

УДК 524.338.2–56:[520.82+520.84]

СТРУКТУРНО-КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАЗОВОЙ ОБОЛОЧКИ НЕОБЫЧНОЙ Ae-ЗВЕЗДЫ ХЕРБИГА HD 179218. II. ДОЛГОВРЕМЕННАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ И ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ

© 2025 Н. З. Исмаилов^{1*}, М. А. Погодин², А. Ф. Холтыгин^{3**},
Х. Н. Адыгозалзаде¹, О. В. Козлова⁴, А. А. Иванова³

¹Шамахинская астрофизическая обсерватория им. Насретдинна Туси, Шамахи, 5626 Азербайджан

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, 196140 Россия

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 199034 Россия

⁴Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, 298409 Россия

Поступила в редакцию 27 апреля 2024 года; после доработки 4 июля 2024 года; принята к публикации 26 июля 2024 года

Настоящая статья является второй из серии статей, посвященных анализу спектральных и фотометрических наблюдений Ae/Be-звезды Хербига HD 179218. Исследованы вариации профилей линий H α и H β в спектре звезды и вариации ее блеска и показателей цвета в системе *UBVRI*. Выявлены регулярные вариации профилей с периодами от 37 до 737 дней на уровне значимости 10^{-4} . Два из найденных спектральных периодов согласуются в пределах ошибок с фотометрическими. Обнаруженная нами регулярная спектральная и фотометрическая переменность может свидетельствовать о наличии у звезды спутника или экзопланеты/экзопланет, а также может быть связана с прецессией аккреционного диска и вариацией скорости аккреции.

Ключевые слова: аккреция, аккреционные диски — звезды: переменные: Ae/Be Хербига — отдельные: HD 179218

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая статья является второй в серии статей, посвященных анализу спектральных и фотометрических наблюдений Ae-звезды Хербига HD 179218. В первой статье Ismailov et al. (2024) анализируются вариации профиля линии H β по спектральным наблюдениям HD 179218, выполненным в 2015–2021 гг. в кассегреневском фокусе 2-м телескопа Шамахинской астрофизической обсерватории (ШАО) им. Н. Туси Министерства науки и просвещения (МНП) Азербайджана. В ней же приводятся основные сведения о звезде, описываются спектральные наблюдения в ШАО и представлена методика обработки спектров.

В данной статье анализируются регулярные изменения профилей линий H β и H α на больших временных масштабах. Дополнительно к спектрам, полученным в ШАО, рассматриваются спектры из базы данных спектров Be-звезд BeSS — Be

Star Spectra¹, а также фотометрические наблюдения звезды, выполненные на телескопе АЗТ-11 в Крымской астрофизической обсерватории (КрАО РАН) в 2007–2021 гг.

Статья организована следующим образом. В разделе 2 приведены результаты изучения регулярной спектральной переменности HD 179218. В разделе 3 описана фотометрическая переменность HD 179218. Сравнение переменности HD 179218 с переменностью других звезд Хербига дано в разделе 4. Выводы к статье представлены в разделе 6.

2. РЕГУЛЯРНАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ HD 179218 НА БОЛЬШИХ ВРЕМЕННЫХ МАСШТАБАХ

Спектр низкого разрешения HD 179218 из базы данных BeSS, полученный 14 ноября 2014 г., представлен на рис. 1. Подобный вид имеют и другие спектры звезды из этой базы. Профиль линии H α , как видно на данном рисунке, представляет собой

*E-mail: ismailovnshao@gmail.com

**E-mail: afkholtygin@gmail.com

¹<http://basebe.obspm.fr>

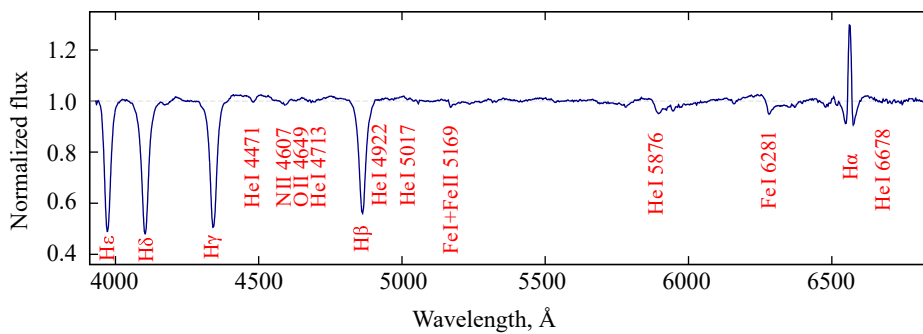


Рис. 1. Фрагмент спектра HD 179218 из базы данных BeSS, полученного 14 ноября 2014 г. ($R = 500$).

мощную эмиссию на фоне широкого абсорбционного профиля, уширенного вращением. Профили линий He I λ 4471, λ 5876 и Fe I + Fe II λ 5168, а также Fe I λ 6281 имеют обратный P Cуг-профиль. Так как угол наклона оси вращения звезды близок к 20° (Ismailov et al., 2024, статья I), то такой вид профилей линий свидетельствует об аккреции вещества диска на звезду на высоких широтах в согласии с моделью магнитосферной аккреции на звезду, рассмотренной в первой статье данной серии.

В профилях H β и H α также видна слабая эмиссия в голубых крыльях линии, типичная для обратных P Cуг-профилей. Сравнение спектров, полученных нами на 2-м телескопе ШАО МНП Азербайджана (см. первую статью серии Ismailov et al. (2024)), со спектрами из базы данных BeSS показывает, что эмиссия в линии H β переменна и в определенные даты может даже исчезать.

К сожалению, использовать спектры с линиями H β , H γ и более высоких членов бальмеровской серии из базы данных BeSS для анализа переменности профилей невозможно в силу их низкого разрешения. В то же время в базе BeSS имеются спектры профилей линии H α , полученные с достаточным разрешением, поэтому мы дополнили наши наблюдательные данные наблюдениями из базы данных BeSS.

Число анализируемых профилей линии H α с учетом профилей из базы данных BeSS составило 83 при продолжительности наблюдений, охватывающей около 3300 дней. Анализ поведения линии H β включал 74 профиля, полученных на временном интервале общей длительностью 2283 дня.

Для наглядного представления вариаций профилей линий определим разностные профили следующим соотношением:

$$d_i(\lambda) = d(t_i, \lambda) = F_i(\lambda) - \bar{F}_i(\lambda), \quad (1)$$

где $F_i(\lambda)$ — нормированный на континуум поток в спектре с номером i , полученный в момент времени

t_i , а $\bar{F}_i(\lambda)$ — средний по всем наблюдениям поток на длине волны λ .

Для каждой из изучаемых линий были построены временные ряды разностных интенсивностей профиля линии в момент времени t на длине волны λ — $d(t, \lambda)$. Вместо λ мы использовали лучевые скорости v в системе отсчета, связанной со звездой: $v = c(\lambda/\lambda_0 - 1)$, где c — скорость света, а λ_0 — лабораторная длина волны линии. Так как в наблюдениях были длительные пропуски, временные ряды получились существенно неравномерными.

Все профили мы нормировали на континуум согласно процедуре, описанной в первой статье серии (Ismailov et al., 2024). Нормированные спектры были использованы при построении разностных (рис. 2) и динамических (рис. 3) спектров линий H α и H β .

Для поиска регулярных компонент вариации профилей линий в спектре HD 179218 был выполнен Фурье-анализ методом CLEAN (Roberts et al., 1987), который позволяет очистить Фурье-спектр от ложных пиков. Ввиду неравномерности временных рядов, с целью выделения значимых пиков периодограммы на уровне значимости α использовались значения $X_1(\alpha)$, рассчитанные с помощью статистик Фурье-отсчетов для каждого временного ряда.

На рис. 4 показаны Фурье-спектры вариаций профилей линий H α (a) и H β (b) на уровне значимости $\alpha = 10^{-4}$. Найденные частоты и периоды регулярных вариаций профилей линий представлены в таблице 1. Знак «+» в колонках (5) и (6), относящийся к линиям H α и H β , означает, что компонента данной частоты присутствует в периодограмме.

Погрешность найденных частот гармонических компонент вариаций профилей была оценена как $1/T_{\text{obs}}$, где T_{obs} — общая продолжительность наблюдений. Данная оценка, согласно Vityazev (2001), дает завышенные значения ошибок найденных частот. Реальная погрешность может быть меньше. Кроме приведенных в таблице 1 частот, в Фурье-спектре вариаций профилей линии H α

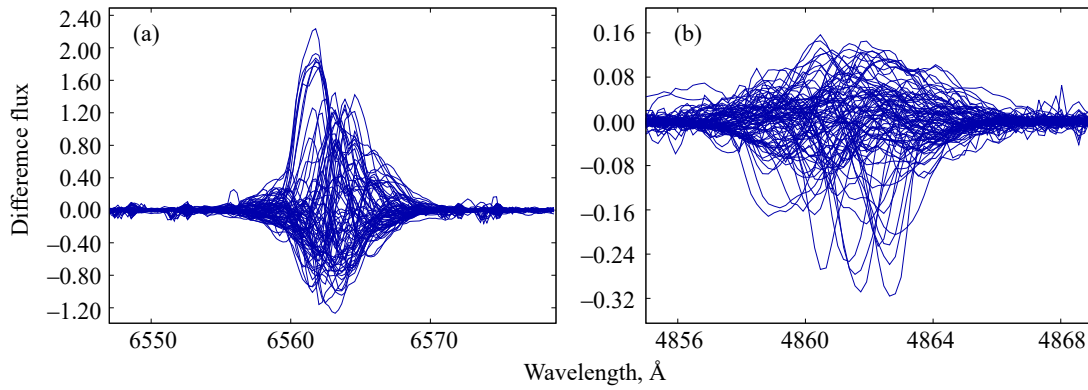


Рис. 2. Разностные спектры профилей линий $H\alpha$ (a) и $H\beta$ (b) в спектре HD 179218.

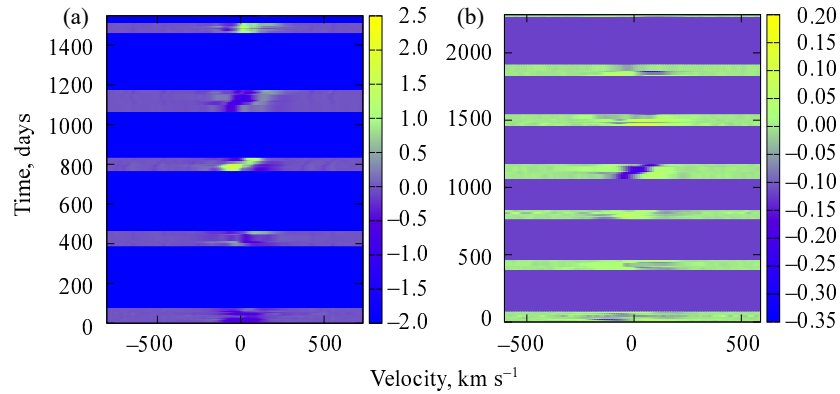


Рис. 3. Динамические спектры вариаций профилей линий $H\alpha$ (a) и $H\beta$ (b) в спектре HD 179218.

Таблица 1. Частоты (ν) и периоды (P) периодических гармоник вариаций профилей линий $H\alpha$ и $H\beta$ в спектре HD 179218, выявленные в результате Фурье-анализа для разных уровней значимости α

No.	ν , day $^{-1}$	P , days	α	$H\alpha$	$H\beta$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	0.00136 ± 0.00044	736.7 ± 237.6	10^{-4}	+	+
2	0.00197 ± 0.00037	508.1 ± 95.6	10^{-4}	+	+
3	0.00201 ± 0.00037	496.7 ± 91.4	10^{-4}	+	+
4	0.00308 ± 0.00030	324.7 ± 31.9	10^{-4}	+	—
5	0.00386 ± 0.00030	259.2 ± 20.4	10^{-4}	+	—
6	0.00445 ± 0.00030	224.6 ± 15.2	10^{-4}	+	—
7	0.02670 ± 0.00030	37.5 ± 0.6	10^{-3}	—	+

на уровне значимости $\alpha = 10^{-2}$ присутствует регулярная компонента с частотой $\nu = 0.00034 \text{ d}^{-1}$ и соответствующим периодом $P = 2981^{\text{d}}$. В силу того, что данный период близок к полной длительности спектральных наблюдений и ошибка его определения сравнима с самим периодом, его реальность должна быть подтверждена более длительными наблюдениями.

Спектры звезды HD 179218 анализировались ранее Ismailov et al. (2019), Bashirova et al. (2020), Adigozalzade et al. (2022), которые исследовали регулярную переменность эмиссионных линий $H\alpha$ и $H\beta$. В статье Kozlova (2004) сообщалось о характерных временах изменения профиля линии $H\alpha$ на шкале 10–12 дней.

Найденный нами период $P_7 = 37^{\text{d}}5 \pm 0^{\text{d}}6$ (таблица 1) близок к значению периода $P \sim 40^{\text{d}}$, приведенному Ismailov et al. (2019) и Bashirova et al. (2020), а период 112.3 ± 7.6 дня, соответствующий второй гармонике частоты ν_6 , практически равен периоду 112 дней, определенному Adigozalzade et al. (2022). Более длительные периоды P_1 – P_5 , представленные в таблице 1, ранее не были обнаружены.

3. ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ HD 179218

При анализе переменности мы использовали фотометрические данные, полученные в пяти полосах $UBVRI$ -системы И. Ю. Алексеевым в 2007–2021 гг. на телескопе АЗТ-11 в КрАО РАН на 5-канальном фотометре–поляриметре

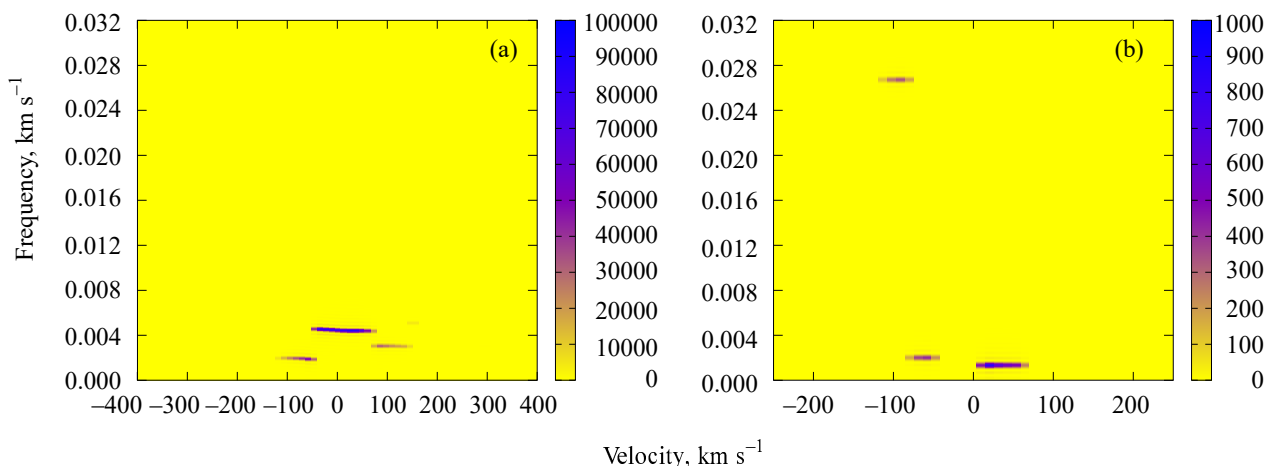


Рис. 4. Фурье-спектры вариаций профилей линий $H\alpha$ (a) и $H\beta$ (b) в спектре HD 179218 на уровне значимости $\alpha = 10^{-4}$.

Пириолы. Соответствующие кривые блеска представлены на рис. 5. Рассматриваемые данные продолжают непрерывный ряд наблюдений HD 179218 в КРАО РАН в 2007–2016 гг., описанных Kozlova and Alekseev (2017). Заметим, что кривая блеска в полосе U имеет длительные пропуски, а наиболее полные ряды получены для полосы V . Были также определены показатели цвета $U - B$, $B - V$, $V - R$ и $V - I$.

Анализ фотометрических кривых показывает типичную для звезд Ae/Be Хербига картину быстрых нерегулярных ослаблений блеска длительностью 10–30 дней и амплитудой $0^m.08$ – $0^m.10$. Такие вариации могут вызываться как затмениями звезды неоднородностями в аккреционном диске, так и изменениями темпа аккреции.

Фотометрические ряды в полосах $UBVRI$ и значения указанных выше показателей цвета были проанализированы методом CLEAN. В таблице 2 представлены частоты и периоды, соответствующие максимальным отсчетам Фурье-спектра мощности (периодограмм), и указаны их уровни значимости α . Из таблицы 2 были исключены найденные методом CLEAN периоды, которые превышают полную длительность времени наблюдений (5054 дня).

Найденный период фотометрических вариаций $P_U = 279^d.2 \pm 15^d.4$ равен, с учетом погрешностей определения, периоду $P_B = 259^d.2 \pm 20^d.4$ изменений профилей линии $H\alpha$, приведенному в таблице 1, что означает соответствие периодов спектральных и фотометрических вариаций HD 179218. Также период вариаций $P_V = 401^d.1 \pm 31^d.8$ соответствует второй гармонике $P_1/2 = 368^d.4 \pm 118^d.8$ периода P_1 вариаций профилей линий $H\alpha$ и $H\beta$ в таблице 1.

Природа вариаций блеска в полосе B и показателя цвета $V - R$ с относительно короткими

Таблица 2. Характеристики периодических компонент фотометрических вариаций HD 179218: частоты ν , периоды P и уровни значимости обнаружения

Полоса	ν , day $^{-1}$	P , days	α
U	0.00358	279.2 ± 15.4	10^{-2}
B	0.03370	29.68 ± 0.17	10^{-4}
V	0.00249	401.1 ± 31.8	10^{-3}
$V - R$	0.03700	27.03 ± 0.14	10^{-2}
	0.05257	19.02 ± 0.07	10^{-2}

периодами (27–30 дней и 19 дней) пока неясна. Возможно, что они связаны с периодом обращения близкого спутника или экзопланеты.

3.1. Звездные величины в полосах $UBRI$ в зависимости от величины в полосе V

Для лучшего понимания процессов формирования излучения звезды рассмотрим зависимость звездных величин в полосах $UBRI$ от звездной величины в полосе V (рис. 6). На графиках отдельно выделены наблюдения с 18 сентября 2007 г. по 20 сентября 2011 г. (ветвь А, полые синие кружки) и наблюдения после этой даты, начиная с 3 октября 2021 г. (ветвь В, заполненные красные кружки).

В зависимостях U , B и R от V точки, относящиеся к ветвям А и В, не разделяются. Иная ситуация с корреляцией звездных величин I и V — на рис. 6d явно просматриваются две разделенные полосы. На графике большими кружками отмечены значения I , относящиеся к последней дате ветви А (20 сентября 2011 г.) и к первой дате ветви В (3 октября 2011 г.). За 12 дней между этими датами звездная величина I упала на $0^m.061$ — от $7^m.149$ до

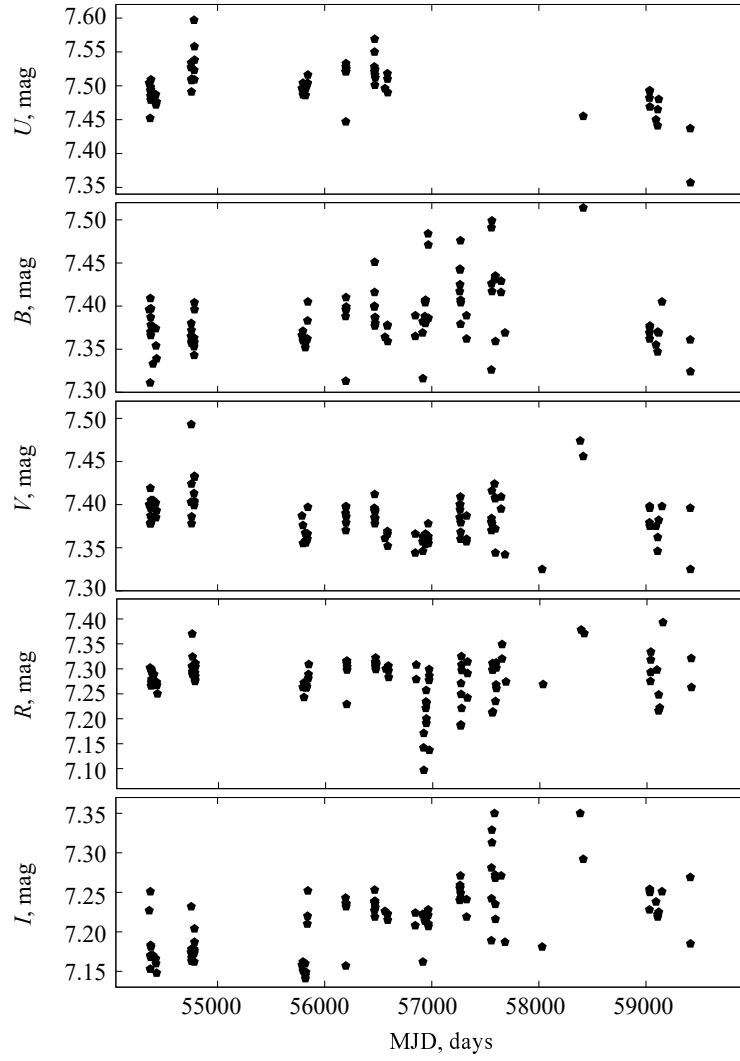


Рис. 5. $UBVRI$ -кривые блеска HD 179218 по данным наблюдений в КрАО в 2007–2021 гг.

$7^{\text{m}}210$. В то же время звездная величина в фильтре V практически не изменилась, уменьшившись только на $0^{\text{m}}004$. Уменьшение блеска в полосе I может быть интерпретировано в предположении о появлении на луче зрения между звездой и наблюдателем дополнительного поглощающего вещества.

Значения V можно представить в виде $V = V_0 + A(V)$, где V_0 — минимальное значение звездной величины в полосе V , равное $7^{\text{m}}300$, а $A(V)$ — дополнительное поглощение в этом фильтре. Подобным образом можно представить зависимости звездной величины в фильтре I от величины $A(V)$ для ветвей А и В соответственно:

$$\begin{aligned} I_A &= 7.110 \pm 0.011 + (0.668 \pm 0.114)A(V), \\ I_B &= 7.166 \pm 0.006 + (0.823 \pm 0.078)A(V). \end{aligned} \quad (2)$$

Коэффициенты перед $A(V)$ в (2) равны отношению

$A(I)/A(V)$. Стандартное значение этого отношения для межзвездной среды равно $0^{\text{m}}584$ согласно, например, Kaler (1976). Из соотношений (2) следует, что поглощение в полосе I в околозвездной среде HD 179218 больше, чем в межзвездной. Более того, можно сделать вывод, что поглощение в полосе I в ветви В дополнительно увеличилось по сравнению с поглощением в ветви А. Среднее значение дополнительного поглощения в полосе I между ветвями А и В, которое соответствует увеличению оптической толщины τ околозвездного вещества на луче зрения, равно $0^{\text{m}}073$. Представим оптическую толщину поглощающего вещества между звездой и наблюдателем для ветви В как сумму

$$\tau_\lambda^B = \tau_\lambda^A + \Delta\tau_\lambda, \quad (3)$$

где τ_λ^A — значение оптической толщины для ветви А, а $\Delta\tau_\lambda$ — величина, на которую увеличилась оптическая толщина.

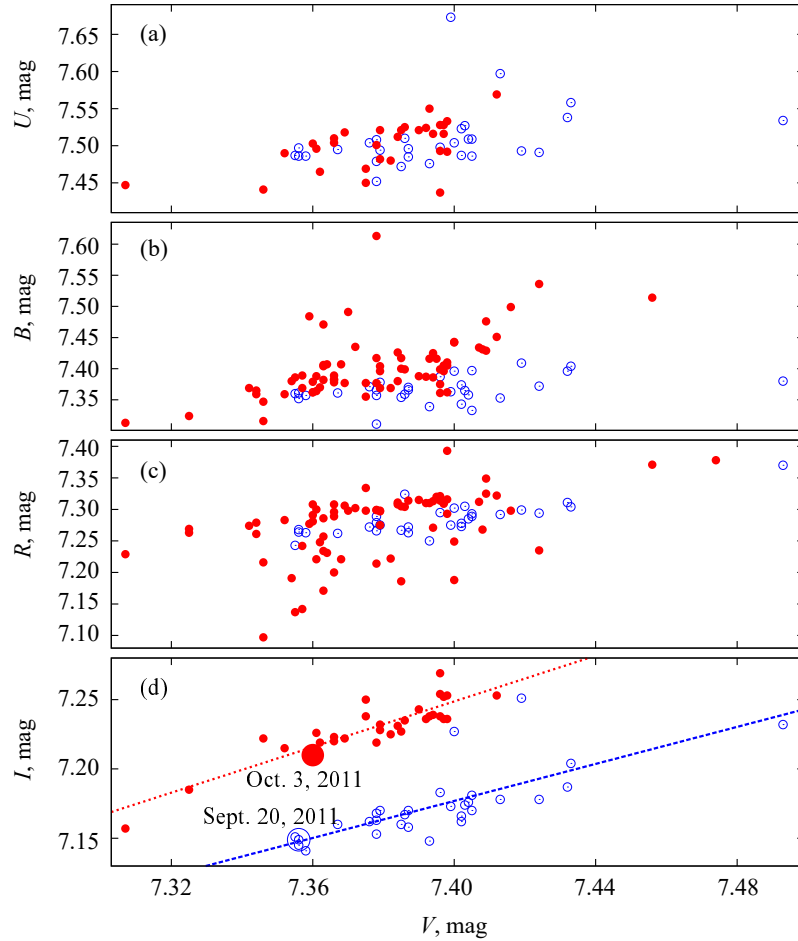


Рис. 6. Зависимости звездных величин U (a), B (b), R (c) и I (d) от блеска звезды HD 179218 в полосе V . Полыми синими кружками показаны данные наблюдений с 18 сентября 2007 г. по 20 сентября 2011 г. (ветвь А), заполненными красными — с 3 октября 2011 г. по 20 сентября 2021 г. (ветвь В). Большими кружками на панели (d) отмечены величины I , относящиеся к последней дате ветви А (20 сентября 2011 г.) и к первой дате ветви В (3 октября 2011 г.). Пунктирной и штриховой линиями показаны регрессии I_A и I_B соответственно (см. соотношения (2)).

Используя стандартное соотношение (см., например, Spitzer, 1978)

$$A(\lambda) = 1.086\Delta\tau_\lambda, \quad (4)$$

где $A(\lambda)$ — ослабление света звезды в звездных величинах на длине волны λ , определим $\Delta\tau_\lambda = 0.069$.

При обычном значении отношения полного поглощения к селективному $A(V)/E(B - V) = 3.1$ и при $A(I)/A(V) = 0.823$ для ветви В из соотношения (2) получим $E(B - V) = 0^m028$.

Согласно Gudennavar et al. (2012), лучевая концентрация водорода, соответствующая значению $E(B - V)$, равна

$$N_H = 6.12 \times 10^{21} E(B - V) \text{ см}^{-2}. \quad (5)$$

Подставляя в эту формулу значение дополнительного поглощения $E(B - V) = 0^m028$ для ветви В, полученное выше, найдем величину лучевой концентрации вещества, которое обеспечивает до-

полнительное поглощение излучения в полосе V : $\Delta N_H = 1.7 \times 10^{20} \text{ см}^{-2}$.

4. СРАВНЕНИЕ ПЕРЕМЕННОСТИ HD 179218 И ДРУГИХ ЗВЕЗД ХЕРБИГА

По сравнению с другими звездами Хербига HD 179218 демонстрирует относительно низкую фотометрическую активность, связанную с околозвездной пылью. Переменность в ближнем инфракрасном диапазоне соответствует типичной для звезд Хербига. Эффект «поголубения», свойственный некоторым звездам НАеВе (см., например, Barsunova et al., 2013), у HD 179218 не был выявлен, что, вероятно, связано с малым значением угла наклона оси вращения звезды.

Переменность профиля линии $H\alpha$ часто наблюдается у звезд Хербига (см., например, Mendigutia et al. (2011) и ссылки в данной работе). У большей части объектов исследуемой выборки из 38 звезд

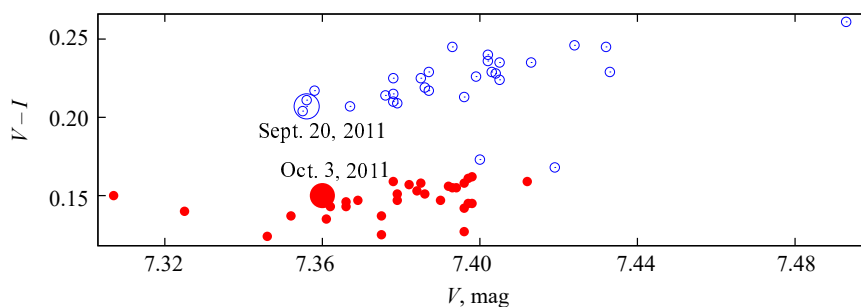


Рис. 7. То же, что на рис. 6, но для показателя цвета $V - I$.

Хербига была обнаружена переменность на масштабах дней. Costigan et al. (2014) пришли к выводу, что переменностью с периодами порядка дней связана с изменением темпа аккреции.

Обнаруженная фотометрическая переменность с периодом $P = 400^{\pm 1}$ может говорить о наличии у HD 17921 далекого спутника и, возможно, одной или нескольких экзопланет. Как показано Boccaletti et al. (2020), взаимодействие планеты с диском у звезд Ae/Be Хербига ведет к изменению формы и структуры последнего, вплоть до спиралевидной. Следствием такой морфологии диска может быть в том числе спектральная и фотометрическая переменность.

Фотометрическую переменность HD 179218 исследовали Kozlova and Alekseev (2017) по наблюдениям в КрАО в 2007–2016 гг. Они обнаружили, что в зависимости показателя цвета $V - I$ от звездной величины в фильтре V можно выделить две ветви (нижняя панель рис. 2 в работе Kozlova and Alekseev, 2017). Чтобы выяснить, насколько такое раздвоение сохраняется в последующие годы, мы построили зависимость $V - I$ от V для всего массива наблюдений, начиная с 2007 г. (см. рис. 7). Как видно на рисунке, в 2017–2021 гг. также наблюдается разделение зависимости показателя цвета $V - I$ от V . А значит, и в этом временном интервале есть дополнительное поглощение в полосе I .

Из-за малого угла наклона оси вращения к лучу зрения поверхность звезды практически не заслоняется околозвездным диском. Увеличение поглощения в полосе I можно объяснить изменением морфологии диска на луче зрения между звездой и наблюдателем из-за притока вещества, который, предположительно, связан с возмущением диска при прохождении через него экзопланеты или с нестабильностью аккреции вещества диска на звезду. Указанные процессы приводят к появлению вещества диска на высоких широтах и частичному затмению им звезды.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе продолжено исследование очень редкой подгруппы молодых Ae/Be-звезд

Хербига: звезд класса A с ориентацией оси вращения относительно наблюдателя, близкой к полюсной. Именно под таким углом зрения можно наблюдать околополярные области околозвездной оболочки, где газ имеет наименее изученные структуру и кинематику. Это пограничная область между зоной ветра и аккреционным потоком, падающим на звезду в области высоких широт. Нами исследованы два представителя этой подгруппы: HD 190073 (Pogodin et al., 2005; Kozlova et al., 2019) и HD 179218 (исследованию этой звезды посвящена настоящая работа). У обоих объектов наблюдаются явления, которые остаются до конца неясными, и в обоих случаях мы предполагаем особую конфигурацию магнитного поля звезды, взаимодействующего с аккреционным диском.

Мы исследовали вариации профилей спектральных линий $H\alpha$ и $H\beta$ HD 179218 и вариации блеска звезды и ее показателей цвета в системе $UBVRI$. Обнаруженное нами изменение зависимостей блеска звезды в полосе I и показателя цвета $V - I$ от звездной величины в фильтре V свидетельствует об увеличении поглощения излучения звезды в полосе I в период от 20 сентября 2011 г. до 3 октября 2011 г., которое сохранялось вплоть до 2021 г.

Проведенный в данной работе анализ профилей линий $H\alpha$ и $H\beta$ в спектре HD 179218 и фотометрических данных в полосах $UBVRI$ показал присутствие регулярной спектральной и фотометрической переменности с длительными периодами. Подобная переменность предположительно связана с изменениями темпа аккреции и с прецессией аккреционного диска. Отметим также, что регулярная переменность на длительных промежутках времени может объясняться наличием у звезды далекого спутника и, возможно, одной или нескольких далеких экзопланет.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны рецензенту за внимательное прочтение рукописи и сделанные замечания, способствующие улучшению текста статьи.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа финансировалась за счет средств бюджета учреждений. Никаких дополнительных грантов на проведение и руководство данным конкретным исследованием получено не было.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H. N. Adigozalzade, U. Z. Bashirova, and N. Z. Ismailov, *Azerbaijani Astron. J.* **17** (2), 109 (2022).
2. O. Y. Barsunova, S. Y. Mel'nikov, V. P. Grinin, et al., *Astronomy Reports* **57** (2), 89 (2013). DOI:10.1134/S1063772913020029
3. U. Z. Bashirova, H. N. Adigozalzade, N. Z. Ismailov, and S. Alishov, *Azerbaijani Astron. J.* **15** (2), 59 (2020).
4. A. Boccaletti, E. Di Folco, E. Pantin, et al., *Astron. and Astrophys.* **637**, id. L5 (2020). DOI:10.1051/0004-6361/202038008
5. G. Costigan, J. S. Vink, A. Scholz, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **440** (4), 3444 (2014). DOI:10.1093/mnras/stu529
6. S. B. Gudennavar, S. G. Bubbly, K. Preethi, and J. Murthy, *Astrophys. J. Suppl.* **199** (1), article id. 8 (2012). DOI:10.1088/0067-0049/199/1/8
7. N. Z. Ismailov, U. Z. Bashirova, and A. N. Adigezalzade, *Astrophysical Bulletin* **74** (3), 300 (2019). DOI:10.1134/S1990341319030076
8. N. Z. Ismailov, M. A. Pogodin, A. F. Kholtygin, et al., *Astrophysical Bulletin* **79** (3), 464 (2024).
9. J. B. Kaler, *Astrophys. J. Suppl.* **31**, 517 (1976). DOI:10.1086/190390
10. O. V. Kozlova, *Astrophysics* **47** (3), 287 (2004). DOI:10.1023/B:ASYS.0000040157.11939.6d
11. O. V. Kozlova and I. Y. Alekseev, *ASP Conf. Ser.*, **510**, 153 (2017).
12. O. V. Kozlova, M. A. Pogodin, I. Y. Alekseev, and M. I. Dombrovskaya, *Astrophysics* **62** (3), 318 (2019). DOI:10.1007/s10511-019-09585-4
13. I. Mendigutía, C. Eiroa, B. Montesinos, et al., *Astron. and Astrophys.* **529**, id. A34 (2011). DOI:10.1051/0004-6361/201015821
14. M. A. Pogodin, G. A. P. Franco, and D. F. Lopes, *Astron. and Astrophys.* **438** (1), 239 (2005). DOI:10.1051/0004-6361:20034290
15. D. H. Roberts, J. Lehar, and J. W. Dreher, *Astron. J.* **93**, 968 (1987). DOI:10.1086/114383
16. L. Spitzer, *Physical Processes in the Interstellar Medium* (A Wiley-Interscience Publication, New York, 1978). DOI:10.1002/9783527617722
17. V. V. Vityazev, *Analysis of Uneven Timeseries* (SPbSU Press, St. Petersburg, 2001) [in Russian].

Structural and Kinematic Features of the Gaseous Envelope of the Unusual Herbig Ae Star HD 179218 II. Long-term Spectral and Photometric Variability

N. Z. Ismailov¹, M. A. Pogodin², A. F. Kholtygin³, H. N. Adigozalzade¹, O. V. Kozlova⁴, and A. A. Ivanova³

¹Shamakhy Astrophysical Observatory, Shamakhy, 5626 Azerbaijan

²Central (Pulkovo) Astronomical Observatory, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 196140 Russia

³St. Petersburg University, St. Petersburg, 199034 Russia

⁴Crimean Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nauchny, 298409 Russia

This paper is the second in a series of papers dedicated to the analysis of spectral and photometric observations of the Herbig Ae/Be star HD 179218. The variations in the H α and H β line profiles in the star's spectrum and the variations in its brightness and color indices in the *UBVRI* system are investigated. Regular variations of the profiles with periods from 37 to 737 days at a significance level of 10^{-4} were revealed. Two of the found spectral periods agree with the photometric ones within the error limits. The regular spectral and photometric variability we discovered may indicate a presence of a companion or an exoplanet/exoplanets around the star, and may also be associated with the precession of the accretion disk and variation of the accretion rate.

Keywords: *accretion, accretion disks—stars: variables: Herbig Ae/Be—stars: individual: HD 179218*