

## СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ И ПРОЦЕСС ПЛАНЕТООБРАЗОВАНИЯ У Ae ЗВЕЗДЫ ХЕРБИГА HD 36112

**М.И. Домбровская, О.В. Козлова**

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Россия  
dombrovskayami1991@mail.ru

## SPECTRAL VARIABILITY AND PROCESS OF PLANETARY FORMATION OF THE HERBIG Ae STAR HD 36112

**M.I. Dombrovskaya, O.V. Kozlova**

Crimean Astrophysical Observatory of RAS, Nauchnyi, Russia  
dombrovskayami1991@mail.ru

**Аннотация.** Мы представляем результаты многолетнего спектрального мониторинга Ae звезды Хербига HD 36112 в области эмиссионной линии  $H_{\alpha}$ . Обнаружено, что параметры эмиссионной линии  $H_{\alpha}$  меняются на шкале времени более  $3000^d$  и около  $1400^d$ . Лучевые скорости и глубины абсорбционных компонент формирующихся в ветре показывают переменность только на шкале времени  $1400^d$ .

Мы связываем полученные результаты с изменением физических и кинематических параметров околос звездного газа во внутренних областях аккреционного диска и ветра, обусловленных процессом планетообразования.

**Ключевые слова:** Ae звезды Хербига, околос звездные диски, ветер, спектральная переменность.

**Abstract.** We present results of the long-term spectral monitoring of Ae Herbig star HD 36112 in the region of the  $H_{\alpha}$  emission line. It is found that parameters of  $H_{\alpha}$  emission line vary on the time scale more than  $3000^d$  and about  $1400^d$ . The radial velocities and depths of the absorption components formed in wind show the variability only on the time scale about  $1400^d$ .

We connect these results with the changes of the physical and kinematical parameters of circumstellar gas in the inner regions of the accretion disk and wind caused by the process of the planet formation.

**Keywords:** Ae Herbis stars, circumstellar disks, wind, spectral variability.

### ВВЕДЕНИЕ

Звезда HD 36112 (MWC 758) относится к группе молодых горячих звезд промежуточных масс или Ae/Be звезд Хербига [The et al. 1994]. Звезда имеет спектральный класс A8Ve и блеск  $V = 8^m.3$  [Beskrovnaia et al., 1999]. Как известно, звезды этого типа окружены протяженными газопылевыми дисками, в которых идут процессы планетообразования. Внутренние области дисков свободны от пыли, там наблюдается аккреция околос звездного (CS) вещества. Над CS диском расположена область дискового ветра.

Изучение структуры диска HD 36112 в миллиметровом и ближнем ИК диапазонах [Boehler et al., 2018; Benisty et al., 2015] показало, что в околос звездном диске HD 36112 идут активные процессы планетообразования. Так во внутренней полости CS диска предполагается присутствие планеты-гиганта с массой около 5 масс Юпитера [Boehler et al., 2018]. Как показывают данные моделирования CS дисков молодых звезд, процесс планетообразования (наряду с двойственностью) способен изменять структуру дисков и вызывать изменение параметров CS вещества на шкале времени, равной орбитальному периоду [Демидова, 2016; Демидова, 2009]. Эти изменения могут быть обнаружены при проведении многолетнего спектрального мониторинга молодых звезд.

Несмотря на большое количество исследований, посвященных HD 36112, ее многолетняя спектральная переменность практически не исследовалась. Этой проблеме и посвящена представленная работа. Наблюдения HD 36112 были начаты в 2009 г. Сейчас мы представляем первые предварительные результаты наблюдений этой звезды.

### 1. НАБЛЮДЕНИЯ

Наблюдения проводились в КрАО на 2.6 м телескопе (ЗТШ), оснащенный ПЗС-камерой в фокусе куде. С 2014 г. наблюдения ведутся на эшелльном спектрографе СПЭШКУ. Спектры звезды высокого разрешения ( $R=20000$ ) были получены в период с 2009 по 2016 гг. Они включают в себя 26 спектров в области эмиссионной линии  $H_{\alpha}$ . В данную работу были также включены 6 спектров за 2016 г., полученные в Коуровской астрономической обсерватории УРФУ ( $R = 15000$ ).

Обработка спектров выполнялась с помощью пакета программ SPE, разработанного С.Г. Сергеевым и используемого в КрАО. Для определения параметров эмиссионной линии  $H_{\alpha}$  из наблюдаемого спектра вычитался синтетический профиль, рассчитанный для  $T_{\text{eff}} = 7750$  К и  $\lg(g)=4$  (параметры фотосферы взяты из работы [Beskrovnaia et al., 1999]).

### 2. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Эмиссионные профили  $H_{\alpha}$  в спектре звезды представляют собой широкую эмиссию, в синем крыле которой могут наблюдаться переменные абсорбционные компоненты (рис. 1). Такие профили характерны для звезд с признаками ветра.

Для анализа многолетней переменности мы определили эквивалентную ширину эмиссии EW, интенсивность  $I$ , а также лучевые скорости и интенсивности ветровых компонент  $V_{\text{abs}}$  и  $I_{\text{abs}}$ . Изменение этих параметров со временем показано на рис. 2, а.

Параметры эмиссии  $H_{\alpha}$  показывают изменения на разных временных шкалах, от суток до промежутка, охватывающего весь период наблюдений. Однако на-

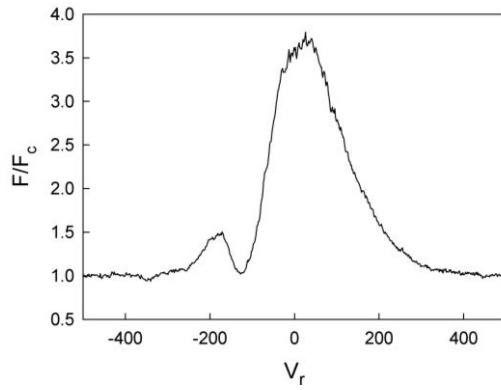


Рис. 1. Пример спектра HD36112 за 30.09.12 в области эмиссионной линии  $H_{\alpha}$

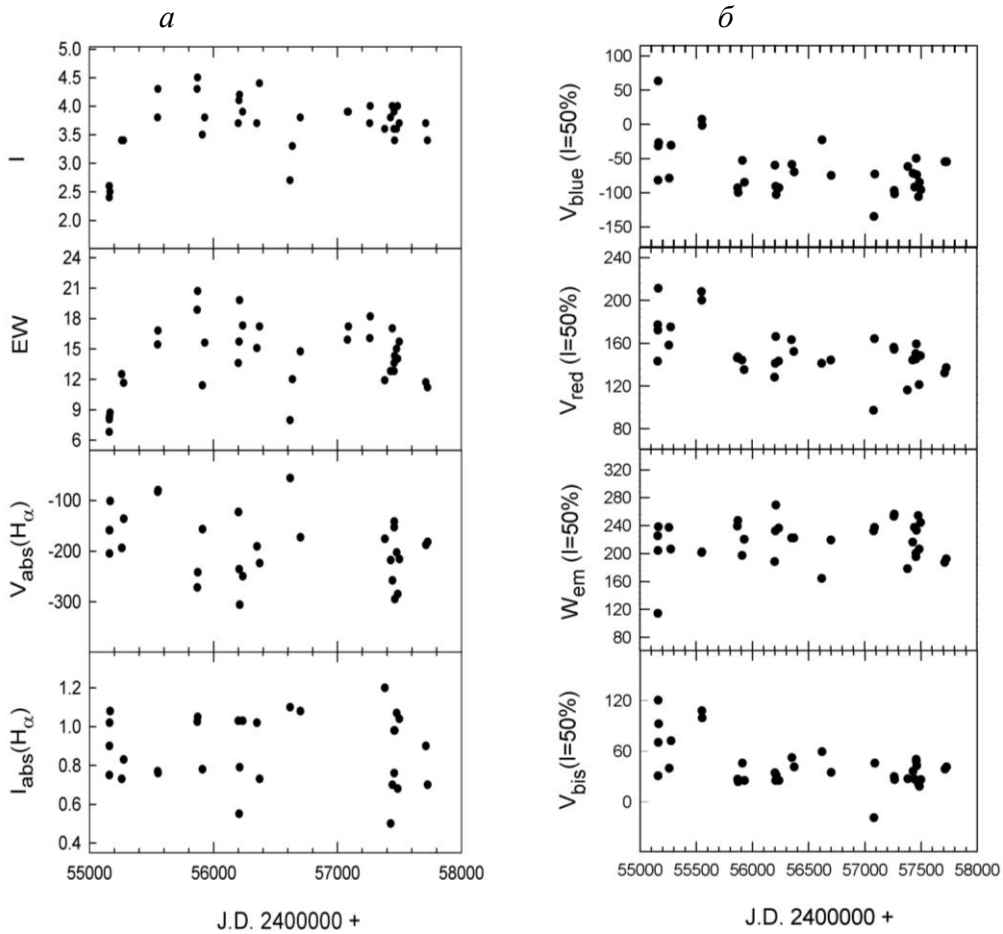


Рис. 2. Многолетняя переменность параметров эмиссионной линии  $H_{\alpha}$ : а) эквивалентная ширина EW, интенсивность  $I$ , лучевые скорости ветровых компонент  $V_{abs}$  и их интенсивности  $I_{abs}$ ; б) полуширина эмиссионного профиля  $W_{em}(I=50\%)$ , лучевые скорости синей  $V_{blue}(I=50\%)$  и красной  $V_{red}(I=50\%)$  границ эмиссии, величина бисектора  $V_{bis}(I=50\%)$

иболее заметна волнообразная переменность на шкале времени около  $1400^d$ . Как видно из рис. 2, а, в моменты, когда значения EW и  $I$  достигают максимальных значений, скорости и глубины ветровых компонент также оказываются максимальны.

Мы оценили также лучевые скорости синей ( $V_{blue}(I=50\%)$ ) и красной ( $V_{red}(I=50\%)$ ) границ эмиссионного профиля  $H_{\alpha}$  на уровне 50 % от максимума интенсивности, определив по ним величину бисектора  $V_{bis}(I=50\%)$  и полуширину эмиссии  $W_{em}(I=50\%)$ . Их изменение со временем показано на рис. 2, б.

Здесь переменность на шкале времени 1400 сут практически не видна (исключение составляет пе-

ременность полуширины эмиссии  $W_{em}(I=50\%)$ , которая достигает максимальных значений в те же даты, что и параметры на рис. 2, а. Зато видно, что значения всех параметров, кроме  $W_{em}(I=50\%)$ , с 2009 по 2017 г. постепенно уменьшаются, демонстрируя многолетний тренд на шкале времени более  $3000^d$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные многолетнего спектрального мониторинга показывают присутствие масштабных неоднородностей во внутренних областях CS газового диска и ветра, изменение физических и кинематических параметров CS газа.

Как уже отмечалось выше, данные моделирования показывают, что многолетняя спектральная переменность может быть обусловлена либо двойственностью, либо процессом планетообразования. По данным [Boehler et al., 2018] у HD 36112 не обнаружено второго компонента, в то время как формирование планет-гигантов в диске идет очень активно. Это позволяет связать обнаруженную нами спектральную переменность именно с формированием в CS диске молодой планетной системы.

Интересно, что шкала времени около 1400<sup>d</sup> очень близка к найденной ранее у другой Ae звезды Хербига MWC 480 [Козлова и др., 2007], в диске которой также идет процесс формирования планет (см., например, [Liu et al., 2019]). Переменность на более длинной временной шкале (более 3000 сут) требует дальнейших наблюдений. Мы пока не можем определить полную временную шкалу этих изменений, но она должна составлять не менее нескольких десятков лет.

Простейшие оценки показывают, что шкала переменности около 1400 сут будет соответствовать орбите с радиусом около 3 а.е. Обнаружение планеты на такой орбите методами ИК интерферрометрии или по данным ALMA пока невозможно из-за недостаточного углового разрешения.

Полученные выводы носят предварительный характер. Планируется продолжение спектрального мониторинга звезды и использование данных, полученных в других спектральных областях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Демидова Т.В. Моделирование газодинамических процессов в протопланетных дисках методом SPH // *Астрофизика*. 2016. Т. 59, N 4. С. 505–518.

Демидова Т.В. Аккреционная активность молодых двойных систем с маломассивными вторичными компонентами // *Астрофизика*. 2009. Т. 52, N 4 С. 623–630.

Козлова О.В., Алексеев И.Ю., Шаховской Д.Н. Структура внутренних областей околозвездных газовых оболочек молодых горячих звезд. II. Новый цикл спектральной активности Ae — звезды Хербига HD 31648 // *Астрофизика*. 2007. Т. 50, N 4. С. 565–588.

Benisty M., Juhasz A., Boccaletti A., Avenhaus A., et al. VizieR Online Data Catalog: Polarized images of MWC758 // *Astron. Astrophys.* 2015. V. 578, L6-6.

Beskrovnaya N.G., Pogodin M.A., Miroshnichenko A.S. et al. Spectroscopic, photometric, and polarimetric study of the Herbig Ae candidate HD 36112 // *Astron. Astrophys.* 1999. V. 343, N 1. P. 163–174.

Boehler Y., Ricci L., Weaver E., et al. The Complex Morphology of the Young Disk MWC 758: Spirals and Dust Clumps around a Large Cavity // *Astrophys. J.* 2018. V. 853, P. 162–176.

Liu Y., Dipierro G., Ragusa E., et al. Ring structure in the MWC 480 disk revealed by ALMA // *Astron. Astrophys.* 2019. V. 622, P. 75–78

The P.S., de Winter D., Perez M.R. A new catalogue of members and candidate members of the Herbig Ae/Be (HAEBE) stellar group // *Astron. Astropys. Suppl. Ser.* 1994. V. 104, N 1. P. 315–339.