УДК 524.33

А.В. КУРЧАКОВ, Ф.К. РСПАЕВ

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ Be ЗВЕЗДЫ LkHa 215

В статье приводятся спектрофотометрические и фотометрические данные, полученные для Be звезды LkHa 215 за период 2001-2008 гг. на высокогорной обсерватории Ассы-Тургень. В области спектра 4300-7000 Å в эмиссии наблюдаются только линии бальмеровской серии Hα и Hβ, имеющие двухпиковую структуру. На всех спектрах отчетливо видны линии поглощения Fe II(42) 4924 и 5018 Å. За наблюдаемый период как фотометрические, так и эквивалентные ширины линии Hб испытывали случайные изменения не превышающие 10 % для EW и $0^m.05$ для значений звездных величин. Расчеты показывают, что хорошее согласие кривой межзвездного поглощения и исследуемой звезды получается при R=3.5. В этом случае A_v=2.26. Двойная пиковая структура профилей может быть следствием дискообразной и асимметричной геометрии области образовании линии, находящейся во вращении и расширении.

1. Введение

Исследуемая Be звезда LkHa 215 находится в газово-пылевом комплексе RSF3 Mon и связана с отражательной туманностью NGC 2245. Данные о положении плоскости поляризации туманности NGC 2245 [1] дают основания полагать, что LkHa 215 является ядром этой туманности. Собственная поляризация звезды около 1% и в пределах погрешности не зависит от длины волны [2]. Звезда переменная. Периодичности в изменении блеска не отмечено. Данные о фотометрии звезды в разных цветовых системах можно найти в работах [3,4]. Наиболее полные данные по фотометрии в системе UBVR приведены в монографии В.С.Шевченко [5] и на сайте www.astro.wesleyan.edu. Максимально зафиксированная амплитуда изменения блеска в полосе V составляет 0.5 звездные величины [6]. Оценка спектрального класса звезды сильно отличается у разных исследователей от B1 [7] до B8 [8].

2. Наблюдения

Наблюдения проводились на высокогорной обсерватории Ассы-Тургень Астрофизического института Министерства Образования и Науки Республики Казахстан. Программа спектральных наблюдений избранных молодых Ae/Be звезд Хербига и звезд типа T Тельца была начата в 2002 году. Для наблюдений был использован спектрограф UAGS, установленный в кассегреновском фокусе однометрового телескопа Цейсса. Приемник излучения – ПЗС-матрица ST8-Ei (1530x1020 пиксел) обеспечивал обратную дисперсию спектрографа 0.5 Å /пиксел. Спектры получались при ширине щели 3", что соответствует 3.3 пиксела на спектрограмме. Наблюдения проводились в области линий Hα и Hβ. При характерном времени экспозиции для этого объекта отношение сигнал/шум на один пиксел на уровне непрерывного спектра было 30-40 (область линии Hα) и 20-25 (область линии Hβ).

На этом же телескопе на боковой стенке спектрографа вместо офсета (аналог фокуса Несмита) был установлен фотометр с ПЗС-матрицей ST7 в качестве приемника излучения, что позволило, параллельно со спектроскопией, проводить BVRI фотометрию объекта наблюдений. Все фотометрические наблюдения были исправлены за плоское поле, получаемое от сумеречного неба. Фотометрическая привязка осуществлялась с использованием трех звезд сравнения. Средняя точность определения фотометрических параметров составляла: ± 0.007 для величины V, ± 0.01 для B-V и ± 0.006 для V-R.

3. Обсуждение результатов

Результаты наблюдений приведены в таблице 1. В столбцах таблицы даны: 1-дата наблюдения, 2-юлианская дата, 3-эквивалентная ширина EW(Hα) эмиссионной части линии Hα в Å, 4,5,6-остаточные интенсивности голубой, абсорбционной и красной компонент профиля Hб, определяемых из выражения $r=(I-I_c)/I_c$, где I и I_c - значения интенсивностей в линии и соответственно в непрерывном спектре, 7,8- смещение голубой и красной компонент линии Hα относительно аб-

Таблица 1

Date	Jd24440000	EWHa	r_b	r_a	r_r	Vb	Vr	FW0.1	V	B-V	V-R	V-I
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16.11.01	12230,38	32,90	4,10	0,98	3,56	-100,00	90,00	700,00	NA	NA	NA	NA
19.11.01	12233,41	32,00	4,05	0,83	3,62	-100,00	80,00	718,00	NA	NA	NA	NA
21.11.01	12235,39	29,00	3,96	0,93	3,39	-90,00	90,00	660,00	NA	NA	NA	NA
22.11.01	12236,35	30,80	3,93	0,99	3,48	-90,00	90,00	682,00	NA	NA	NA	NA
11.12.01	12255,31	32,80	3,93	1,42	3,54	-113,00	68,00	723,00	NA	NA	NA	NA
15.01.02	12290,21	31,70	4,00	1,19	3,64	-90,00	90,00	695,00	NA	NA	NA	NA
08.02.02	12314,23	29,80	3,70	1,24	3,34	-100,00	80,00	702,00	NA	NA	NA	NA
10.02.02	12316,19	29,60	3,80	1,26	3,20	-100,00	70,00	675,00	NA	NA	NA	NA
10.11.02	12589,39	30,10	3,85	0,48	3,53	-110,00	70,00	720,00	10,64	0,63	0,75	NA
07.12.02	12616,31	28,40	3,37	0,38	3,37	-91,00	91,00	740,00	10,61	0,64	0,73	NA
08.01.03	12648,20	27,50	3,35	0,48	3,02	-95,00	95,00	740,00	10,60	0,64	0,74	NA
31.01.03	12671,21	26,90	3,45	0,50	2,98	-90,00	90,00	737,00	10,61	0,64	0,72	NA
02.02.03	12673,20	28,40	3,48	0,44	3,18	-90,00	80,00	733,00	10,61	0,60	0,74	NA
27.12.03	13001,25	27,00	3,22	0,41	3,10	-100,00	93,00	740,00	10,63	0,70	0,64	1,16
19.01.04	13024,25	25,70	3,40	0,29	3,05	-105,00	91,00	745,00	10,67	0,64	0,65	1,18
09.11.04	13319,40	32,90	4,04	0,79	3,65	-110,00	70,00	690,00	10,64	0,65	0,65	1,16
13.11.04	13323,27	32,10	3,95	1,19	3,54	-105,00	90,00	690,00	10,59	0,70	0,64	1,19
21.10.06	14030,41	28,90	3,68	0,28	3,38	-95,00	90,00	695,00	10,60	0,60	0,67	1,32
14.01.07	14115,16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10,61	0,61	0,64	1,32
12.12.07	14447,33	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10,64	0,62	0,65	1,28

сорбционной компоненты в км/с, 9-полная ширина линии FW(0.1), выраженная в км/с, при 0.1 максимального значения. В столбцах 10-13 приводятся фотометрические данные: звездная величина V и показатели цвета (B-V), (V-R), (V-I).

На рисунке 1 по оси ординат приведены звездные величины V из работ: •- [4], + - [6], ○– наши данные, по оси абсцисс – юлианские даты наблюдений.

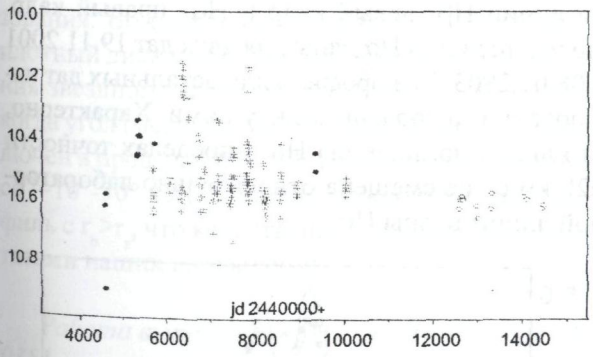

Рис. 1. • – данные из работы [4], + - из работы [6], ○ – наши данные.

В таблице 2 представлены средние фотометрические характеристики.

Таблица 2.

V	U-V	B-V	V-R	V-I	V-J	V-H	V-K	V-L
10.54	0.57	0.52	0.69	1.27	1.81	2.55	3.32	5.61
10.62	-	0.64	0.69	1.23	-	-	-	-

В первой строке таблицы 2 даны средние значения из работ [4,6], во второй строке – наши данные. Как видно из таблицы, разница для величин B достигает $0.^m12$, для V - $0.^m08$. Разница в значении звездных величин B и V возможно объясняется следующим обстоятельством. Звезда LkHa 215 погружена в отражательную туманность NGC 2245. Диафрагма, с которой проводились фотоэлектрические измерения звезды, по крайней мере в работе [6], составляла 20", т.е. поток от центральной части туманности регистрировался вместе с потоком от звезды. Нам неизвестно на каком расстоянии от звезды учитывался фон, но ясно, что полностью учесть поток от туманности было невозможно. Наши наблюдения проводились с помощью ПЗС матрицы. Фотометрия снимка выполнялась с диафрагмой 4"x4". Опыт показывает, что в зависимости от того, где берется фон при вычислении звездной величины объекта, разница в величине B может составлять $0.^m1$ и $0.^m06$ для V. Поэтому, как нам кажется, наши данные более точны, хотя реальные величины для B и B-V должны быть еще больше.

Для анализа свойств пыли в окрестности звезды мы использовали показатели цвета, приведенные в первой строке таблицы 2. Для вычисления

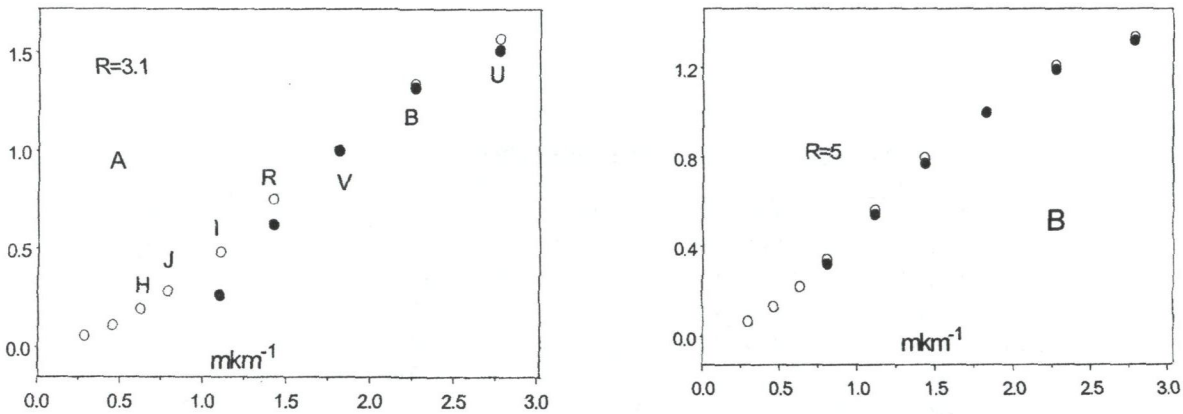

Рис. 2. Кривые поглощения исследуемой звезды при R=3.1 и R=5 (заполненные кружки-•) и стандартная кривая межзвездного поглощения (открытые кружки- о).

кривой межзвездного поглощения A(λ)/A(V) в зависимости от R(V)/[A(B)-A(V)] мы воспользовались эмпирическими формулами из работы [10]. При расчете кривой межзвездного поглощения для исследуемой звезды нами принят спектральный класс B8. Так как в пределах спектральных классов B6-B8 нормальные показатели цвета изменяются мало, то некоторая ошибка в принятом спектральном классе существенно не повлияет на вид кривой межзвездного поглощения.

Для вычисления кривой поглощения нормальные показатели цвета для звезды спектрального класса B8 взяты из работы [11]. Как видно из рисунка 2 (случай A), для R=3.1 кривая поглощения исследуемой звезды существенно отличается от стандартной кривой межзвездного поглощения. При R=5 (случай B) обе кривые хорошо совпадают. Если принять R=3.1, то получается, что A_v=1.89, в случае R=5 - A_v=3.05.

Как мы уже упоминали выше, на величину B-V может сильно влиять плохой учет свечения туманности. Обработка CCD изображений позволяет более точно учесть свечение туманности. Расчеты показывают, что в этом случае мы получаем хорошее согласие кривой межзвездного поглощения и исследуемой звезды при R=3.5. В этом случае A_v=2.26. Наши данные для A_v хорошо согласуются с данными работы [12], в которой A_v=2.1, Sp B8.

4. Спектральные наблюдения

Результаты спектральных наблюдений приведены в таблице 1. В области спектра 4300-7000 Å в эмиссии наблюдаются только линии бальмеровской серии Hα и Hβ. На всех спектрах отчетливо видны линии поглощения Fe II(42) 4924 и 5018 Å. Как видно из таблицы 1, эквивалентная ширина EW(Hб) на протяжении пяти лет существенно не изменялась: максимальный разброс составляет 13%. На рисунке 3 приведены профили линий Hβ- левый кадр и Hα- правый кадр. Профили линий Hα даны для двух дат 19.11.2001 и 08.01.2003. Все профили для остальных дат наблюдений заключены между ними. Характерно, что линия поглощения Hα в пределах точности ±20 км c^{-1} не смещена относительно лабораторной длины волны Hα.

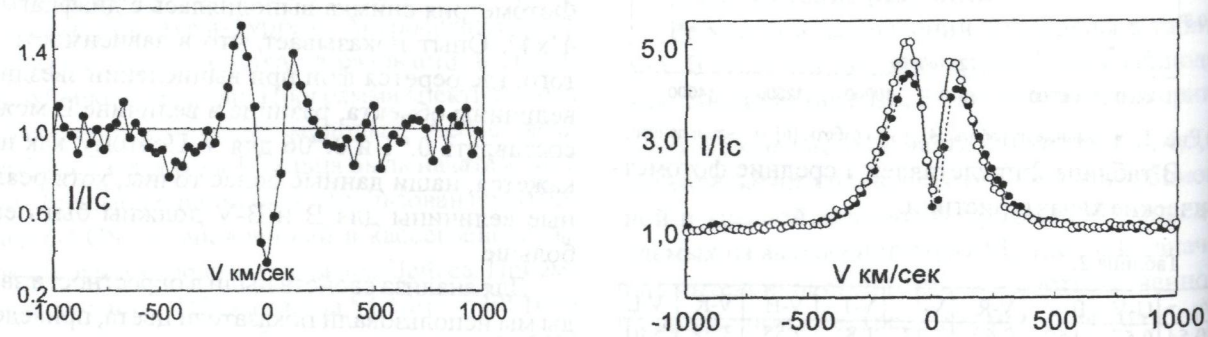

Рис. 3. Профили линий Hβ (слева) и Hα (справа).

5. Заключение

Исследования непрерывного спектра (SED) в инфракрасном диапазоне 1.2-25 мкм, выполненные Hillebrand et al. [12], показывают, что для LkHa 215 SED подчиняется закону $\lambda F_{л} \sim \lambda^{-4/3}$, что характерно для излучения оптически толстого пылевого диска. Как показали наши наблюдения для пыли, вызывающей ослабление света звезды, величина R~3.5. За период 2001-2008 гг. как фотометрические, так и эквивалентные ширины линии Нб испытывали случайные изменения не превышающие 10 % для EW и $0^m.05$ для значений звездных величин. В то же время, как видно из рисунка 1 в отдельные моменты времени возможны кратковременные резкие изменения значений блеска звезды. Профили спектральных линий с ярко выраженной линией поглощения в центре часто встречаются в классических Ве звездах, хотя эквивалентные ширины Hα этих звезд значительно меньше, чем у B[e] типа звезд. Двойная пиковая структура профилей Ве звезд может быть следствием дискообразной и асимметричной геометрии области образовании линии, находящейся во вращении и расширении.

При определенном наклоне диска к лучу зрения и подборе скоростей вращения и расширения можно получить необходимую разность скоростей между эмиссионными пиками. В работе Zickgraf [13] приводится набор профилей оптически прозрачных в линиях регионов при различных значениях параметров областей звездообразования. Во всех этих случаях $r_b<r_r$. Оптически плотный диск с постоянной скоростью расширения звездного ветра приводит к $r_b>r_r$. В случае, когда угол раскрытия конуса звездного ветра заключен в пределах 80° -90° при наклоне оси конуса i=10°-30° к лучу зрения можно получить профиль с $r_b>r_r$, что качественно совпадает с результатами наших наблюдений.

Работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Джакушева К.Г., Куратов К.С., Муканов Д.Б.*, и др.. // 1998, Письма в АЖ., Т.14, №8.
2. *Jain S.K.* and *Bhett H.C.* // 1995, Astron.&Astrophys.SS, V.111, N3, P.399.
3. *Kilkenny D.* // 1985, AAOC, V.9, P.55.
4. de Winter et al. // 2001, Astron.&Astrophys., V.380, P.609
5. *Шевченко В.С.* // Ae/Be звезды Хербига // Изд-во ФАН Узбекской ССР, 1989.
6. WWW.ASTRO.WESLEYAN.EDU.
7. *Shevchenko V.S.* et al. // 1993, Astrophys.SS, V.202, P. 121.
8. *Herbig G.H.* // 1960, Astrophys. J. Suppl., V.4, P.337.
9. *Corcoran M.* and *Ray T.P.* // 1998, Astron.& Astrophys., V.331, P.147.
10. *Jason A.Cardelli, Geoffrey C., Clayton* and *John S.Hathis* // 1989, Astrophys. J., V.345, P.245.
11. *Scott J.* Kenyon and Lee Hartmann. // 1995, Astrophys. J. Suppl., V.101, P.117.
12. *Hillebrand* et al. // 1992, Astrophys. J., V.397, P.613
13. *Zickgraf F.-J.* // 2003, Astron.& Astrophys., V.408, P.257.

Резюме

Ассы-Турген жоғары биік таулы обсерваториясында 2001-2008 жылдар аралығында LkHa 215 Ве жұлдызы үшін алынған спектрфотометрлік және фотометрлік мағлұматтар келтірілді. 4300-7000 Å спектрдің аймағындағы екі шыңдық құрылымы болған Бальмер легінің Hα мен Hβ сызықтары ғана эмиссияда байқалады. Барлық спектрлерінде Fe II(42) 4924 мен 5018 Å сызықтардың жұтуы айқын көрінеді. Бақыланған периодте Hα сызықтың 10 % баламалы енісінен және $0^m.05$ фотометрлік жұлдыздық шамасының мәнінен артық кетпес тұрақсыз өзгерістері байқап көрінеді. Жұлдызаралық жұтуының қисығы мен зерттелген жұлдыз аралығында жақсы келісімін R=3.5 тең болғанда есептеу көрсетеді. Осы жағдайда A_v=2.26. Екіленіп шыңдық құрылымы сызықтардың профильде болады, олар айналысқан және кеңеюлген аймағында диск тәрізді мен симметриясыз геометриясымен құрылады.

Summary

In the paper the results of spectrophotometric and photometric observations are given, received for Be star LkHa 215 during 2001-2008 years at highmounting Assy-Turgen observatory. In 4300-7000 Å spectrum region in emission the Hα and Hβ lines of Balmer series are only observed, which have the double peak structure. On all spectra the absorption lines FeII(42) 4924 and 5018 Å are distinctly seen. For observed period both photometric and Hα line equivalent widths underwent the occasional changes not exceed 10 % for EW and $0^m.05$ for magnitude values. The calculations show that the better agreement of interstellar extinction curve and investigated star is reached at R=3.5. In that case A =2.26. The double peak structure of profiles may be result of disc-like and asymmetric geometry of forming line region, which is in rotation and expanding.

Астрофизический институт
МН-АН РК, г.Алматы
Поступила 20 апреля 2008 г.