

УДК 524.338.5:520.84

Долговременная переменность в спектре Π Сер

Н.З. Исмаилов, Г.Р. Бахаддинова, О.В. Халилов

Шамахинская астрофизическая обсерватория НАН Азербайджана, пос. Ю. Мамедалиева, г. Шамаха,
Азербайджан, AZ 5624
ismailovn@yahoo.com

Поступила в редакцию 10 октября 2013 г.

Аннотация. Приведены результаты спектральных наблюдений в оптическом диапазоне звезды типа Ae/Be Хербига Π Сер за 2006–2011 гг. Показано, что профиль линии H_α меняется в разные годы. Впервые найдено, что различные спектральные параметры эмиссионных линий водорода H_α и H_β и абсорбция в линии гелия HeI $\lambda 5876 \text{ \AA}$ показывают медленные изменения со временем; экстремум значений спектральных параметров был достигнут в 2009–2010 гг. Предполагается, что обнаруженная переменность в спектре звезды может быть связана с присутствием в системе дополнительных тел.

LONG-TIME SPECTRAL VARIABILITY OF Π CEP, *by N.Z. Ismailov, G.R. Bahaddinova, O.V. Khalilov.* We present results of our six-year study of the spectrum of Π Cep (HD 216629), a Herbig Be star. For the first time, we found that different spectral parameters of H_α and H_β emission lines and absorption in the helium line HeI $\lambda 5876 \text{ \AA}$ show slow variations at a time scale of 5–6 years; the spectral parameters reached their extremes in 2009–2010. Variations observed in the D1, D2 NaI, in a weak form follow the variation of radial velocities in H_α emission. The observed variability in the spectrum of the star is supposed to be associated with the presence of additional bodies in the system.

Ключевые слова: Ae/Be-звезды Хербига, спектральная переменность, Π Сер

1 Введение

Звезда Π Сер известна как член молодой ассоциации Сер OB3, расположенной от нас на расстоянии 735 пс (Гармани, 1973). В работе Гармани (1973) по результатам измерений 6 спектрограмм в области от H_γ до H_{13} была определена скорость вращения звезды, равная 270 км/с. Найден спектральный класс B2IV-V; лучевая скорость звезды определена как $V_r = -39.4$ км/с, а по линии межзвездного поглощения CaII $V_r = -11.1$ км/с. Объект числится в списке звезд типа Ae/Be Хербига Финкенцеллера и Мундта (1984), где приведена также часть результатов измерений из работы Ассуза и др. (1977). Показано, что в спектре звезды линия H_α имеет однокомпонентную эмиссию, а ее эквивалентная ширина составляет около -10 \AA . В списке Бёма и Каталы (1995) приведена скорость вращения 190 ± 15 км/с; эквивалентная ширина эмиссии H_α равна $23 \pm 1 \text{ \AA}$, а эквивалентная ширина абсорбции He I $\lambda 5876 \text{ \AA}$ – около $0.25 \pm 0.05 \text{ \AA}$.

По фотометрическим наблюдениям Хилл (1967) заподозрил периодическую переменность блеска

звезды с периодом 1.401^d , что, по мнению автора, могло быть вызвано затмениями в двойной системе. Поэтому звезда была включена в Общий каталог переменных звезд (ОКПЗ; Самусь и др., 2012) как затменная типа EA. Позже периодичность не была подтверждена, хотя переменность звезды не вызывала сомнений (Хилл и др., 1976). На расстоянии около $6''$ от звезды в оптическом диапазоне наблюдается визуальный компонент, что затрудняет получение фотометрических наблюдений высокой точности.

По данным Шевченко и др. (1993), измеренная скорость вращения по линиям гелия составляет 180 ± 40 км/с, а эмиссия в линии H_α удвоенная, но с широкой эмиссией в каждом компоненте, из-за чего трудно разрешить отдельные компоненты линии. На основе анализа 600 фотометрических измерений Шевченко и др. (1993) выявили периодическую переменность блеска звезды с периодом 50.9^d и амплитудой 0.10^m . Они пришли к заключению, что звезда, вероятно, является затменной двойной системой. Из-за небольшой амплитуды первичного затмения этот результат оставался неуверенным. По итогам анализа фотометрических данных, авторами звезда внесена в список молодых затменных систем, и эта группа звезд была названа “квазиалголами”.

В работе Уилрайта и др. (2010) было установлено существование еще одного, более тесного оптического компонента звезды на угловом расстоянии $0.4''$ при позиционном угле 54.3° и с разницей блеска $\delta V = 3.5^m$. Несмотря на то, что звезда является одним из относительно ярких представителей звезд типа Ae/Be Хербига, к настоящему времени она изучена относительно слабо. Основная часть результатов наших спектральных наблюдений приведена в работе Исмаилова и др. (2013). Часть результатов излагается в этом сообщении.

2 Наблюдение и результаты

Спектральные наблюдения были выполнены в 2006–2011 гг. в кассегреновском фокусе 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана. Применялся спектрометр, собранный на базе спектрографа UAGS. Аппаратура, метод наблюдений и обработки спектрального материала подробно изложены в работе Исмаилова и др. (2013). Спектральное разрешение составило $R = 14000$; отношение сигнала к шуму в области линии H_α $S/N = 80 - 100$, а в области линии H_β около $S/N = 5 - 10$, диапазон λ 4700–6800 Å, линейная дисперсия около 10 Å/мм. Среднее значение инструментального контура даже по интенсивной линии аргона λ 6032.124 Å получено 0.44 ± 0.04 Å, что может быть принято за верхний предел этого параметра. Значения полуширин отдельных линий в наших измерениях меняются в пределах: у H_α 6–8 Å, у H_β 2–4 Å, у HeI λ 5876 4–7 Å, у D1,D2 NaI 0.8–1 Å, а у диффузных межзвездных полос (Diffuse Interstellar Bands) DIB 5780, 5798 Å 1.5–2.0 Å. Ошибки измерений эквивалентных ширин составили около 5 %, а измерений интенсивности – около 1 %. Ошибка в позиционных измерениях по спектрам звезд-стандартов составила 2–3 км/с. Ошибки измерений эквивалентных ширин эмиссии $H_{\beta 1}$, $H_{\beta 2}$ и абсорбции HeI λ 5876 Å иногда превышают указанный предел из-за более низкого отношения сигнала к шуму в этих участках спектра.

2.1 Линия H_α

В спектре звезды линия H_α наблюдается в эмиссии, часто с одним доминирующим пиком. Однако, судя по асимметричной структуре профиля, эмиссия состоит из двух пиков, переменных по интенсивности. Иногда эти компоненты видны разделенными, как, например, в случае JD 2455444.383 (рис. 1). Профиль линии имеет асимметричный вид и показывает переменность структуры от ночи к ночи. В разные даты общая ширина линии на уровне континуума составляет 20–22 Å. При вычислении эквивалентной ширины эмиссии измерения производились по всему профилю, т.е. не выделяя отдельных пиков. Среднее значение эквивалентной ширины эмиссии по всем наблюдениям составило -12.25 ± 1.28 Å. Лучевые скорости в линии H_α были измерены по совмещению крыльев на уровне полуширины основного и инверсного профиля. Также были измерены смещения одиночного пика эмиссии, а также смещения отдельных пиков, когда пики синих и красных компонент эмиссии выделялись.

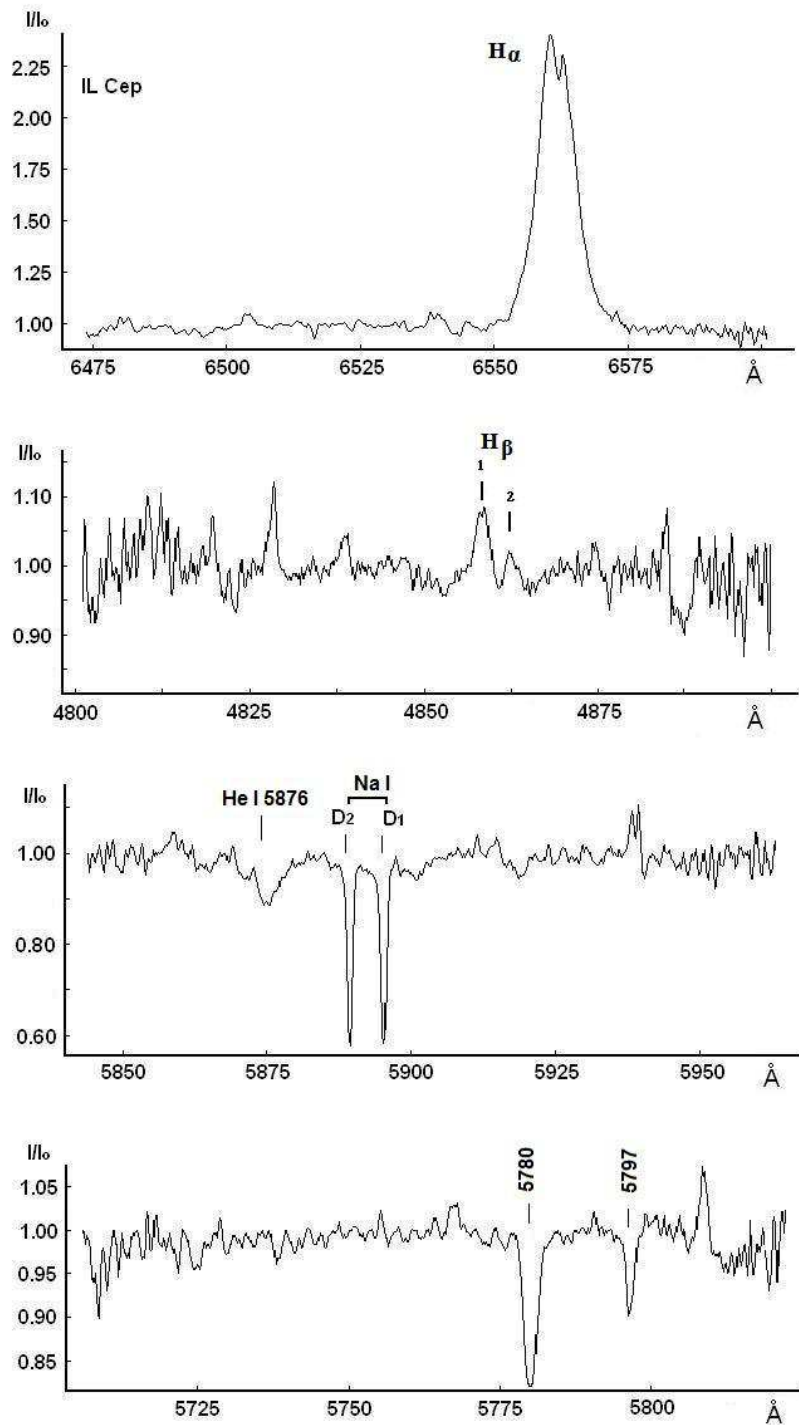


Рис. 1. Отдельные фрагменты спектра IL Cep (JD 2455444.383)

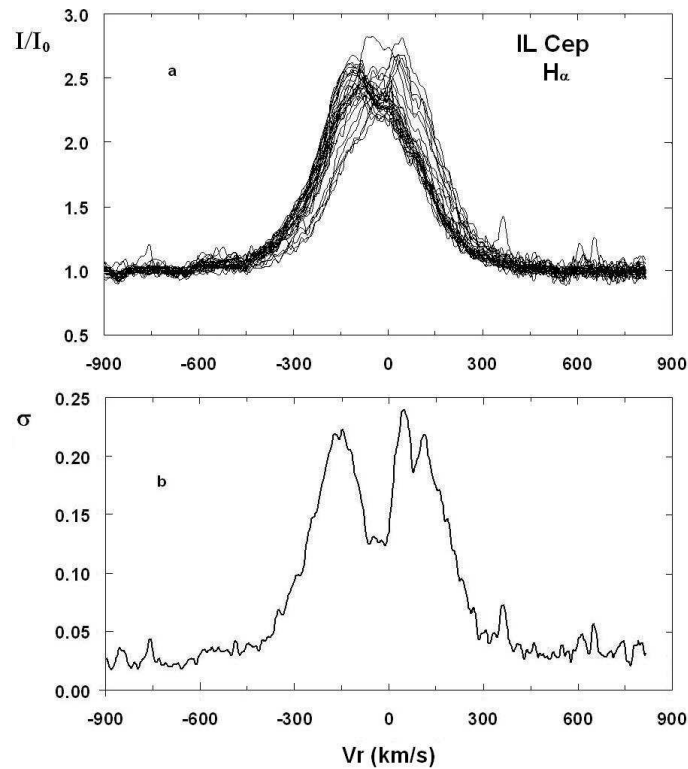


Рис. 2. (а) – Переменность профиля линии H_{α} . (b) – Внизу приводится среднеквадратичное стандартное отклонение σ относительной интенсивности I/I_0 по длине волны

На рис. 2а приведены накладываются друг на друга профили линий H_{α} , полученные по всем спектрограммам. Из рис. 2а видно, что в то время как на уровне крыльев у профиля значительных изменений не наблюдается, пик линии показывает переменность смещения в разные годы. Максимальное значение смещения по всем спектрограммам достигает 4 \AA , что соответствует изменению скорости в линии до 200 км/с . Заметим, что вершины на профилях H_{α} , полученные до 2009 г., показывают красное смещение, а на профилях, полученных позже, – синее смещение. Поэтому накладываются друг на друга профили линии H_{α} , приведенные на рис. 2а, создают среднюю двухпиковую структуру. Это также хорошо видно при вычислении среднеквадратичного стандартного отклонения относительной интенсивности в каждой длине волны (рис. 2b).

На левой панели сверху на рис. 3 приводится график изменения со временем значений сдвига центра линии H_{α} на уровне полуширины (черные кружки), а также сдвиги красного (треугольники) и синего пиков (крестики). Как видно из рис. 3, гелиоцентрические лучевые скорости линии и отдельных пиков эмиссии показывают монотонное уменьшение от $+10 \text{ км/с}$ в 2006 г. до -55 км/с в 2010 г. При выделении каждого пика оба компонента показывают синхронное смещение с центром линии. Максимальное смещение синего компонента, -106 км/сек , наблюдается в 2010 г. В это же время наблюдается максимальный сдвиг у красного компонента, достигающий $+1 \text{ км/сек}$. Общий интервал изменений лучевых скоростей в линии H_{α} составляет около $60\text{--}70 \text{ км/сек}$. В нижней (слева) панели на рис. 3 показана переменность эквивалентных ширин со временем. Эквивалентная ширина линии была вычислена интегрированием по всему профилю линии без разделения отдельных компонентов. Как видно, значения эквивалентных ширин эмиссии H_{α} дают разброс около среднего, немного превышающий уровень 3σ . В целом, изменение эквивалентных ширин не показывает четкую синхронность с лучевыми скоростями.

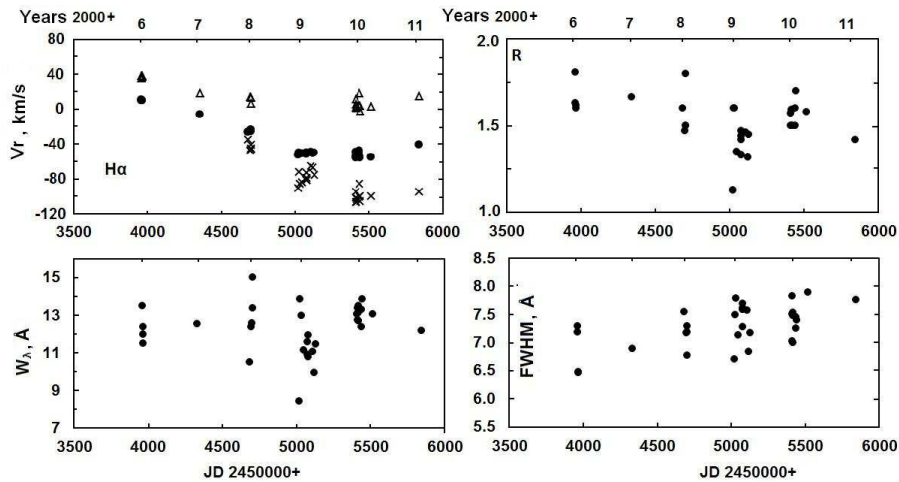


Рис. 3. Слева – изменение лучевых скоростей (вверху) и модуля значений эквивалентных ширин (внизу), справа – изменение модуля глубин (интенсивностей) и полуширин эмиссии H_{α} . Крестиками обозначено смещение синего пика $VrH_{\alpha 1}$, треугольниками – красного пика $VrH_{\alpha 2}$. Темные кружки соответствуют смещению центра профиля H_{α} на уровне полуширины. На верхней части диаграмм приведена шкала времени в годах

На рис. 3 также приведено временное изменение модуля центральной интенсивности сильнейшего компонента эмиссии H_{α} . Так как разделение профиля линии H_{α} на отдельные компоненты носит неустойчивый характер, мы здесь использовали интенсивности сильнейшего пика эмиссии H_{α} . Как видно из рис. 3, центральные интенсивности R сильнейшего пика эмиссии H_{α} меняются синхронно с лучевыми скоростями (рис. 3, панель справа); модуль интенсивности сохраняет тенденцию монотонного уменьшения. В то же время полуширины линий показывают определенное монотонное увеличение (панель справа на рис. 3).

2.2 Линия H_{β}

Два эмиссионных компонента линии H_{β} практически всегда раздвоены, и каждый компонент накладывается на широкие абсорбционные крылья. В области линии H_{β} отношение сигнала к шуму значительно меньше (S/N 5 – 10), поэтому наблюдаемая слабая двухкомпонентная эмиссия в линии на фоне абсорбции с широкими крыльями едва доступна измерениям (рис. 1). В некоторых случаях уровень S/N еще меньше, что делает невозможным осуществления измерений с достаточной точностью. Мы измерили уверенно выделенные пики эмиссии $H_{\beta 1}$ синего компонента и $H_{\beta 2}$ красного компонента эмиссии.

На рис. 4 приведена зависимость спектральных параметров отдельных компонентов эмиссии H_{β} от времени. Как видно, смещение синего компонента $H_{\beta 1}$ имеет такой же характер, что и для линии H_{α} , т.е. наблюдается сдвиг в фиолетовую часть спектра. Как видно из рис. 2 и 3, синий пик линии $H_{\beta 1}$ имеет минимум при -106 км/сек, а синий пик у линии $H_{\beta 1}$ – при -160 км/сек. У красного компонента эмиссии $H_{\beta 2}$ наблюдается монотонное смещение в красную часть спектра. Изменение эквивалентных ширин компонент H_{β} носит иррегулярный характер, причем среднегодовой минимум значений эквивалентных ширин приходится на 2009 г. Наблюдаемое изменение эквивалентных ширин и лучевых скоростей отдельных компонент линии H_{β} свидетельствует о существовании определенного общего механизма их переменности.

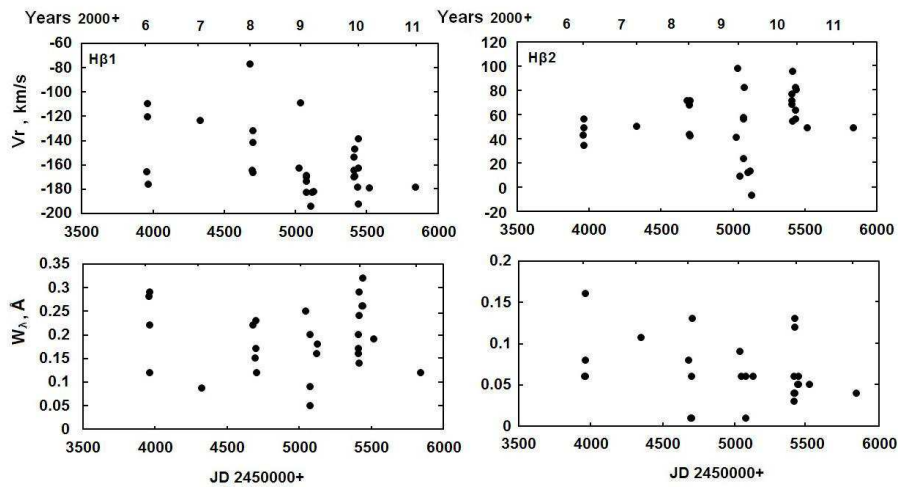


Рис. 4. Изменение лучевых скоростей и модуля эквивалентных ширин для отдельных компонент линии $H\beta$

2.3 Линия $HeI \lambda 5876 \text{ \AA}$

Эта линия представляет собой широкую абсорбцию, на которую, по-видимому, накладывается очень слабая эмиссия, разделяющая линию на две части (рис. 1). В работе Бёма и Каталы (1995) определено значение эквивалентной ширины абсорбции, равное 0.25 \AA ; эквивалентная ширина избыточной эмиссии оценена как 0.005 \AA . По всем нашим данным получено среднее значение эквивалентной ширины абсорбции $0.5 \pm 0.025 \text{ \AA}$ и стандартное отклонение 0.2 \AA .

На рис. 5 приведены графики, показывающие изменение спектральных параметров этой линии во времени. Как эквивалентные ширины, так и лучевые скорости абсорбции в 2010 г. достигают определенных экстремальных значений. Заметен ход сдвига линии в синюю часть спектра, подобно эмиссии $H\alpha$. Эквивалентные ширины дают значительный разброс, а их среднее значение показывает синхронное изменение с лучевыми скоростями. Среднегодовые значения полуширин и центральных глубин этой линии значительных изменений не показывают. Среднегодовая полуширина линии $HeI \lambda 5876 \text{ \AA}$ по всем измерениям имеет наименьшее значение 4 \AA , а наибольшее – 8 \AA . Оценка по этим данным скорости вращения звезды дает значения около 200 км/с и 400 км/с соответственно. Такое изменение, скорее, может быть связано со вкладом дополнительного источника на эту линию. Поэтому приведенные в литературе разными авторами значения скорости вращения звезды, определенные по линиям гелия в разное время, значительно различаются (270 км/с у Гармани (1973); 180 км/с у Шевченко и др. (1993); $190 \pm 15 \text{ км/с}$ у Бёма и Каталы (1995)). Учитывая этот факт, для вычисления скорости вращения звезды нужно брать минимальное значение полуширины линии, при котором скорость вращения по нашим измерениям получена около 200 км/с .

2.4 Линии $NaI D1, D2$

Известно, что у звезд типа Ae/Be Хербига основная часть линий D1, D2 NaI формируются в протяженной части околозвездной оболочки и эти линии являются индикатором звездного ветра (см., например, Финкенцеллер и Мундт (1984)). Для звезды II Сер мы получили такие же профили дублета, какие были получены в обзорной работе Финкенцеллера и Мундта (1984). В пределах нашего разрешения не выявляется структура профиля дублета натрия, поэтому вклад околозвездного компонента по структуре линии не выделяется. Согласно нашим измерениям, эквивалентные ширины компонент дублета не показывают значительных изменений в пределах ошибок измерений.

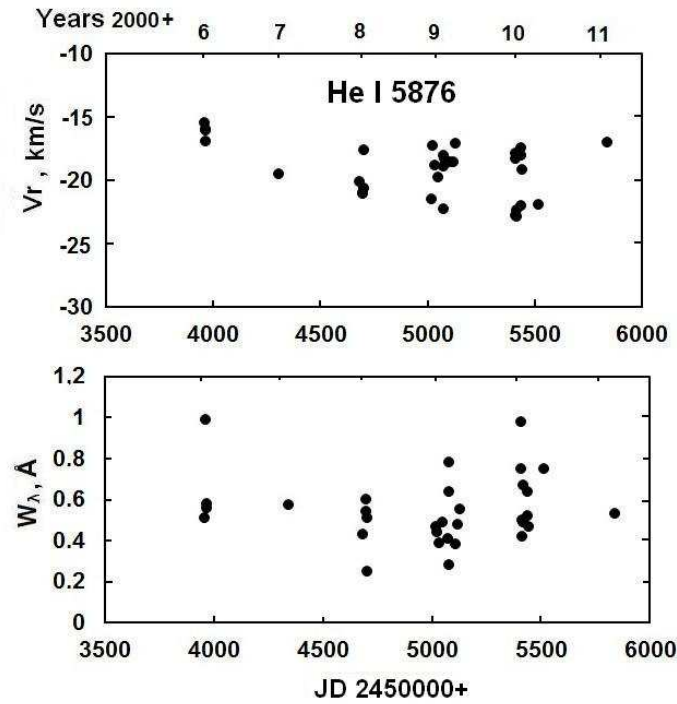


Рис. 5. То же что на рис. 4 для линии He I λ 5876 Å

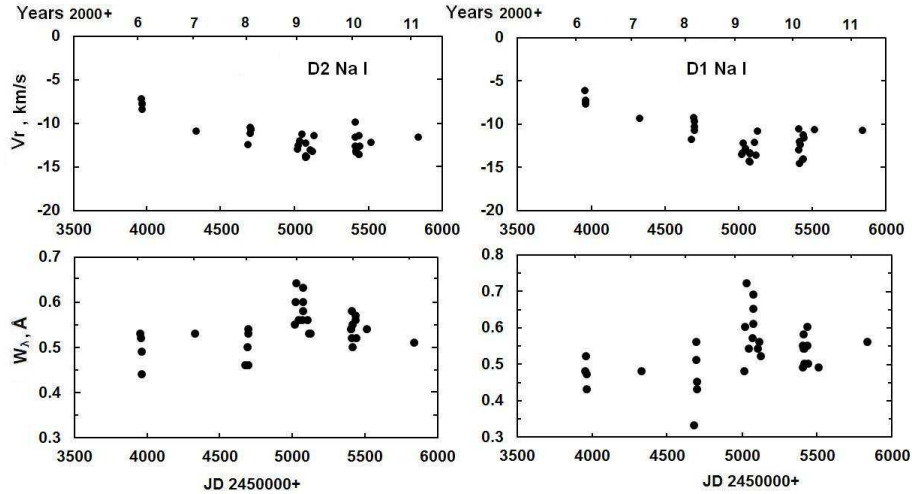


Рис. 6. То же, что и на рис. 2, для линий дублета Na I D1, D2

Лучевые скорости этих линий показали монотонное смещение в синюю часть спектра, изменяясь в пределах от -6 до -14 км/сек, достигая экстремума при 2009–2010 гг.

Na I D2, D1 по всем измерениям дает около -11 км/сек, с дисперсией 2 км/сек. В целом характер переменности в линиях D1, D2 Na I такой же, как у эмиссионных линий водорода. Это свидетельствует о том, что основной вклад в переменности линий D1, D2 дает околозвездная оболочка. На рис. 6 приведена также зависимость эквивалентных ширин абсорбции дублета Na I D1, D2 от време-

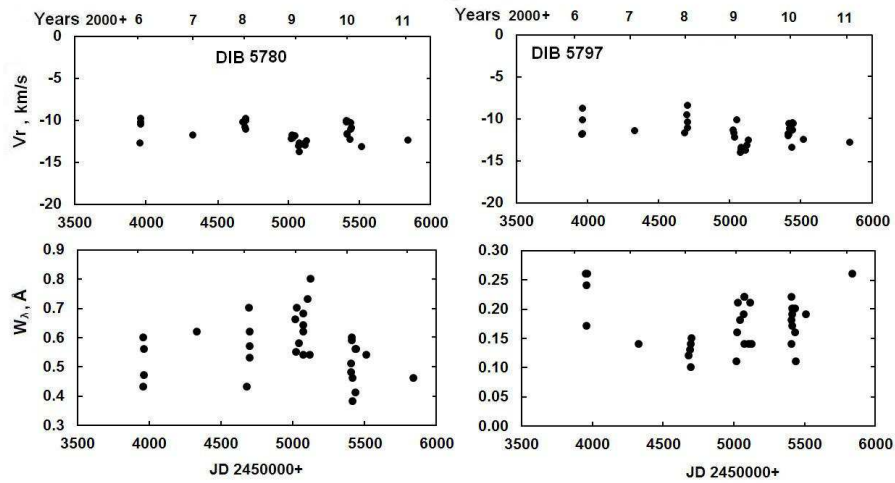


Рис. 7. То же, что на рис. 4, для ДМП $\lambda\lambda$ 5780 и 5797 Å

ни. Средние значения эквивалентных ширин обеих линий дублета однозначно достигли максимума в 2009–2010 гг. В остальные даты наблюдений у эквивалентных ширин отклонение от среднего практически не превышает уровень ошибок измерения 3σ .

Среднее значение полуширин этих линий по всем наблюдениям равно 1.0 \AA с дисперсией 0.18 \AA , причем в отдельных случаях в течение одного сезона полуширины показывают переменность на 0.5 \AA .

2.5 Диффузные межзвездные полосы (DIB)

В спектре звезды нами были обнаружены диффузные межзвездные полосы λ 5780 Å и λ 5797 Å. Известно, что эти полосы обычно образуются в межзвездной или околозвездной газопылевой среде и часто наблюдаются в спектрах звезд ранних спектральных классов OB с протяженными околозвездными оболочками (см., например, Клочкова и Ченцов, 2004). В работах Туарисг и др. (2000) и Торбурн и др. (2003) проведено детальное исследование DIB для отдельных звезд. У звезд типа Ae/Be Хербига о наблюдении DIB было сообщено в работах Мирошниченко и др. (2001), Натта и др. (2000), Виейра и др. (1999) и Галазутдинова и др. (2003). По мнению Галазутдинова и др. (2003), обнаруженное в спектрах звезд незначительное изменение параметров DIB может быть результатом изменения физических условий у околозвездных оболочек. Поэтому у таких звезд, как звезды типа Ae/Be Хербига, переменность со временем параметров DIB может быть индикатором процессов, которые часто наблюдаются в околозвездных газопылевых оболочках этих звезд.

Спектральные параметры этих полос были измерены по всем спектрограммам. Согласно измерениям Торбурн и др. (2003) отношение значений эквивалентных ширин этих полос $W(5780)/W(5797)$ в спектре у разных звезд меняется от 1.5 до 3, а по нашим измерениям, у Π Сер при среднем значении 3 это отношение меняется в пределах 2–5. Отношение средних значений полуширин этих полос $FWHM(5780)/FWHM(5797)$ по данным Туарисг и др. (2000) получено около 2.1, а по нашим измерениям у Π Сер – от 1.3 до 2.2.

При вычислении лучевых скоростей по этим полосам нами были использованы значения длин волн λ 5780.37 Å и λ 5796.96 Å, приведенные в работе Клочковой и Ченцова (2004). По нашим измерениям, среднее значение лучевых скоростей по этим полосам получено -11.5 ± 1.2 и -11.7 ± 1.4 км/сек соответственно. При этом стандартное отклонение от среднего не превосходит ошибок измерений. Отметим, что средние значения лучевых скоростей по DIB хорошо согласуются со ско-

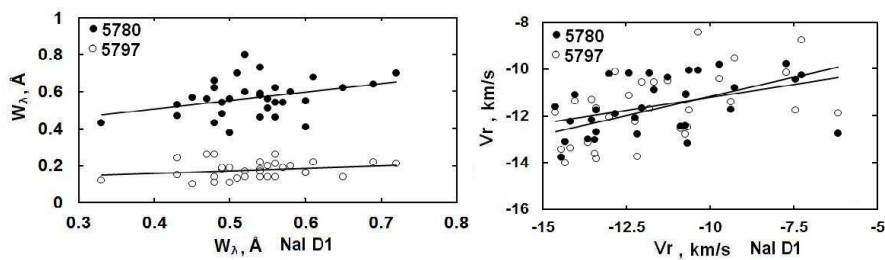


Рис. 8. В левой панели приведена зависимость эквивалентных ширин линии D1 NaI (абсцисса) от эквивалентных ширин ДМП $\lambda\lambda$ 5780, 5797 Å (ордината). Справа аналогичная зависимость приведена для лучевых скоростей этих линий. Линии проведены линейным полиномом

ростью линии межзвездного поглощения H, K CaII (-11 км/сек), приведенной в работе Гармани (1973).

Для примера на рис. 7 приведено изменение измеренных спектральных параметров DIB $\lambda\lambda$ 5780 и 5797 Å со временем. Как видно, в целом лучевые скорости этих линий не показывают переменность со временем. Значения эквивалентных ширин меняются в пределах 15–20 %, что значительно превосходит уровень ошибок измерений 3σ .

Нами был вычислен коэффициент корреляции между эквивалентными ширинами и лучевыми скоростями DIB, и дублета NaI D1, D2. На рис. 8 слева приведена зависимость эквивалентных ширин линии D1 NaI от эквивалентных ширин DIB λ 5780 Å (темные кружки) и λ 5797 Å (светлые кружки). Здесь корреляция относительно слаба — $r = 0.35 \pm 0.15$ для полосы 5780 Å, а $r = 0.24 \pm 0.16$ для полосы 5797 Å. На правой же панели рис. 8 приведена аналогичная зависимость для лучевых скоростей тех же линий. Как видно из рис. 8, коэффициент корреляции между лучевыми скоростями линии D1 NaI и указанных DIB здесь заметно больше — $r = 0.42 \pm 0.14$ и $r = 0.51 \pm 0.13$ соответственно.

3 Заключение и выводы

Еще в работах Гармани (1972, 1973) было показано, что звезда II Сер принадлежит сравнительно молодому скоплению в ассоциации Сер OB3. Согласно измерениям Гармани (1972), скорость движения межзвездных облаков водорода в районе звезды равна от -5 до +17 км/с. Звезды в ассоциации OB3, членом которого является также II Сер, показывают лучевые скорости в пределах от -5 до -70 км/с и в среднем около -20 км/с. В работе Ассоуза и др. (1977) выдвинуто предположение, что эта группа молодых OB-звезд имеет возраст 4×10^5 лет, и, возможно, обязана своим происхождением взрыву сверхновой.

Лучевые скорости звезды по двум спектрограммам были измерены Финкенцеллером и Янковичем (1984), их результаты отдельных измерений V_r по компонентам водородных линий хорошо согласуются с нашими измерениями. Также неплохо согласуются данные по смещениям линий межзвездного происхождения. Наши систематические измерения впервые показали, что меняются лучевые скорости эмиссионных линий водорода H_α , H_β и синхронно с этим в более слабом виде в линиях HeI λ 5876 Å, NaI. Судя по монотонности изменений лучевых скоростей у большинства спектральных линий в интервале времени 5–6 лет можно отметить, что мы наблюдали определенную часть динамического процесса, который происходит у звезды II Сер.

Профили линии H_α и H_β имеют двухкомпонентную структуру (рис. 1). Профиль линии H_α показывает значительную переменность сдвига вершины, в то время как эквивалентная ширина ее остается относительно стабильной. Когда пики H_α не наблюдаются разделенными, по данным 2006–2007 гг., единственный пик линии имеет красное смещение. Начиная с 2008 г. стали наблюдаться два едва разделенных пика эмиссии. Обнаруженное смещение сильнейшего пика линии H_α

на 200 км/с (рис. 2) может быть результатом: 1) реального смещения одного пика, 2) чередованием усиления интенсивности сначала красного, а затем фиолетового компонента эмиссии, что создавало бы видимое смещение пика. В любом случае наблюдаемая переменность происходит вследствие определенных динамических процессов. Как видно из рис. 3, лучевые скорости отдельных пиков в линии H_α меняются практически синхронно. Отметим, что области диска, где формируются компоненты линии H_β , наблюдаются более высокие значения скоростей движения вещества. Это может говорить о том, что во внутренней части звездной оболочки скорость истечения вещества должна быть значительно больше. Несмотря на то, что наблюдается изменение лучевых скоростей отдельных компонентов и у линий H_β , точность их определения не так высока, как в случае линии H_α , чтобы определить ход изменений.

Существование определенной слабой корреляции между спектральными параметрами DIB $\lambda\lambda$ 5780 и 5797 Å с линиями D1, D2 NaI говорит о том, что в линиях дублета натрия имеется некоторый вклад межзвездного газа, находящегося в непосредственной близости звезды. Наши измерения показали, что скорость движения межзвездных облаков не меняется, а лучевые скорости и эквивалентные ширины линий D1, D2 NaI имеют некоторую переменную составляющую. Мы склонны считать, что изменение параметров этих линий происходит за счет переменности физических условий, происходящих в оболочке звезды.

Изменения спектральных параметров отдельных линий показали, что в 2009–2010 гг. мы наблюдали максимально высокие значения лучевых скоростей. Можно считать, что 2010 г. является поворотным моментом в орбитальном движении. Одновременно можно заметить синхронность в изменениях спектральных параметров отдельных линий. Судя по графикам, приведенным на рисунках 3–6, нужно полагать, что наши наблюдения охватывают только один полный орбитальный цикл. По данным наблюдений 2011 г. значения лучевых скоростей стали возвращаться в обратную сторону (последняя точка на рис. 3–4). Ожидаемый орбитальный период системы может быть не меньше 5–6 лет. Очевидно, что при расстоянии до звезды 730 пс видимое угловое расстояние до второго компонента должно быть значительно меньше, чем 0."4, что было найдено Уилрайтом и др. (2010) для ближайшего компонента. Если период двойной системы составляет 5–6 лет, то при допустимой суммарной массе компонент 2–4 M_\odot расстояние между компонентами должно быть около 2.1–2.6 а. е. Для уточнения вопроса кратности системы нужны дальнейшие высокоточные спектральные наблюдения.

Таким образом, мы можем сделать следующие выводы:

1. Долговременное исследование спектральных параметров II Сер как у линий водорода, так и у остальных линий, свидетельствует о значительном изменении спектра звезды в разные годы. Выявлено медленное изменение лучевых скоростей и эквивалентных ширин, которые достигли экстремумов в 2009–2010 гг.
2. В спектре звезды типа Ве Хербига II Сер обнаружены линии DIB $\lambda\lambda$ 5780 и 5797 Å, которые не показывают переменность лучевых скоростей со временем. Выявлена слабая корреляция в спектральных параметрах линий DIB и дублета D1, D2 NaI. Это говорит о том, что часть этих линий имеет общее происхождение.
3. Наблюдаемая переменность спектра звезды может быть результатом орбитального движения в двойной или кратной системе.

Литература

- Ассоуза и др. (Assouza G.E., Herbst W., Turner K.C.) // *Astrophys. J.* 1977. V. 218. P. L13.
 Бём и Катала (Böhm T., Catala C.) // *Astron. Astrophys.* 1995. V. 301. P. 155.
 Виейра и др. (Vieira S. L.A., Pogodin M.A., Franco G.A. P.) // *Astron. Astrophys.* 1999. V. 345. P. 559.
 Галазутдинов и др. (Galazutdinov G.A., Galazutdinova O.A., Grinin V.P.) // *Astron. Astrophys.* 2003. V. 407. P. 705.
 Гармани (Garmany C.D.) // *Astron. J.* 1972. V. 77. P. 38.
 Гармани (Garmany C.D.) // *Astron. J.* 1973. V. 78. P. 185.

- Исмаилов и др. (Ismailov N.Z., Bahaddinova G.R., Khalilov O.V., Mikailov Kh.M.) // *Astrophys. Bull.* 2013. V. 68. P. 196.
- Клочкова, Ченцов (Klochkoval V.G., Chentsov E.L.) // *Astron. Report.* 2004. V. 48. P. 1005.
- Мирошниченко и др. (Miroshnichenko A.S., Bjorkman K.S., Chentsov E.L., et al.) // *Astron. Astrophys.* 2001. V. 377. P. 854.
- Натта и др. (Natta A., Grinin V.P., Mannings V.) // *Protostars and Planets IV/ Eds Mannings V., Boss A.P., Russell S.S. Tucson: Univ. Arizona Press.* 2000. 559-P.
- Самусь и др. (Samus N.N., Durlevich O.V., Kazarovets E.V., Kireeva N.N., Pastukhova E.N., Zharova A.V., et al.) // *GCVS database. Version 2012.*
- Торбурн и др. (Thorburn J.A., Hobbs L.M., McCall B.J., Oka T., Welty D.E., Friedman S.D., Snow T.P., Sonnentrucker P., York D.G.) // *Astrophys. J.* 2003. V. 584. P. 339.
- Туарисг и др. (Tuairisg S.O., Cami J., Foing B.H., Sonnentrucker P., Ehrenfreund P.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 2000. V. 142. P. 225.
- Уилрайт и др. (Wheelwright H.E., Oudmaijer R.D., Goodwin S.P.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 2010. V. 401. P. 1199.
- Финкенцеллер, Мундт (Finkenzeller U., Mundt R.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1984. V. 55. P. 109.
- Финкенцеллер, Янкович (Finkenzeller U., Jankovics I.) // *Astron. Astrophys.* 1984. V. 57. P. 285.
- Хилл (Hill G.) // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1967. V. 14. P. 263.
- Хилл и др. (Hill G., Hilditch R.W., Pfannenschmidt E.L., et al.) // *Publ. Dom. Astrophys. Observ.* 1976. V. 15. P. 1.
- Шевченко В.С., Витриченко Е.А., Гранкин К.Н., Ибрагимов М.А., Мельников С.Ю. // *Письма в Астрон. журн.* 1993. Т. 19. С. 334.