

УДК 524.3; 524.386; 524.387

Фотометрическое и спектроскопическое исследование В2е звезды Хербига HD52721: первые результаты

М.А. Погодин¹, Н.Г. Бескровная¹, Г.Г. Валявин², И.С. Гусева¹, С.Е. Павловский¹, Н. Русомаров³, О.В. Ежкова⁴

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Пулковское шоссе 65-1, Санкт-Петербург, Россия, 196140

pogodin@gao.spb.ru

² Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, Карачаево-Черкесская республика, Россия, 369167

gvalyavin@gmail.com

³ Санкт-Петербургский государственный университет, математико-механический факультет, кафедра астрофизики

naum.rusomarov@gmail.ru

⁴ Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга

Поступила в редакцию 5 декабря 2012 г.

Аннотация. Представлены первые результаты фотометрического и спектрального исследования В1/В2е звезды Хербига HD52721, проведенного в 2009–2010 годах на трех обсерваториях: Горная АС ГАО РАН (Кисловодск) – фотометрия, Крымская астрофизическая обсерватория (Украина) – спектроскопия и Национальная обсерватория Енсенада (Мексика) – эшеле-спектроскопия. Дополнительно были использованы фотометрические данные из архива ASAS за 2003–2009 гг. Анализ данных показал, что: а) объект представляет собой тесную двойную систему, состоящую из 2-х звезд близкого спектрального класса (В1–В2) с орбитальным периодом около 1.610 суток; б) система окружена общей дискообразной газовой оболочкой, содержащей азимутальную неоднородность, вращающейся с периодом, равным орбитальному. Делаются предварительные оценки параметров системы и обсуждается ее возможная природа.

PHOTOMETRIC AND SPECTROSCOPIC INVESTIGATION OF THE B2E HERBIG STAR HD52721: FIRST RESULTS, *by M.A. Pogodin, N.G. Beskrovnoyaya, G.G. Valyavin, I.S. Guseva, S.E. Pavlovskiy, N. Rusomarov, O.V. Ezhkova.* We present first results of the photometric and spectroscopic investigation of the B1/B2 Herbig star HD52721 performed in 2009–2010 at three observatories: Mountain Astronomical Station (Kislovodsk) – photometry, CrAO(Crimea, Ukraine) – spectroscopy, Observatory San Pedro Martyr (Ensenada, Mexico) – high-resolution eshelle-spectroscopy. We have also used photometric data from the ASAS survey for 2003–2009. Our analysis has shown that a) the object is a close binary system with the orbital period of 1.610 days composed of two components of similar spectral type (B1–B2); b) the system is surrounded by the common disk-like envelope containing azimuthal inhomogeneity rotating with the orbital period of the system. We present preliminary estimates of the system parameters and discuss its possible nature.

Ключевые слова: двойные системы – звезды, околозвездная среда – звезды, объект HD52721

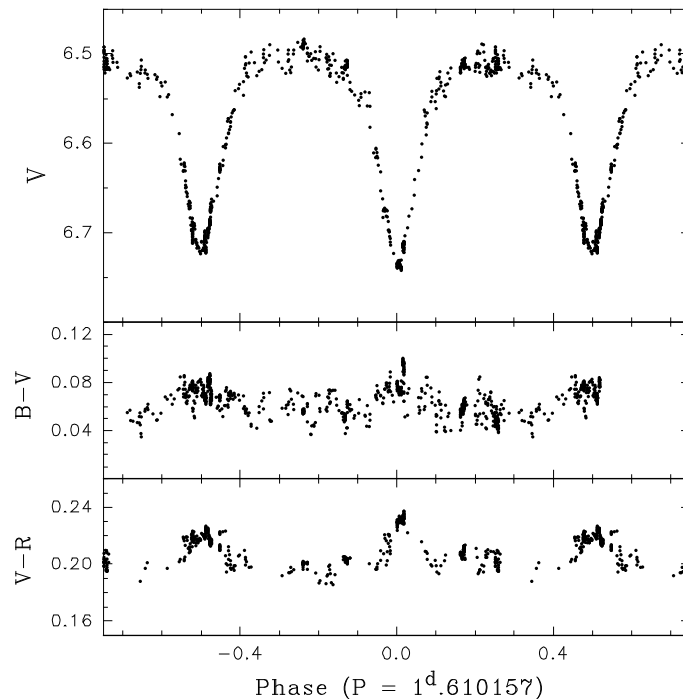


Рис. 1. Фазовая кривая блеска и показателей цвета HD52721 по майданакским данным 1987–1998 гг. для периода $P = 1^{\text{d}}.610$. Диаграммы построены методом совмещения фазовых фрагментов с учетом долгопериодической переменности параметров (на масштабе месяцы-годы)

1 Введение

Мы представляем результаты фотометрического и спектроскопического исследования Ве звезды Хербига HD52721 (GU CMa, MWC164, B2Vne, $V = 6^{\text{m}}.6$). HD52721 является одним из наиболее ярких и массивных молодых объектов в обширном комплексе звездообразования в созвездии Большого Пса. Его отличительной особенностью является циклическая фотометрическая переменность с периодом $P = 0^{\text{d}}.805$ (см. Погодин и др. (2011) и представленные там ссылки). Целью нашей работы было исследование природы этого объекта на основе данных наблюдений, полученных в рамках нескольких программ.

2 Фотометрические наблюдения

Для анализа были использованы результаты следующих программ наблюдений:

1. Данные фотометрии на 0.15-м телескопе Цейсса Кисловодской горной астрономической станции ГАО РАН (11 ночей с 7 по 28 марта 2010 г., более 1000 измерений с $t_{\text{exp}} = 10^{\text{s}}$, фильтры не использовались) (Погодин и др., 2011);
2. Данные из архива ASAS (более 500 измерений в фильтре V с IX.03 по XII.09) (Погодин и др., 2011);
3. Данные многоцветной UBVR-фотометрии, полученные в 1987–1998 гг. в Майданакской обсерватории (Узбекистан) (Ежкова, 1999, 2000), которые были заново переобработаны с более высокой точностью (около 700 BVR измерений блеска).

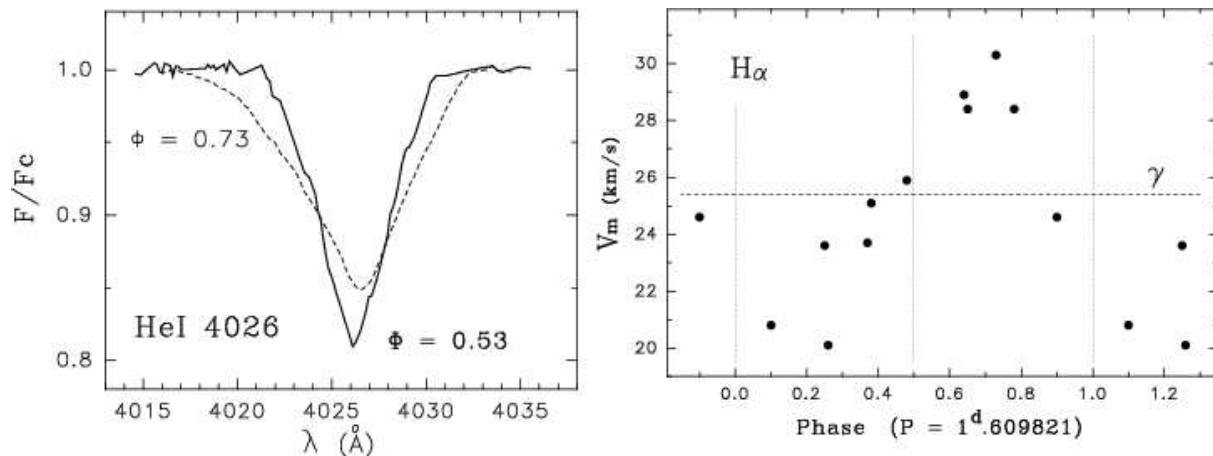


Рис. 2. *Левая панель:* Сравнение нормированных профилей линии He I 4026 Å, наблюдаемых в максимуме ($\Phi = 0.73$) и минимуме ($\Phi = 0.53$) блеска.

Правая панель: Корреляция скорости центра тяжести V_m эмиссионного профиля $H\alpha$ с фазой Φ фотометрического периода $P = 1^d.610$. γ – скорость собственного движения центра масс системы. Средняя точность одного значения $V_m - \pm 0.9$ км/с

Фазовые диаграммы блеска и показателей цвета, построенные по майданакским данным для удвоенного периода $P = 1^d.610$, показаны на рис. 1. Видно, что два последовательных фотометрических минимума, разделенные по фазе на 0.5, имеют разную глубину, что подтверждается и по результатам фотометрии ASAS (Погодин и др., 2011). Хорошо заметно покраснение объекта на фазах минимумов, что уже было отмечено ранее в работе Тъин А Дье и др. (2001). Полученный результат свидетельствует о том, что HD52721 представляет собой двойную систему с орбитальным периодом $P = 1^d.610$, компоненты которой (звезды класса В) имеют близкие параметры. Система окружена плотной газовой оболочкой, эмиссия которой дает вклад в общий блеск системы. На фазах минимумов, когда один компонент экранирует другой, вклад излучения звезд с большей цветовой температурой (по сравнению с эмиссией околосредней оболочки) уменьшается, что приводит к эффекту покраснения.

3 Спектроскопические наблюдения

В течение 5 ночей (с 18 по 25 февраля 2010 года) было получено более 40 спектров HD52721 в обсерватории Сан Педро Мартир Национального университета Мексики ОАН SPM UNAM (Энсенада, Мексика) с использованием эшелле-спектрографа REOSC (Левин, Чахрабарты, 1994), установленного на 2.1-м телескопе ($R = 17000$). Дата 18.03.10 (JD2455246.713) соответствовала фазе максимума блеска ($\Phi = 0.733$), а дата 24.03.10 (JD2455252.832, $\Phi = 0.534$) близка к фотометрическому минимуму. На рис. 2 (левая панель) на примере линии He I 4026 показано, что профили атмосферных линий в спектре HD52721, наблюдаемые в максимуме блеска ($\Phi = 0.73$), шире и мельче, чем в минимуме блеска ($\Phi = 0.53$), а также имеют заметную асимметрию. Этот эффект является ожидаемым для тесных затменных двойных систем. Профили атмосферных линий He I 4009, 4026, 4122 и 4388 в минимуме блеска, т. е. не искаженные орбитальной скоростью движения компонентов системы, были использованы для определения параметров атмосферы, средних для обоих компонентов: $T_{\text{eff}} = 25000 \pm 1000^\circ \text{K}$, $\log g = 4.0$, $V \sin i = 200$ км/с. При расчетах применялась программа построения синтетических спектров атмосферы (Пискунов, 1992).

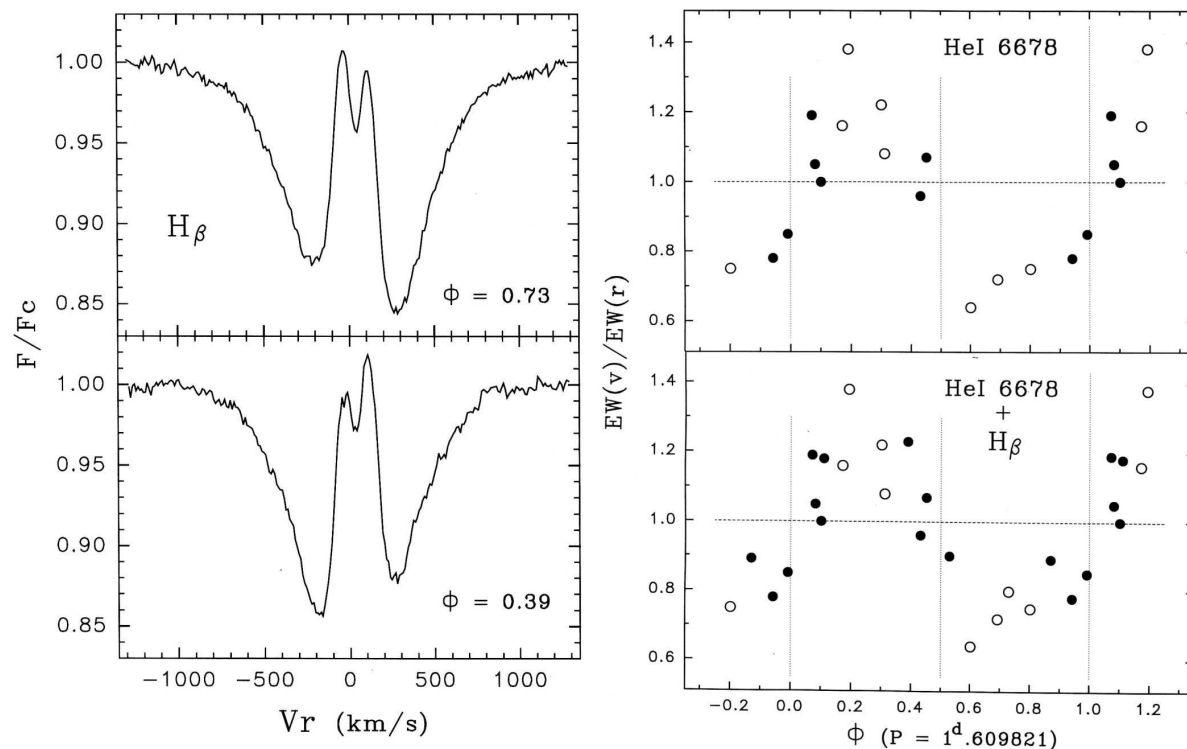


Рис. 3. *Левая панель:* Нормированные профили линии H_{β} , наблюдавшиеся на фазах максимумов блеска $\Phi = 0.39$ и 0.73 фотометрического периода $P = 1^{\text{d}}.610$.

Правая панель: Корреляция показателя асимметрии профиля линии $\text{HeI } 6678 \text{ \AA}$ и H_{β} с фазой Φ фотометрического периода $P = 1^{\text{d}}.610$. Светлыми кружками помечены значения, соответствующие более широким профилям с менее глубоким центральным ядром. Черные кружки соответствуют более узким и глубоким профилям. Верхняя часть – только для линии $\text{HeI } 6678 \text{ \AA}$, нижняя – для обеих линий

Полученное значение $T_{\text{eff}} = 25000^{\circ} \text{ K}$, расстояние $d = 1050 \text{ пс}$, $\log(L/L_{\odot}) = 4.25$ и радиус каждого компаньона системы $R/R_{\odot} \sim 5$, взятые из работы Тьин А Дье (2001), позволили оценить радиус орбиты, средний для двух компаньонов, $r_{\text{orb}} = 1.6R$ и орбитальную скорость $V_{\text{orb}} \sim 250 \text{ км/с}$. Профили атмосферных линий, наблюдаемые в максимуме блеска ($\Phi = 0.73$), на первый взгляд представляются недостаточно широкими при полученных оценках $V \sin i = 200 \text{ км/с}$ и $V_{\text{orb}} \sim 250 \text{ км/с}$. Было сделано предположение, что профили этих линий искажены влиянием излучения околозвездной оболочки, вклад которой может быть переменным. Из литературы известно, что оценка $V \sin i$ HD52721 в некоторые даты может достигать $456 \pm 2 \text{ км/с}$ (Фрема и др., 2006), в предположении, что объект является одиночной звездой. Этот результат вполне согласуется с нашими определениями $V \sin i$ и V_{orb} .

Для анализа поведения линий, образующихся в околозвездной оболочке, были использованы, помимо данных эшелле-спектроскопии, результаты наблюдений с куде-спектрографом ASP 14 ($R \sim 25000$), установленном на 2.6-м ЗТШ Крымской АО (Украина). В течение 14 ночей с октября 2009 г. по октябрь 2010 г. было получено более 50 спектров в области линий H_{α} , $\text{HeI } 5876$ и DNaI . Анализ полученных данных показал, что параметры околозвездных линий в спектре HD52721 демонстрируют уверенную корреляцию с фазой фотометрического периода $P = 1^{\text{d}}.610$.

На рис. 2 (правая панель) показана фазовая зависимость скорости центра тяжести эмиссионного профиля H_{α} , свидетельствующая о глобальной асимметрии околозвездной оболочки. Подобную

асимметрию демонстрируют также фазовые диаграммы линий H_{β} и HeI 6678. Они имеют двухкомпонентную структуру. На широкий абсорбционный атмосферный профиль накладывается более узкий эмиссионный, показывающий два пика. На рис. 3 (левая панель) на примере линии H_{β} видно, что положение эмиссионного профиля относительно атмосферной подложки изменяется в зависимости от фазы периода $P = 1^d.610$. Рис. 3 (правая панель) иллюстрирует фазовые изменения параметра асимметрии профиля, определяемого как отношение $EW(V)/EW(R)$, для линий HeI 6678 и H_{β} , где $EW(V)$ – эквивалентная ширина голубой половины общего профиля ($V_r < 0$), а $EW(R)$ – его красной половины ($V_r > 0$). Ширина атмосферной компоненты также изменяется с фазой. Аналогично голубым атмосферным линиям гелия, в области минимумов профили уже и глубже, чем в максимуме блеска.

Поведение линий оболочки свидетельствует, что оболочка, окружающая систему, имеет дискообразную форму и видна почти “с ребра”. Она содержит глобальную азимутальную неоднородность, вращающуюся синфазно с орбитальным движением компонентов системы и сосредоточенную около компонента, ответственного за более глубокий минимум.

Природа этой неоднородности остается предметом дальнейшего исследования. Мы можем предположить, что это может быть динамическое образование в виде гипотетического струйного истечения из системы в оболочку, если система является взаимодействующей. Таким образованием может также оказаться асимметричный фронт взаимодействия звездного ветра, истекающего из каждого из двух компонентов системы, если плотность истечения у них различная (см., например, Усов, 1991).

4 Заключение

Представленные результаты были получены в ходе новых наблюдений HD52721, а также пересмотра более ранних данных, частично опубликованных различными авторами (в том числе и нами). В итоге было установлено, что:

- HD52721 представляет собой тесную двойную систему, включающую две В1–В2 звезды с близкими параметрами, с расстоянием между компонентами порядка 3.2 радиуса, среднего для двух звезд системы, и орбитальным периодом $P = 1^d.610$.
- Система окружена плотной газовой оболочкой, ориентированной по отношению к наблюдателю почти “с ребра”. Благодаря высокой плотности газа оболочка дает заметный вклад в общий блеск системы, а из-за ее высокой температуры ($T_e \sim 15\text{--}20$ тыс. градусов) она может искажать профили атмосферных линий HeI в спектральной области 4000–4500 Å, что затрудняет детальное исследование параметров компонентов системы и характеристик их орбитального движения.
- Дискообразная оболочка имеет глобальную азимутальную неоднородность, вращающуюся синхронно с орбитальным движением компонентов системы.

5 Благодарности

Данная работа была выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 21, Программы ОФН РАН № 17 и Программы “Ведущие научные школы” (грант № НШ-1625.2012.2).

Литература

- Ежкова (Ezhkova O.V.) // Inform. Bull. Var. Stars. 1999. V. 4693. P. 1.
 Ежкова О.В. // Исследование фотометрической и спектральной переменности избранных Ae/Be звезд Хербига. Кандидатская диссертация. Ташкент. 2000.
 Левин, Чакрабарти (Levine S., Chakrabarty D.) // IA-UNAM. Technical Report № MU-94-04. 1994.
 Пискунов (Piskunov N.E.) // Stellar Magnetism. St.Petersburg: Nauka. 1992. P. 92.

Погодин М.А, Бескровная Н.Г., Гусева И.С., Павловский С.Е., Русомаров Н. // *Астрофизика*. 2011. Т. 54. С. 243.

Тъин А Дье и др. (Tjin A Dje H.R.E., van den Ancker M.E., Blondel P.F.C., et al.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 2001. V. 325. P. 1441.

Усов (Usov V.V.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 1991. V. 252. P. 49.

Фрема и др. (Fremat Y., Neiner C., Hubert A.-M., et al.) // *Astron. Astrophys.* 2006. V. 451. P. 153.