СН Лебедя

Приведены результаты спектральных исследований симбиотической звезды СН Лебедя в 1998—2001 гг. По спектрограммам, полученным в начале наблюдательного сезона 1998 г., обнаружено, что в системе происходят активные процессы. Измерения лучевых скоростей по линиям поглощения подтверждают наличие двух периодов (5650^d и 756^d), которые указывают на тройственность системы СН Лебедя. Вычислены некоторые элементы орбит системы. Найдено, что лучевые скорости и другие параметры эмиссионных линий H_{α} изменяются с периодом 1350 сут, обнаруженным ранее фотометрическими наблюдениями.

СПЕКТРАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИМБІОТИЧНОЇ ЗІРКИ СН ЛЕБЕДЯ, Микаїлов Х. М., Халілов В. М. — Наведено результати спектральних досліджень симбіотичної зірки СН Лебедя у 1998—2001 гг. За спектрограмами, отриманими на початку спостережного сезону 1998 р., виявлено, що у системі відбуваються активні процеси. Вимірювання променевих швидкостей за лініями поглинання підтверджують наявність двох періодів (5650^d та 756^d), які вказують на потрійність системи СН Лебедя. Обчислено деякі елементи орбіт системи. Знайдено, що променеві швидкості та інші параметри емісійних ліній H_{α} змінюються з періодом 1350 діб, виявленим раніше фотометричними спостереженнями.

SPECTRAL INVESTIGATIONS OF THE SYMBIOTIC STAR CH CYGNI, by Mikailov Kh. M., Khalilov V. M. — Our results of spectral investigations of the symbiotic star CH Cyg from 1998 to 2001 are presented. On the basis of the spectrograms obtained at the beginning of the observational season in 1998, it is established that some active processes take place in the star system under consideration. Our measurements of radial velocities from absorption lines confirm the existence of two periods ($P_1 = 5650^d$ and $P_2 = 756^d$ which show a triplet structure of the system CH Cygni. Some orbital elements of the system are calculated. The radial velocities and other parameters of emission lines H_{α} show the presence of about 1350-day variations which were also obtained by Mikolajewski and others from photometric investigations.

ВВЕДЕНИЕ

В Шамахинской астрофизической обсерватории (ШАО) НАН Азербайджана с 1998 г. начаты регулярные с высоким разрешением ($R = 30000$) спектраль-

ные наблюдения симбиотических звезд. В программу наблюдений включены звезды СН Лебеда, АГ Дракона, АГ Пегаса и др. Среди симбиотических звезд особый интерес представляет система СН Лебеда, которая по настоящее время привлекает своими особенностями многих исследователей.

СН Лебеда хорошо изучена, для нее имеются фотометрические данные более чем за 100 лет. Спектральные наблюдения звезды начаты в основном после 1963 г., когда впервые были обнаружены изменения в спектре. Начатые после этого регулярные спектральные, фотометрические, ИК- и радионаблюдения указывают на то, что в системе время от времени повторяются активные процессы. Особой активностью отличалась звезда в периоды 1967—1970 гг., 1977—1984 гг. (в этот период она была ярче 6^m), 1992—1995 гг. С 1986 г. блеск звезды несколько уменьшился и изменялся в пределах 7.5^m — 9.0^m .

Лууд [4] предложил гипотезу, согласно которой многие наблюдаемые процессы у СН Лебеда можно интерпретировать в рамках модели двойной звезды, состоящей из красного гиганта М6 III и белого карлика, аккрецирующего вещество, истекающее из холодного гиганта. Данная модель неплохо объясняла происходящие в системе активные процессы. Ямашита и Махара по спектральным наблюдениям нашли орбитальный период системы ($\approx 5750^d$), и из анализа кривой лучевых скоростей определили элементы орбиты СН Лебеда [15]. Богатый наблюдательный материал был получен в работах [2, 3, 6, 7], где подробно анализировалось поведение линейчатого спектра в активные периоды системы СН Лебеда. В работе [10] на основе анализа кривых блеска системы СН Лебеда в различных спектральных диапазонах выявлены три периода переменности: 1300, 770 и 100 сут. Высокودисперсионные, с большим временным разрешением спектры звезды были получены Томовым и др. [14]. Выявлено, что в некоторых случаях крылья эмиссионных линий водорода простираются до 2000 км/с, синесмещенный абсорбционный компонент в среднем показывает скорости -500 км/с и -700 км/с. Была предложена модель магнитного винта для объяснения наблюдаемых процессов в системе СН Лебеда.

Особую ценность представляют высокодисперсионные спектральные наблюдения системы Хинкеля и др. [8], которые на основе анализа кривых лучевых скоростей сделали вывод о тройственности системы СН Лебеда. Они предложили модель, согласно которой симбиотическая пара имеет орбитальный период 756^d , а третий компонент системы — звезда-карлик класса G-K — вращается вокруг симбиотической пары с периодом 5294^d . Скопал и др. [11, 12] подтвердили тройственность системы СН Лебеда, предложив при этом новую модель системы, согласно которой симбиотическая пара является затменной.

Для выявления природы СН Лебеда особый интерес представляют высокодисперсионные спектральные наблюдения системы, измерения лучевых скоростей и эквивалентных ширин эмиссионных и абсорбционных линий в активной и спокойной стадии, которые позволят уточнить обнаруженные периодические изменения, изучить геометрию системы и т. д. Остаются открытыми вопросы наличия затмения в системе, до конца не изучены вопросы вклада входящих в систему объектов в общее излучение системы.

НАБЛЮДЕНИЯ И ИХ ОБРАБОТКА

В 1998—2001 гг. в ШАО были получены более 70 спектрограмм звезды СН Лебеда с помощью эшелле-спектрометра [5], установленного в фокусе кудэ 2-м телескопа ($\lambda\lambda = 660\text{...}400$ нм). Обработка полученных спектрограмм

проводилась с помощью пакета программ [1]. Некоторые недостатки, связанные с малыми размерами ПЗС-матрицы (530×580 пкл), не всегда позволяли выбрать нужную спектральную линию и вызывали определенные трудности при проведении непрерывного спектра. Разрешение составляло 30000, средняя экспозиция — 15 мин. Дисперсия на обрабатываемом участке спектра составляла 0.4 нм/мм.

На рис. 1, взятом из работы [13], приведены фотометрические изменения (в фильтре V) СН Лебеда в период 1996—2001 гг., и нанесенные на нее сезоны спектральных наблюдений, проведенных в ШАО.

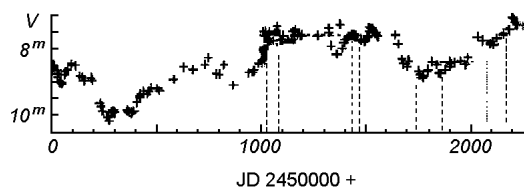


Рис. 1. Фотометрические наблюдения Скопала и др. [13] и сезоны спектральных наблюдений СН Лебеда в ШАО

В табл. 1 представлены некоторые результаты обработки спектров, усредненные за ночь. Средние фазы Φ посчитаны для периодов 1350^d и 756^d (эпоха из [8]). Приведены значения лучевых скоростей V_r , измеренных по V - и R -компонентам линии H_{α} , а также по центру тяжести линии ($V+R$); интенсивности V - и R -компонентов линии H_{α} и их отношение V/R . В последней графе приведены усредненные значения лучевых скоростей, измеренных по абсорбционным линиям Ca I, Cr I).

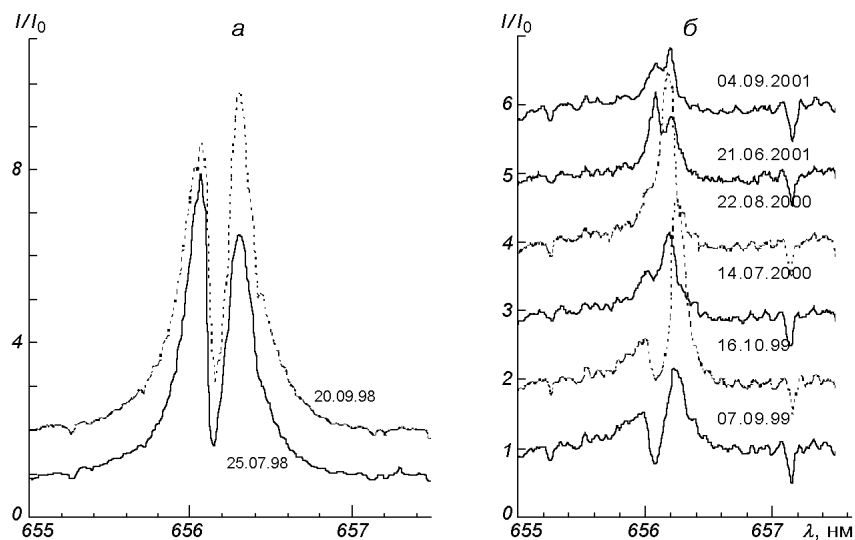
Ошибка измерения лучевых скоростей составляла ± 2 км/с для широких эмиссионных линий и ± 0.5 км/с для узких линий. Точность измерения лучевых скоростей также контролировалась неоднократными измерениями теллурических линий, широко представленными на обрабатываемых участках спектра ($\lambda\lambda = 660—530$ нм).

КОНТУРЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ

На рис. 2 и 3 представлены участки спектра (область H_{α} , He I и линий Fe II) с характерными изменениями, происходившими в спектре звезды в период наблюдений. Спектрограммы, полученные в начале сезона наблюдений 1998 г., сильно отличаются от спектрограмм, полученных в конце сезона наблюдений 1998 г. и от спектрограмм, полученных в 1999—2001 гг. Сильные двухкомпонентные эмиссионные водородные линии (рис. 2), интенсивность которых в 8–9 раз превышает континуум, линия He I $\lambda 667.8$ нм, линии ионизованного железа Fe II $\lambda\lambda 623.8, 624.7$ нм и др. и уровень непрерывного спектра являются отличительной особенностью этих спектрограмм. Континуум заливает почти все линии поглощения даже в красной области спектра. К концу сезона уменьшается интенсивность красного компонента, значительно уменьшается и синий компонент водородных линий H_{α} и H_{β} . В следующие три сезона наблюдений то исчезает, то появляется синий компонент водородных линий, в некоторые даты можно отметить P Cyg профили этих линий, указывающих на истечение вещества. Все это происходит с небольшими изменениями интенсивностей водородных линий. В то же время заметно усиливаются линии поглощения и слабо проявляются эмиссионные линии других элементов. В спектре начинают доминировать линии главного компонента системы звезды — M6 III, в том числе полосы поглощения окиси титана.

Таблица 1. Данные о полученных спектрах и результаты измерений линии H_{α} и абсорбционных линий

JD 2450000+	Φ		V_r , км/с (H_{α})			I/I_0			V_r , км/с (Ca I, Cr D)
	P = 1350 ^d	P = 756 ^d	V	R	V+R	V	R	V/R	
1020.417	0.420	0.539	-102.8	9.4	-52.4	7.87	6.50	1.21	-68.2
1024.380	0.425	0.545	-99.8	9.9	-44.9	6.25	6.27	0.99	-69.3
1036.348	0.434	0.560	-98.5	2.1	-48.2	9.65	9.91	0.97	-67.3
1056.400	0.449	0.587	-99.6	4.8	-46.6	8.08	8.40	0.96	-69.3
1075.333	0.463	0.612	-103.5	4.0	-44.0	6.10	8.34	0.73	-67.6
1079.365	0.466	0.617	-105.9	2.7	-51.0	6.68	7.74	0.86	-69.1
1429.265	0.725	0.080	-143.3	-17.7	-68.1	1.50	2.12	0.71	-61.4
1430.370	0.726	0.082	-143.6	-15.5	-68.1	1.46	3.86	0.37	-61.1
1431.427	0.727	0.083	-143.7	-17.9	-70.5	1.54	2.71	0.57	-59.5
1440.425	0.733	0.095	-151.2	-14.2	-66.8	1.54	3.59	0.43	-62.5
1454.287	0.744	0.113	-143.2	-3.8	-61.0	1.37	2.62	0.52	-61.2
1455.239	0.745	0.114	-143.5	-6.2	-63.1	1.55	3.33	0.46	-61.5
1468.206	0.754	0.132	-144.0	-18.1	-76.6	1.58	3.62	0.44	-60.8
1740.368	0.956	0.492	-121.4	-43.6	-78.0	1.64	2.23	0.73	-64.3
1743.350	0.958	0.496	-125.8	-48.9	-77.9	1.68	2.38	0.70	-65.8
1744.364	0.959	0.497	-123.1	-50.5	-78.9	1.71	2.39	0.71	-66.3
1747.259	0.960	0.501	-126.8	-42.8	-74.2	1.94	2.42	0.80	-66.6
1752.268	0.965	0.507	-111.4	-48.3	-68.3	1.58	2.14	0.74	-66.8
1753.304	0.965	0.509	-115.9	-47.0	-75.2	1.83	2.67	0.69	-66.4
1754.307	0.966	0.510	-114.0	-49.1	-80.2	1.86	2.64	0.70	-67.1
1755.324	0.967	0.511	-113.5	-49.7	-71.6	1.67	2.40	0.70	-65.4
1758.848	0.969	0.516	-113.3	-49.2	-75.5	1.88	2.73	0.69	-65.3
1779.381	0.985	0.543	—	-50.7	-74.6	—	3.60	—	-67.3
1784.739	0.988	0.550	-118.7	-54.3	-77.5	1.69	3.23	0.52	-66.3
1785.883	0.989	0.552	-121.0	-55.7	-79.8	1.74	3.18	0.55	-68.1
1808.254	0.006	0.581	—	-56.0	-76.5	—	2.50	—	-67.6
1810.220	0.007	0.584	—	-55.3	-77.0	1.60	2.80	0.57	-66.2
1868.219	0.050	0.660	-101.9	-51.7	-72.2	1.80	2.60	0.69	-63.2
2082.266	0.209	0.940	-87.3	-29.5	-67.2	1.96	1.80	1.09	-58.8
2083.285	0.210	0.945	-88.6	-35.0	-64.4	1.93	1.83	1.05	-57.1
2084.230	0.210	0.946	-89.9	-36.3	-64.8	2.07	1.98	1.04	-55.9
2085.273	0.211	0.948	-90.9	-35.0	-65.1	1.81	1.75	1.03	-55.8
2100.267	0.222	0.968	-93.5	-37.6	-67.3	1.79	1.85	0.97	-56.8
2104.309	0.225	0.973	-88.4	-40.5	-67.9	1.74	1.87	0.93	-57.4
2114.387	0.233	0.986	-90.0	-42.1	-67.1	1.71	1.82	0.94	-57.2
2144.332	0.255	0.026	-91.1	-45.5	-70.6	1.60	1.70	0.94	-57.0
2157.205	0.264	0.043	-92.0	-41.8	-71.5	1.58	1.81	0.87	-57.3
2161.244	0.267	0.048	-87.8	-44.5	-71.9	1.46	1.66	0.88	-56.8

Рис. 2. Наблюдаемые контуры линии H_{α} звезды СН Лебедя в отдельные сезоны: а — 1998 г., б — 1999—2001 гг. (континуум для каждого контура смещен на 1)

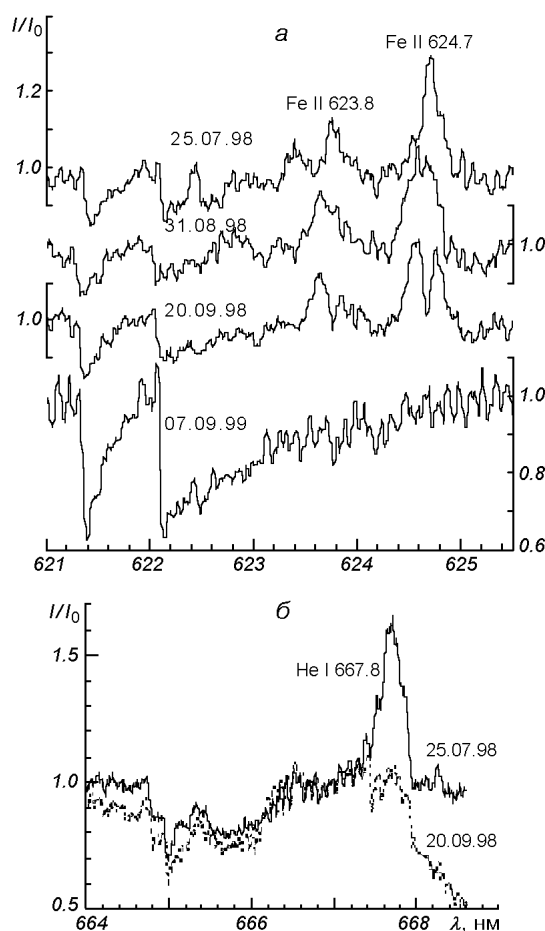


Рис. 3. Участки спектров звезды СН Лебеда: а — с линиями Fe II $\lambda\lambda$ 621.0—626.0 нм, б — He I λ 667.8 нм, полученные в начале и в конце сезона наблюдений 1998 г.

В начале сезона наблюдений 1998 г. в спектрах проявляются двухкомпонентные линии ионизованного железа, которые начинают исчезать по мере ослабления V -компонента водородной линии H_{α} (рис. 3), и затем эти линии становятся незаметными до конца 2001 г. То же происходит и с линией He I.

В 1998 г. согласно фотометрическим наблюдениям в течение относительно короткого промежутка времени СН Лебеда изменила свой блеск от $V = 8.8^m$ до 7.4^m (рис. 1). У нее началась очередная активная фаза, результаты которой наблюдались нами на спектрах, полученных в

1998 г. Несмотря на то, что в 1999 и 2001 г. звезда имела блеск 7.6^m (т. е. была такой же яркости, как и в 1998 г.), спектры звезды, как отмечено выше, очень сильно отличаются друг от друга. В сезон наблюдений 2000 г. блеск звезды равнялся 8.6^m .

Таким образом, только при резких изменениях блеска (вспышка) в спектрах звезды проявляются элементы активности. При медленном возрастании блеска этих проявлений нет (2001 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ЛУЧЕВЫХ СКОРОСТЕЙ

На спектрограммах звезды СН Лебеда, как отмечалось ранее другими исследователями, широко представлены как эмиссионные (H_{α} , He, Fe, O, N и др.), так и абсорбционные линии (Ca I, Sr I и др.), имеющие разную степень возбуждения.

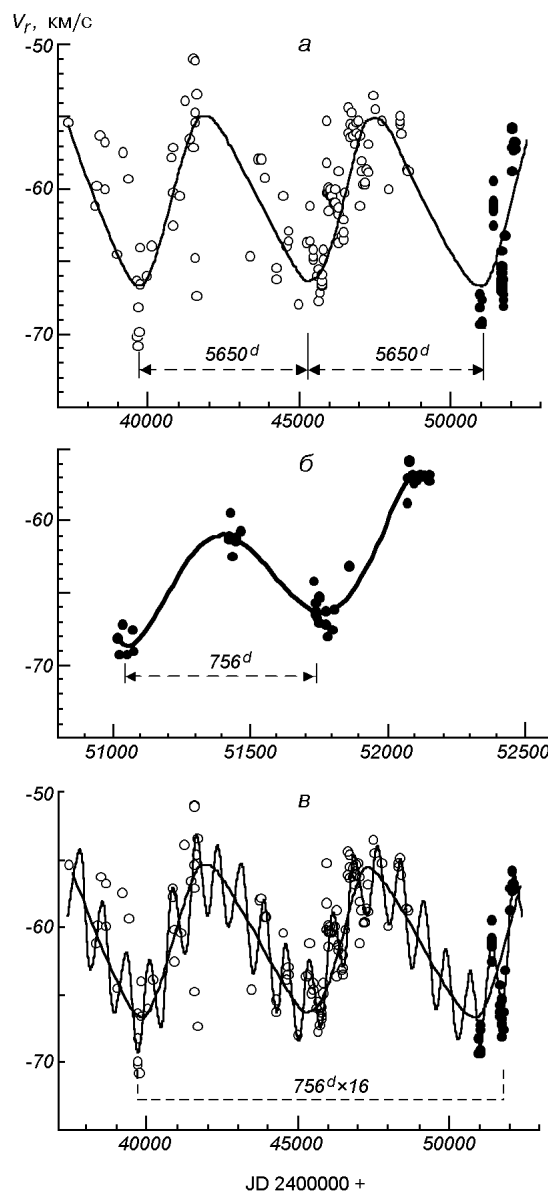
В первую очередь нами была сделана попытка отождествить неблендированные абсорбционные линии холодного компонента системы (звезды М-гиганта), измерить их лучевые скорости по полученным спектрограммам и провести анализ с целью уточнения (выявления) орбитального периода системы. Вычисленные значения лучевых скоростей абсорбционных линий (см. табл. 1) и взятые из опубликованных работ данные измерений лучевых скоростей СН Лебеда [8, 15] были использованы для проверки долгопериодических изменений СН Лебеда, выявленных в ранее опубликованных работах.

Рис. 4. Лучевые скорости, измеренные по абсорбционным линиям: *a* — кривая лучевых скоростей, кружки — данные [8], точки — наши измерения, *б* — значения лучевых скоростей по спектрограммам, полученным в ШАО, *в* — общий вид кривой лучевых скоростей с нанесенными на нее кривыми короткопериодических изменений (756^d)

Как видно из рис. 4, нашими измерениями (точки на рис. 4, *a*) фактически завершается очередной наблюдаемый цикл орбитального периода системы СН Лебеда. На рис. 4, *б* представлены измерения лучевых скоростей линий поглощения по спектрограммам, полученным в ШАО. С учетом всех измерений лучевых скоростей для СН Лебеда найдено новое значение для долгопериодических изменений (рис. 5, *a*). Период вычислен по формуле $T_1 = 2434126.0 + 5650 \cdot E$ (Х. М. Микаилов, В. М. Халилов). На рис. 4, *a* и *б* хорошо заметен определенный разброс, связанный с тем, что на орбитальный период системы ($\sim 5650^d$) накладывается другой период изменений лучевых скоростей линий.

Вычисленное второе значение периода по нашим измерениям (около 756^d) совпадает с полученным Хинкелем и др. [8] значением периода для симбиотической пары. Кривая на рис. 5, *б* получена путем вычитания измеренных лучевых скоростей от значений скорости в соответствующей фазе долгопериодических изменений. Период вычислен по Хинкелю и др. ($T_s = 2446076.655 + 756^d$). Несмотря на то, что прошел довольно большой промежуток времени между нашими наблюдениями и наблюдениями Хинкеля и др., вычисленные минимумы показывают очень хорошее совпадение. Это доказывает реальность данного короткого периода для СН Лебеда. На рис. 4, *в* представлен общий вид кривой изменения лучевых скоростей, с нанесенными на нее кривыми короткопериодических изменений.

Картина изменений лучевых скоростей, полученных по эмиссионным линиям, более сложная. Измеренные лучевые скорости отдельных эмиссионных линий не совпадают с лучевыми скоростями, измеренными по линиям поглощения. Некоторые эмиссионные линии наблюдаются лишь в активные периоды системы.



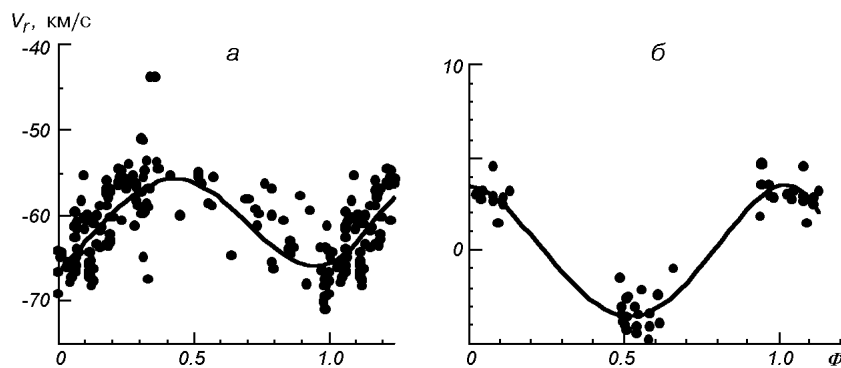


Рис. 5. Долго- и короткопериодические изменения лучевых скоростей: *a* — 5650^d , по всем измерениям, *б* — период 756^d , по нашим измерениям

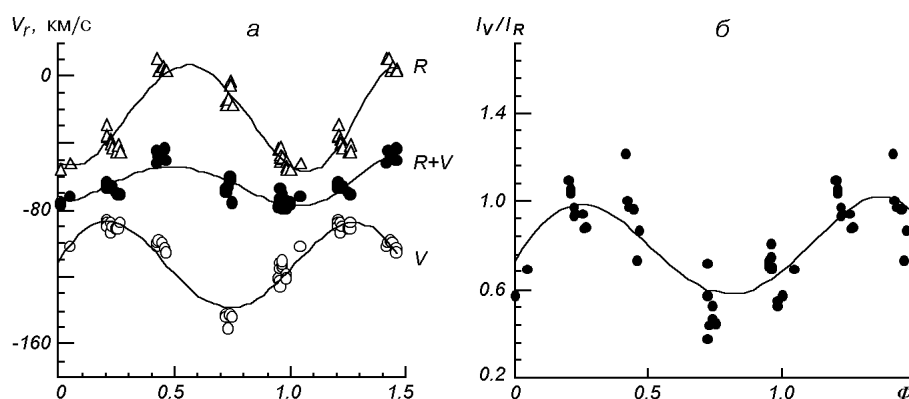


Рис. 6. Кривые изменения лучевых скоростей компонентов линии H_{α} (*a*) и отношений I_V/I_R их интенсивностей (*б*) с периодом 1350^d

На рис. 6 представлены результаты измерений лучевых скоростей по водородной линии H_{α} . Лучевые скорости, измеренные как по компонентам водородной линии, так и по центру тяжести линии, показывают изменения с периодом $P = 1350^d$. При этом лучевые скорости синего и красного компонента изменяются в антифазе (рис. 6, *a*). Такой же период изменений показывает значение отношений I_V/I_R интенсивностей синего и красного компонента линии H_{α} (рис. 6, *б*). Близкий по значению период ($\sim 1300^d$) в системе был обнаружен Николаевски и др. по фотометрическим наблюдениям [10]. Анализ измеренных лучевых скоростей водородных линий и их интенсивностей в разные сезоны наблюдений показал, что в отдельные сезоны можно заметить изменения типа пульсаций с периодом 97^d (период около 100^d также был выявлен в [10]).

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Еще в 1970-е гг. была предложена гипотеза о двойственности симбиотической звезды СН Лебедя. Один из компонентов — красный гигант, второй — горячий спутник с аккреционным диском и окружающей систему туманностью [4]. Томов и др. [14], отметив три наблюдаемых состояния системы (не активная, низкая активность и активная фаза), пришли к выводу, что основное время звезда находится в фазе низкой активности. В это время происходит процесс накопления материи, истекающей от гиганта, в магни-

тосфере белого карлика, которая затем приводит к переходу системы в активное состояние (иногда выбросы в виде джета).

В настоящее время в центре внимания находятся две модели системы СН Лебеда. Это модель, согласно которой СН Лебеда является тройной системой, впервые предложенная Хинкелем и др. [8], и ее модификация, предложенная Скопалом и др. [11, 12]. Обе эти модели, а также модель двойной звезды были проанализированы Микколой и Таникава [9] с целью выявления причины, по которой с 1960-х гг. начала проявляться (стала наблюдаться) активность звезды. На основе анализа этих моделей была предложена новая, модифицированная модель Хинкеля и др., объясняющая начало активности СН Лебеда. Рассмотрена возможность влияния эволюции экзентриситетов на активность звезды.

Анализ кривых лучевых скоростей, полученных из наших наблюдений, позволяет сказать, что наиболее приемлемой моделью для СН Лебеда является модель [8]. Действительно, по настоящее время в спектре СН Лебеда не обнаружены линии звезды-карлика, составляющего пару с белым карликом (по Скопалу и др.). В то же время в системе наблюдаются два четких периода — 2-летний и 15-летний. Вряд ли 2-летний период можно объяснить пульсацией красного гиганта. В этом случае мы должны возвратиться к модели двойной звезды с периодом около 15 лет. На отсутствие пульсаций у красного гиганта указывают и измерения эквивалентных ширин линий поглощения, по которым вычислялись лучевые скорости. Эквивалентная ширина линии Ca I λ 657.3 нм, например, в 1999—2001 гг. составляла $W_\lambda = 31 \pm 3$ пм. На спектрограммах 1998 г. эта линия была слабо заметна из-за активности звезды (вспышки). По полученным кривым лучевых скоростей были определены некоторые элементы орбиты системы СН Лебеда (табл. 2), которые мало отличаются от результатов [8].

Таблица 2. Орбитальные элементы системы СН Лебеда

Период, сут	γ , км/с	K, км/с	e	ω , град	HJD	$a \sin i$, 10^7 км	$f(m)$, M_\odot
756	—	3.3	0	—	2446076.655 [8]	3.4	0.0028
5650	-60.5	5.1	0.0567 ± 0.032	213 ± 30	2434126.0 ± 150	38.5	0.071

Совпадение изменений параметров водородных линий по нашим наблюдениям ($\approx 1350^d$) и полученный из фотометрических наблюдений период около 1300^d , видимо, указывают на изменения, происходящие в оболочке, окружающей систему. Это может быть вызвано влиянием горячей звезды (белого карлика) на оболочку системы или другими причинами. На изменения, происходящие в оболочке системы, возможно, указывают также и наблюдаемые нами в некоторые сезоны короткопериодические изменения параметров водородной линии H_α ($\sim 100^d$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ контуров водородных линий, измерения лучевых скоростей и эквивалентных ширин отдельных линий позволяют сделать вывод о том, что в 1998 г. звезда СН Лебеда находилась в активном состоянии (т. е. в системе произошла вспышка). Полученные результаты указывают на то, что звезда СН Лебеда — действительно тройная система. Подтвержден период 756^d , полученный ранее другими исследователями [8]. С привлечением литера-

турных данных измерений лучевых скоростей по линиям поглощения получено новое значение периода 5650^d . Выявлено, что некоторые параметры водородных линий показывают переменность с периодом 1350^d , что неплохо согласуется с периодом, обнаруженным из фотометрических наблюдений [10].

Авторы выражают благодарность доктору физико-математических наук А. С. Гулиеву за полезные обсуждения и всестороннюю поддержку.

1. Галазутдинов Г. А. Система обработки звездных эшеле-спектров. 1. Обработка изображений. 2. Обработка спектров. — 1992.—51 с.—(Препринт / САО РАН, № 92).
2. Галкина Т. С. Спектр симбиотической звезды СН Лебеда в 1982 г. // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1985.—73.С. 101—111.
3. Галкина Т. С., Шаховская Н. И., Бондарь Н. И. Спектральные и электрофотометрические наблюдения пекулярной звезды СН Лебеда в 1980—1981 гг. // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1984.—69.—С. 19—30.
4. Лууд Л. С. Необыкновенная переменная звезда СН Лебеда // Астрофизика.—1980.—16, вып. 3.—С. 443—456.
5. Рзаев А. Х., Гасанов Н. О., Микаилов Х. М. и др. Эшеле-спектрометр фокуса кудэ 2-м телескопа ШАО АН Азербайджана // Циркуляр Шемахин. астрофиз. обсерватории АН Азербайджана.—1999.—№ 95.—С. 3—7.
6. Farragiana R., Hack M. The activity phase of CH Cygni during the period 1967 to 1970 // Astron. and Astrophys.—1971.—15.—P. 55—76.
7. Hack M., Ruckoni L., Sedmak G., et al. Radial velocities of CH Cygni during the outburst started in 1977 // Astron. and Astrophys.—1982.—113, N 2.—P. 250—260.
8. Hinkle K. H., Fekel F. C., Johnson D. S., Scharlach W. C. The triple symbiotic system CH Cygni // Astron. J.—1993.—105, N 3.—P. 1074—1086.
9. Mikkola S., Tanikawa K. Does Kozai resonance drive CH Cygni? // Astron. J.—1998.—116, N 1.—P. 444—450.
10. Mikolajewski M., Mikolajewska J., Khudyakova T. N. The long-period symbiotic binary CH Cygni // Astron. and Astrophys.—1990.—235.—P. 219—233.
11. Skopal A. CH Cyg as the eclipsing symbiotic triple system // Physical Processes in Symbiotic Binaries and Related Systems / Ed. by J. Mikolajewska. — Warsaw: Copernicus Found Polish. Astron., 1997.—P. 99—104.
12. Skopal A., Bode M. F., Bryce M., et al. Multifrequency observation of the eclipsing symbiotic triple system CH Cyg during the 1992—94 active phase // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1996.—282.—P. 327—346.
13. Skopal A., Vanko M., Pribulla T., et al. Photometry of symbiotic stars. X. EG And, Z And, BF Cyg, CH Cyg, V1329 Cyg, AG Dra, RW Hya, AX Per and IV Vir // Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso.—2002.—32.—P. 62—78.
14. Tomov T., Kolev D., Munari U., Antov A. Time-resolved high-resolution spectroscopy of CH Cygni: evidence for a magnetic propeller state in 1994 // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1996.—278.—P. 542—550.
15. Yamashita Y., Maehara H. A binary model for CH Cygni // Publ. Astron. Soc. Jap.—1979.—31, N 2.—P. 307—316.

Поступила в редакцию 05.05.05