Н. Л. ИВАНОВА, Т. Н. ХУДЯКОВА

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ CI ЛЕБЕДЯ

CI Лебедя—одна из известных симбиотических звезд. Считается, что объект состоит из холодного гиганта M5Ш [1] или M6Ш [2] и горячей звезды низкой светимости, окруженных плотной газовой туманностью. В спектре CI Лебедя присутствуют характерные для звезд этого типа эмиссионные линии высокого возбуждения [3].

С 1890 г. у CI Лебедя наблюдалось пять интенсивных вспышек горячего компонента, продолжительностью около 200 дней [3—7]. Три из них пришлись на последнее десятилетие (1971, 1973, 1975 гг.). Фотографические наблюдения вне вспышек показали периодические изменения блеска с периодом 855 дней и с амплитудой около 1^m [3].

Пучинкас [8] предположил, что эти изменения блеска связаны с затмением в двойной системе. В 1975 г. Белякина [2] отнаблюдала изменения блеска, явно свидетельствующие о затмении горячего компонента. По-видимому, затмение четко наблюдается только во время его вспышек.

CI Лебедя является единственной симбиотической звездой, у которой наблюдается затмение. Поэтому детальное исследование этой системы представляет большой интерес.

Настоящая работа содержит результаты фотометрических и спектральных наблюдений этой звезды.

1. Фотометрические наблюдения

Наблюдения CI Лебедя в спектральных полосах R, I ведутся в АО ЛГУ на телескопе с диаметром 60 см с октября 1973 г. В 1976 и 1978 гг. по нашей просьбе были сделаны оценки блеска в полосах U, B, V на телескопе АЗТ-14 АО ЛГУ. На рис. 1 приведены кривые блеска CI Лебедя за 1974—1978 гг., построенные по результатам наших наблюдений, а также данных Темпести [7] и Белякиной [2] в цвете V. Фазы на рис. 1 вычислены по элементам Уитни [3]: J.D=241 1902+855^d.25.

По результатам многоцветной фотометрии можно попытаться получить характеристики компонентов системы. Предварительно необходимо наблюдаемые величины исправить за межзвездное поглощение, составляющее, согласно Боярчуку [1], $A_V=1^m.2$. Для получения величины межзвездного поглощения в других спектральных полосах принималась зависимость $A(\lambda)$ для Лебедя [9]. Потоки в полосах были вычислены с использованием абсолютной калибровки Джонсона [10]. Полученные распределения энергии для разных состояний звезды (вспышка, спокойное состояние, затмение) представлены на рис. 2 сплошными линиями.

Предполагая, что за время, прошедшее от максимума блеска до полной фазы затмения, суммарное излучение холодного компонен-

та и туманности существенно не изменилось, можно получить распределение энергии горячего компонента во вспышке (пунктирная линия 4 на рис. 2). Это распределение соответствует распределению энергии в излучении звезды раннего спектрального класса (B7—A3) [9].

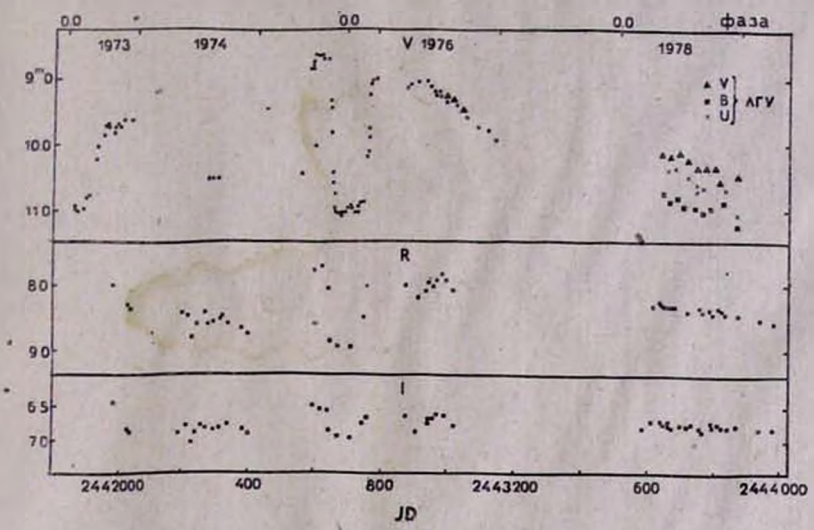

Рис. 1. Кривые блеска CI Лебедя.

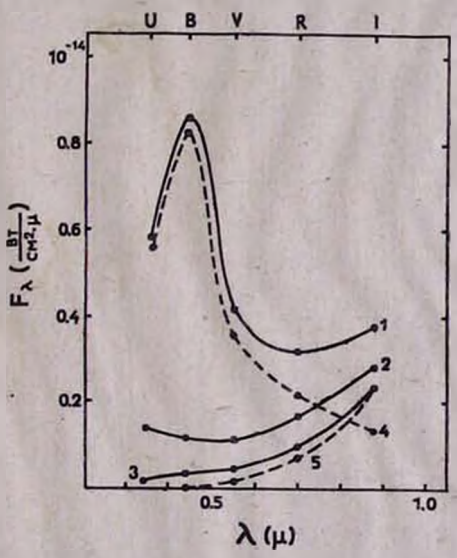

Рис. 2. Распределение энергии в излучении CI Лебедя: 1—излучение звезды во время вспышки; 2—суммарное излучение системы вне вспышки (J.D 2443660—2443890, 1978 г.); 3—излучение холодного компонента и туманности (затмение); 4—излучение горячего компонента во время вспышки; 5—излучение звезды M6III.

Рассмотрим затмение горячего компонента, когда наблюдает только суммарное излучение холодного гиганта и туманности. Прен брегая вкладом излучения туманности в полосу I, получим, что более коротких длинах волн присутствует дополнительное излучени которое можно объяснить излучением туманности. Распределен энергии в излучении звезды M6Ш [11], нормированное к потоку полосе I, приведено на рис. 2.

В предположении, что поток в полосе I равен потоку от звезд M6Ш, вклад излучения холодного компонента в полосу составляе 28%. Звездная величина горячего компонента во вспышке в полос V на $2^m.4$ меньше звездной величины суммарного излучения холодн го гиганта и туманности. Тогда, принимая для M6Ш $M_V = -0.5$ [11] учитывая вклад холодного компонента в полосу V, получим для горя чего компонента во вспышке нижнюю границу абсолютной величин $M_V = -4.3$.

Вне вспышки блеск звезды в полосах R, I меняется мало, поэто му нет оснований для предположения о переменности холодного ком понента.

2. Спектральные наблюдения

Спектры CI Лебедя были получены на ЗТА 2.6 м Бюраканско обсерватории с оптическим многоканальным анализатором Институ та астрофизики и физики атмосфер АН Эстонской ССР (дисперси 50 А/мм) и на телескопе МТМ-200 АО ЛГУ с объективной призмо (дисперсия 250 А/мм у H_γ) в июне и августе 1978 г. Даты наблюде ний, юлианские дни и использованный фотоматериал приведены табл. 1. Записи спектров сделаны на микрофотометре Цейсса с увели чением в 100 раз.

Для описания распределения энергии в непрерывном спектре C Лебедя в области 3700—5000 А были вычислены абсолютные спектро фотометрические градиенты.

Таблица 1

№ пп	Дата (1978 г.)	J.D. 2440000+	Фото-материал	Ф1
1	1/2. VI	3661	Kodak IIa0	1·83
2	3/4. VI	3663	Kodak IIa0	2·05
3	6/7. III	3666	A—600	2·15
4	9/10. VI	3669	A—600	1·80
5	9/10. VI	3669	A—600	1·78
6	10/11. VI	3670	A—600	2·48
7	10/11. VI	3670	Kodak IIa0	2·53
8	12/13. VI	3672	A—600	2·50
9	13/14. VIII	3734	Запись с ОМА	—

Они были определены привязкой к двум близко расположенным к CI Лебедя звездам: BD +35° 3831 и BD +35° 3815. Первая из них была классифицирована нами как B9, вторая—как A0. Для определения межзвездного поглощения звезды BD +35° 3831 были использованы U, B, V измерения этих звезд, произведенные, по нашей просьбе, на АЗТ-14 АО ЛГУ Т. А. Поляковой. Межзвездное поглощение A_V для BD +35° 3831 оказалось равным $0^m.7$. Наблюдения с объективной призмой показали, что обе звезды сравнения имеют одинаковое распределение энергии в непрерывном спектре. Абсолютные спектрофотометрические градиенты, вычисленные привязкой к этим звездам,

приведены в табл. 2. При этом градиент для звезд типа АО в соответствии с [12] был принят равным единице.

Таблица 2

λ в А	Элемент	$I/I_{H\beta}$	λ в А	Элемент	$I/I_{H\beta}$
6678	HeI	0·002	4490	FeII	0·06
6562	H_α	3·08	4489	FeII	0·01
5017	FeII	0·19	4471	HeI	0·23
5008	[OIII]	0·26	4417	FeII	0·06
4959	[OIII]	0·07	4388	HeI	0·11
4924	FeII	0·06	4363	[OIII]	0·30
4861	H_β	1·00	4340	H_γ	0·45
4713	HeI	0·16	4179	FeII	0·03
4686	HeII	0·43	4173	FeII	0·03
4658	[FeIII]	0·01	4144	HeI	0·10
4650	CIII	0·02	4121	HeI	0·11
4640	NIII	0·27	4102	H_δ	0·43
4634	FeII	0·09	4072	[FeV]	0·08
4620	FeII		4026	HeI	0·11
4576	FeII	0·05	4009	HeI	0·05
4549	FeII	0·03	3970	H_ε	0,29
4515	FeII	0·05	3889	H_ζ	0·17
4508	FeII	0·04	3869	NeIII	0,22
4501	TiII	0·02	3835	H_η	0·04

На рис. 3 представлено относительное распределение энергии в CI Лебедя, не исправленное за дифференциальное межзвездное поглощение, так как в данном случае нас интересует относительное изменение в течение периода наблюдений.

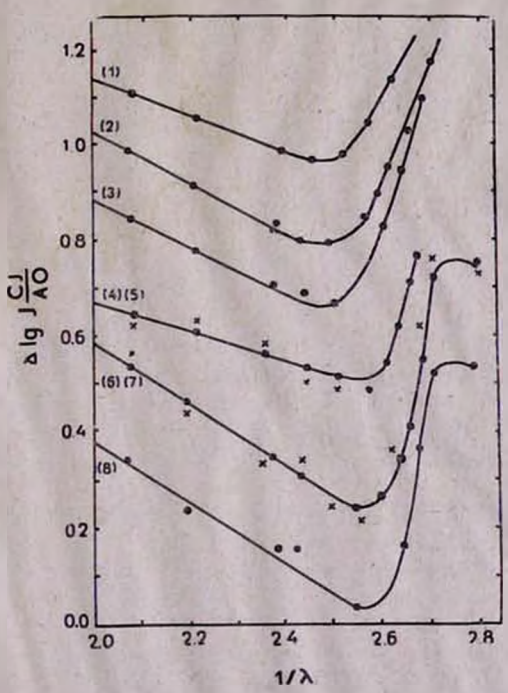

Рис. 3. Относительное распределение энергии в CI Лебедя (нумерация в соответствии с табл. 1).

Суммарному свечению холодного, горячего компонентов и туманности соответствуют, согласно [12], спектрофотометрические температуры не ниже, чем температуры звезд спектрального класса F2—G0. Показатель цвета B—V системы, измеренный в период наших наблюдений, оказался равным $+0^m.5$, что согласуется с указанными выше спектральными классами.

Бальмеровский скачок $D = \lg \frac{I_{3647-}}{I_{3647+}}$ равен примерно -0.5.

Как видно из рис. 3, распределение энергии в непрерывном спектре CI Лебедя в рассматриваемом промежутке времени претерпело некоторые изменения.

Линейчатый спектр CI Лебедя, наряду с полосами поглощения TiO, содержит как разрешенные, так и запрещенные эмиссионные линии.

Относительные интенсивности эмиссионных линий ($I_{H_\beta} = 1$), полученные из наблюдений на ЗТА 2.6 м с ОМА, приведены в табл. 3. Поправки на межзвездное поглощение введены по данным работ [1, 9]. Из табл. 3 видно, что отношение интенсивностей запрещенных линий $\frac{I_{4363}}{I_{5008}+I_{4959}}$ — порядка единицы. Принимая, согласно [13], для электронной температуры туманности CI Лебедя 17000°, находим по стандартной методике [14] значение $\lg n_e$, равное 7.2.

В табл. 4 приводятся средние значения Бальмеровского декремента, измеренные, соответственно, по пяти спектрам, полученным с объективной призмой МТМ-200 и по спектру с ОМА на ЗТА.

Таблица 3

Линия	H_β	H_γ	H_δ	H_ε	H_ζ	H_η	Телескоп
Бальмеровский декремент	1·00	0·39	0·37	0·26	0·15		МТМ-200
	1·00	0·45	0·43	0·29	0,17	0·04	ЗТА

3. Заключение

Наблюдавшаяся в 1975 г. вспышка CI Лебедя и последовавшее за ней затмение позволили получить некоторую новую информацию об этой звезде.

Согласно нашим данным оказалось, что горячий компонент во вспышечном состоянии имеет высокую светимость: $M_v = -4^m.3$.

Распределение энергии в суммарном свечении холодного гиганта и туманности, наблюдаемое во время затмения, показывает, при сравнении с результатами Боярчука [1], некоторый голубой избыток.

За время наблюдений, исключая вспышки 1973 и 1975 гг., блеск звезды в полосах R и I изменялся мало, а поскольку излучение в этих полосах определяется, в основном, холодным гигантом, можно предположить, что блеск холодного компонента не показывает переменности.

Спектрофотометрические градиенты в течение периода относительно спокойного состояния CI Лебедя претерпевали небольшие изменения.

Величина Бальмеровского скачка D, равная -0.5, и Бальмеров-

ский декремент туманности близки к значениям, характерным для планетарных туманностей [15].

Авторы выражают благодарность заведующему ЗТА 2.6 м Бюраканской обсерватории А. Амирханяну за предоставление дополнительного наблюдательного материала.

5 мая 1979 г.

Ն. Լ. ԻՎԱՆՈՎԱ, Տ. Ն. ԽՈՒԴՅԱԿՈՎԱ

CI ԿԱՐԱՊԻ ԼՈՒՍԱՉԱՓԱԿԱՆ ԵՎ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԴԻՏՈՒՄՆԵՐ

Ամփոփում

Բերված են CI *Կարապի սիմբիոտիկ աստղի լուսաչափական և սպեկտրալ ուսումնասիրության արդյունքները։ Դիտողական նյութը ստացված է Բյուրականի աստղադիտարանի 2,6 մ և Լենինգրադի համալսարանի աստղադիտարանի* MTM-*200 և* AZT-*14 դիտակներով։*

CI *Կարապի աստղի 1975 թ. բռնկման և նրան հաջորդած խավարման դիտումները հնարավորություն են տվել ստանալ նոր տեղեկություններ այդ աստղի մասին։*

N. L. IVANOVA, T. N. KHUDYAKOVA

PHOTOMETRIC AND SPECTRAL OBSERVATIONS OF CI CYGNI

Summary

The results of photometric and spectral investigations of the symbiotic star CI Cyg are given. The observational material is obtained with the 2.6-meter telescope of the Byurakan Observatory and with the MTM—200 and AZT-14 telescopes of Leningrad University Observatory.

In 1975 an outburst and the eclipse of CI Cygni are observed and some new information about this star are obtained.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. А. Боярчук*, Изв. КрАО, 39, 124, 1969.
2. *Т. С. Белякина*, Изв. КрАО, 59, 133, 1979.
3. *L. H. Aller*, Publ. Dominion Astrophys. Obs. 9, 343. 1954.
4. *A. Cannon*, Harv. O. B. N 778. 1922.
5. *М. Н. Мялковский*, ПЗ приложение, 3, № 14, 71, 1977.
6. *Т. С. Белякина*, IBVS N 1169, 1975.
7. *P. Tempesti*, IBVS N 1094, 1976.
8. *А. Пучинкас*, Бюлл. Вильнюсской АО, № 33, 50, 1972.
9. *В. Страйжис*, Многоцветная фотометрия звезд, Вильнюс, 1977.
10. *H. L. Johnson*, Con. LPL 3, N 53, 73, 1965.
11. *T. Lee*, Ap. J. 162, N 1. 217, 1970.
12. *D. Barbier* et *D. Chalonge*, Ann. d'Astrophys. 3. N 2, 1940.
13. *А. А. Боярчук*, АЖ, 43, 976, 1966; АЖ, 44, 12, 1967.
14. *А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг, Н. В. Годовников, В. И. Проник*, Изв. КрАО, 39, 147, 1969.
15. *Г. А. Гурзадян*, Планетарные туманности М., Изд. физ.-мат. наук, 1962.