

УДК 524.3-355

Активные явления у Ae звезды Хербига HD 163296

М.А. Погодин¹, S.L.A. Vieira², M.M. Guimaraes³, W.J.B. Corradi³

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

² Centro Universitario UNA, Belo Horizonte, Brazil

³ UFMG, Belo Horizonte, Brazil

Поступила в редакцию 31 октября 2008 г.

Аннотация. Мы анализируем спектроскопические данные, полученные 8–10 мая 2002 г. для Ae звезды Хербига HD163296. Наблюдения проводились на 1.5-м телескопе ESO (Чили) с эшелле-спектрометром высокого разрешения (R~48000) FEROS. Профили линий, формирующиеся в звездном ветре (такие, как H α – H δ , CaII (K&H) и DNaI), в течение всего периода наблюдений показывали сильные изменения. Анализ этой переменности позволил сделать вывод о сложной пространственной структуре ветра, содержащего слои преимущественного образования локальных неоднородностей истекающего газа. Корреляция между различными спектральными параметрами, характеризующими процессы как в околозвездной оболочке, так и в атмосфере звезды, указывает на возможную связь обнаруженной атмосферной активности с аккрецией околозвездного газа на звезду. В отдельные даты наблюдались также признаки связи между процессами аккреции и звездного ветра.

ACTIVE PHENOMENA IN THE Ae STAR HD163296, by *M.A. Pogodin, S.L.A. Vieira, M.M. Guimaraes, W.J.B. Corradi.*

Ключевые слова: Молодые Ae звезды Хербига, спектроскопия, спектральная переменность, дисковая аккреция и звездный ветер

1 Введение

Известная звезда с эмиссионными линиями HD163296 (B9Ve – A2Ve) была впервые классифицирована как молодая Ae/Be звезда Хербига в работе Финкенцеллера, Мундта (1984). В последующие годы она часто становилась объектом исследования. Спектр HD163296 показывает признаки интенсивного звездного ветра. Многочисленные спектроскопические наблюдения с высоким разрешением показали сложную картину переменности, наблюдаемой в многочисленных околозвездных (CS) линиях. Она была интерпретирована как результат существования в оболочке устойчивых пространственных неоднородностей, вращение которых модулирует профили линий (Бааде, Шталь, 1989; Катала и др., 1989; Погодин, 1994; Бескровная и др., 1998).

Целью нашей работы было дальнейшее исследование спектральных особенностей HD163296 на основе нового наблюдательного материала, полученного с использованием эшелле-спектрометра высокого разрешения.

2 Наблюдения

19 спектров HD 163296 были получены с 8 по 10 мая 2002 г. на 1.52-м телескопе ESO (Ла-Силья, Чили) с использованием эшелле-спектрометра высокого разрешения FEROS ($R = 48000$). Перечень всех полученных спектров приведен в таблице 1, где время UT соответствует середине экспозиции.

При общем спектральном диапазоне $\lambda\lambda$ 3800–8800 Å, отношение сигнал/шум (S/N) составляло от 100 до 200 в зависимости от конкретной спектральной области.

Таблица 1. Список спектров HD 163296, полученных в мае 2002 г.

8 мая	9 мая	10 мая
2 ^h 57 ^m	2 ^h 59 ^m	2 ^h 31 ^m
4 ^h 33 ^m	3 ^h 58 ^m	3 ^h 55 ^m
8 ^h 26 ^m	5 ^h 08 ^m	5 ^h 26 ^m
9 ^h 09 ^m	6 ^h 24 ^m	6 ^h 41 ^m
10 ^h 32 ^m	7 ^h 55 ^m	8 ^h 12 ^m
	9 ^h 09 ^m	9 ^h 21 ^m
	10 ^h 10 ^m	10 ^h 20 ^m

Для сравнения с результатами наблюдений мы рассчитывали также синтетические спектры атмосферы объекта по программе SYNTH+ROTATE (Пискунов, 1992). Параметры модели атмосферы были взяты из (Гимараэс и др., 2006): $T_{\text{eff}} = 9400^{\circ}\text{K}$, $\log g = 4.1$, $\text{Fe}/\text{H} = 0.5$, $V \sin i = 130$ км/с.

3 Результаты

Анализ полученных результатов наблюдений позволил нам сделать следующие выводы:

1. В течение первой ночи наблюдений (8 мая) бальмеровские линии имели эмиссионные профили, на голубое крыло которых накладывалось несколько узких абсорбционных компонент (рис. 1, *слева*). В последующие две ночи эти локальные компоненты стали менее глубокими, а в конце сезона эмиссионные профили стали двойными. Рис. 1 (*справа*) демонстрирует быструю переменность профиля $\text{H}\alpha$ в течение отдельных ночей. На рисунке видно, что время жизни отдельных локальных компонент составляет несколько часов. Такой характер переменности типичен для звездного ветра, содержащего пространственные неоднородности.
2. Анализ переменности лучевых скоростей всех абсорбционных компонент ряда линий, формирующихся в звездном ветре, показывает, что можно выделить по крайней мере 4 различные зависимости (рис. 3). На рисунке видно, что наиболее высокоскоростная из этих зависимостей носит достаточно регулярный и, по-видимому, циклический характер. При этом она имеет и наибольшую амплитуду изменений. Предполагаемый период этих изменений – около 2-х суток, что соответствует результатам, полученным ранее для этой звезды (Катала и др., 1989). Обращает на себя внимание то, что каждая из $V\tau$ -зависимостей наблюдается в течение всех 3-х ночей, что существенно превышает время жизни отдельных локальных абсорбционных компонент (как было отмечено выше – порядка нескольких часов). Поэтому наблюдаемая переменность $V\tau$, по-

видимому, связана не с вращательной модуляцией профилей какой-то одной азимутальной неоднородности, а является свидетельством слоистой структуры ветра, содержащего концентрические зоны преимущественного истечения плотного газа. Такая пространственная структура ветра может быть связана со специфическими особенностями конфигурации глобального магнитного поля в области генерации звездного ветра, которое управляет процессом истечения вещества.

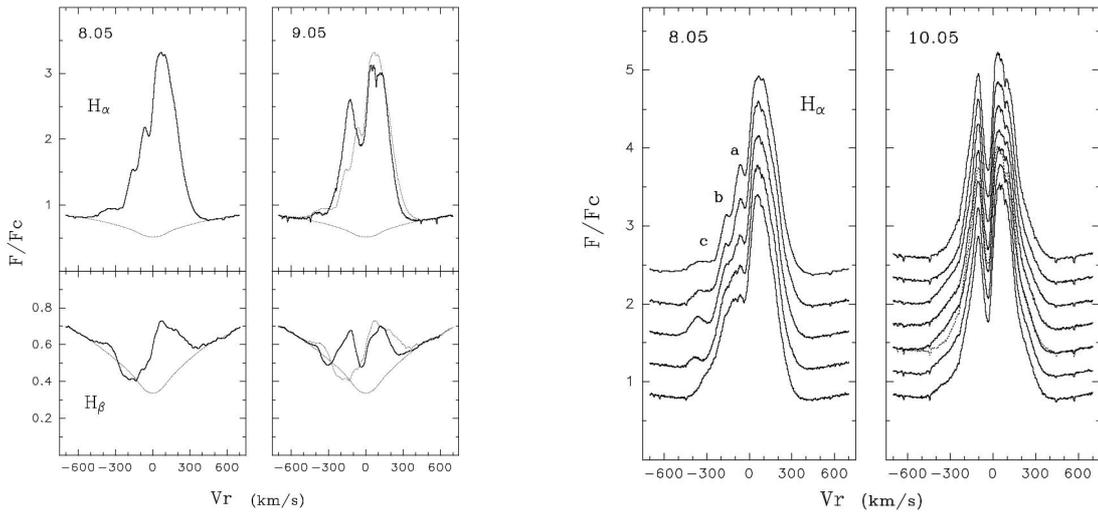


Рис. 1. Слева – нормированные профили линий $H\alpha$ и $H\beta$, полученные в начале ночей 8 и 9 мая. Для сравнения приведены профили синтетического спектра атмосферы. Справа – быстрая переменность профиля $H\alpha$ в течение ночей 8 и 10 мая. Время направлено сверху вниз

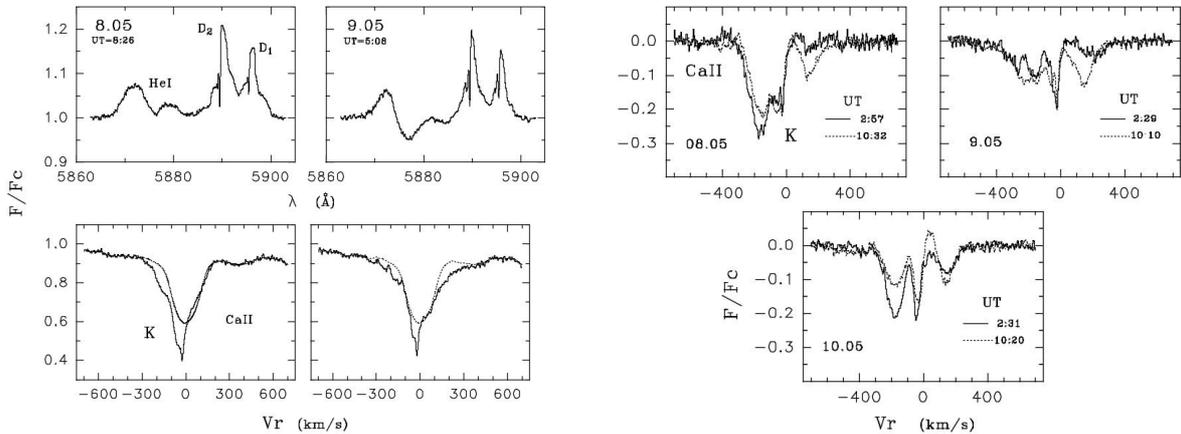


Рис. 2. Слева – характерные профили линий HeI 5876, DNaI и CaII K (в сравнении с синтетическим спектром). Справа – характерные дифференциальные профили линии CaII K, полученные путем вычитания атмосферной компоненты из общего профиля

3. Линия HeI (на $\lambda = 5876 \text{ \AA}$) имеет двухкомпонентный профиль с достаточно стабильным эмиссионным пиком, формирующимся в звездном ветре, прозрачном в этой линии, и очень переменной красной частью, связанной с аккреционным потоком, которая в

линии гелия непрозрачна. Эта часть профиля может наблюдаться как в абсорбции, так и в эмиссии (рис. 2, *верхняя часть слева*).

- Такие же 2 компонента наблюдаются в резонансной линии CaII K (рис. 2, *внизу слева*). После отделения атмосферной компоненты такая структура CS CaII K профиля видна наиболее отчетливо (рис. 2, *справа*). Помимо голубой детали, связанной с ветром и с красной, характеризующей плотность аккреционного потока, в центральной части профиля присутствует также узкая абсорбционная линия, образующаяся в наиболее удаленных звездного ветра непрозрачен в линии CaII K.

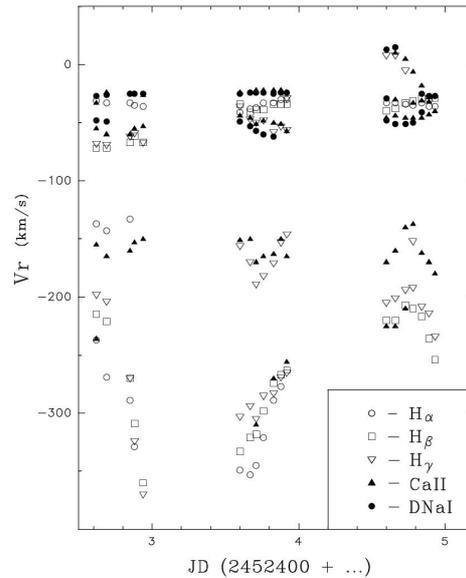


Рис. 3. Изменение лучевых скоростей всех локальных абсорбционных компонент различных линий, формирующихся в звездном ветре

- Была обнаружена переменность профилей у ряда атмосферных линий, принадлежащих ионизованным металлам (MgII 4481, TiII 4501, FeII 4508), проиллюстрированная на рис. 4 (*слева*). В правой части рисунка 4 общая картина изменений показана на примере дифференциальных спектров, построенных путем вычитания усредненного спектра из всех индивидуальных. Она носит сложный характер и подтверждает похожий результат Бааде и Шталя (1989), полученный еще в конце 80-х годов.

Была исследована корреляция изменений профиля линии MgII 4481 (бисекторная V_r на уровне $0.7 F_c$) и параметров, характеризующих процесс аккреции и истечения. В качестве параметров, связанных с аккрецией, были выбраны: а) интенсивность в красном крыле профиля линии HeI 5876 в области ее максимума (или минимума, см. рис. 4), обозначенная для краткости “HeI(red)”, б) такая же интенсивность в красном крыле дифференциального профиля линии CaII K (см. рис. 2, *справа*) и обозначенная “CaII(CS,red)”. С другой стороны, интенсивность в голубом крыле этого профиля была нами использована как характеристика звездного ветра – “CaII(CS,blue)”, к которой был добавлен также параметр асимметрии эмиссионного профиля линии H α $Q = (EW^+ - EW^-) / (EW^+ + EW^-)$, где EW^+ и EW^- соответственно эквивалентная ширина эмиссионного профиля в области положительных ($V_r > 0$) и отрицательных ($V_r < 0$) лучевых скоростей. Понятно, что при исчезновении ветра, когда профиль становится полностью симметричным, $Q = 0$, а для развитого PСуг-профиля $Q \approx 1$.

6. Оказалось, что изменения в атмосферной линии MgII 4481 коррелировали с параметром истечения $Q(\text{H}\alpha)$ только в первую ночь 8 мая (рис. 5, *слева*), в то время как их корреляция с параметрами аккреции наблюдалась в течение всех 3-х ночей (рис. 5, *справа*). На основании этого был сделан вывод о возможном существовании физической связи процесса аккреции на звезду и активности, наблюдаемой в атмосферных линиях.

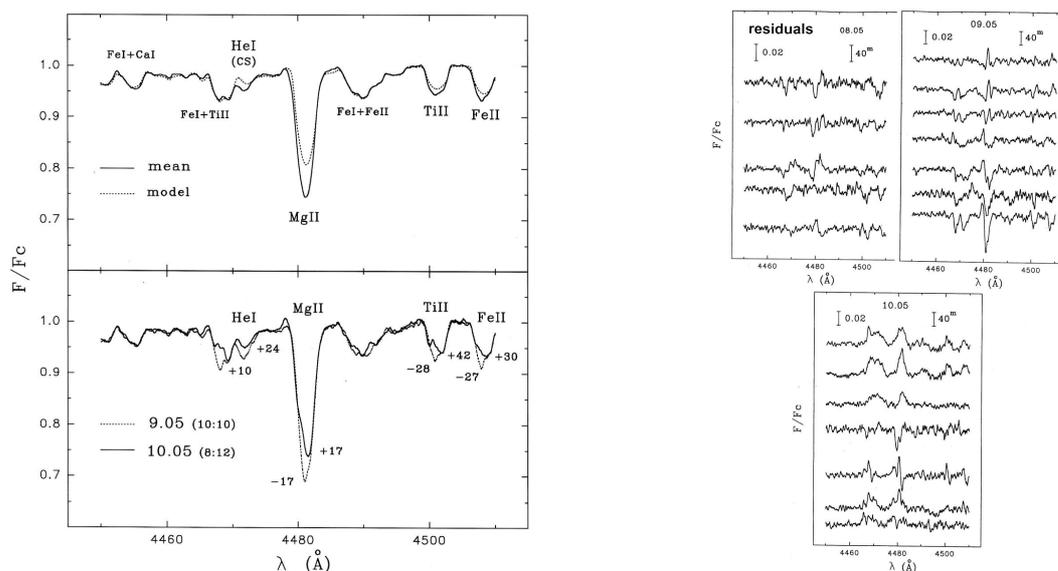


Рис. 4. Слева – участок спектра, содержащий атмосферные линии в сравнении с синтетическим спектром (верхний рисунок). На нижнем рисунке показаны характерные изменения профилей атмосферных линий. Справа – дифференциальные спектры объекта в области атмосферных линий, полученные путем вычитания усредненного за весь сезон спектра из каждого индивидуального

7. Анализ амплитуды изменений V_T атмосферных линий показал, что они, как правило, меньше, чем лучевые скорости, наблюдающиеся даже в самом удаленном ветре (рис. 3). Поэтому источником подобной активности не могут быть процессы в звездном ветре. Но это может быть внутренний край аккреционного диска, частично закрывающий от наблюдателя саму звезду, при условии, что диск подходит к звезде достаточно близко. Мы также не можем исключить возможности, что наблюдаемая переменность может быть связана с возбуждением аккреционным потоком экваториальной области на поверхности звезды. Согласно Ихсанову (1999), это может привести к генерации на промежуточных широтах системы локальных магнитных полей и возникновению радиальных движений на поверхности звезды. Но это предположение требует проверки на основе дополнительных теоретических расчетов.

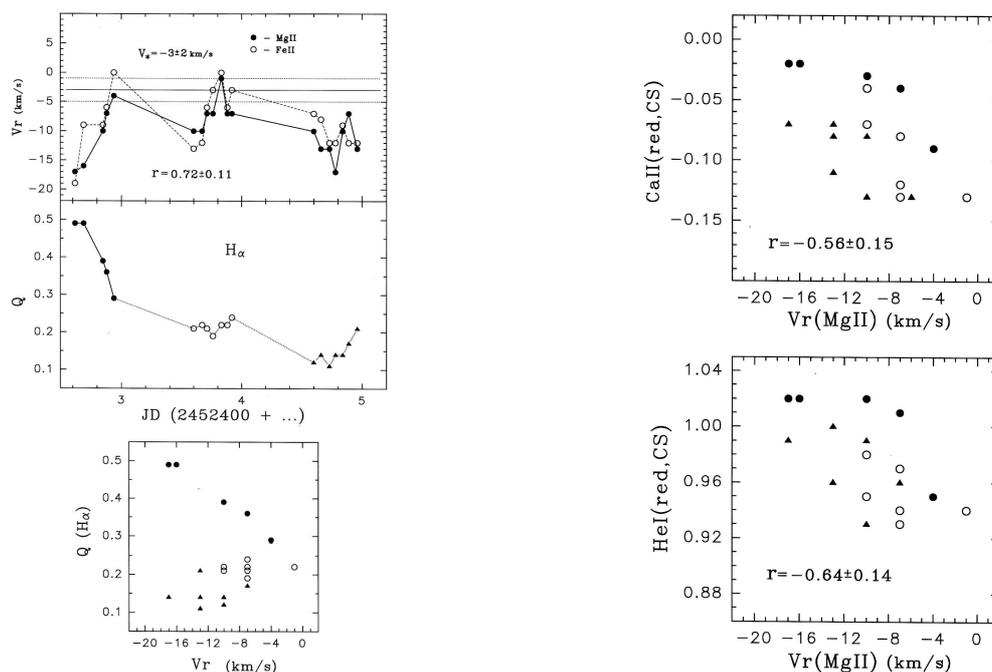


Рис. 5. Слева – изменение во времени лучевых скоростей атмосферных линий и параметра Q для линии $H\alpha$ и их корреляция, которая наблюдалась только 8 мая. Справа – корреляция изменений лучевой скорости линии $MgII$ 4481 и параметров, связанных с процессом аккреции. Значения всех параметров для каждой ночи обозначены разными символами

Благодарности

М.А. Погодин с благодарностью отмечает, что его участие в работе проходило при спонсорской помощи из следующих грантов: Программа Президиума РАН No 4, Программа ОФН РАН No 10104, РФФИ (грант No 07-02-00535а) и Научная школа No 6110.2008.2. Бразильские соавторы выражают признательность за поддержку из грантов FAREMIG (EDT-1883/03 и CEX-96/04). Мы также благодарны доктору Г. Хенсберге за помощь при обработке данных, полученных со спектрометром FEROS.

Литература

- Бааде, Шталь (Baade D., Stahl O.) // *Astron. Astrophys.* 1989. V. 209. P. 268.
 Бескровная и др. (Beskrovnaya N.G., Pogodin M.A., Yudin R.V., Franco G.A.P., Vieira S.L.A., Evans A.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1989. V. 127. P. 243.
 Гимараэс и др. (Guimaraes M.M., Alencar S.H.P., Corradi W.J.B., Vieira S.L.A.) // *Astron. Astrophys.* 2006. V. 457. P. 581.
 Ихсанов (Ikhsanov N.R.) // *Astron. Astrophys.* 1999. V. 347. P. 915.
 Катала и др. (Catala C., Simon T., Praderie F., Talavera A., Boesgaard A.M.) // *Astron. Astrophys.* 1989. V. 221. P. 273.
 Пискунов (Piskunov N.E.) // *Stellar Magnetism*. St. Petersburg: Nauka. 1992. P. 92.
 Погодин (Pogodin M.A.) // *Astron. Astrophys.* 1994. V. 282. P. 141.
 Финкенцеллер, Мундт (Finkenzeller U., Mundt R.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1984. V. 55. P. 109.