
Издаётся международной общественной организацией “Астрономическое общество”
и Государственным астрономическим институтом имени П.К. Штернберга МГУ

№ 1632, 2016 октября 10

ИЗМЕНЕНИЕ ЭМИССИОННОГО СПЕКТРА ЗВЕЗДЫ MWC 361

Н.З. Исмаилов, С.А. Алышов и Ш.К. Исмаилова

Шамахинская Астрофизическая Обсерватория НАН Азербайджана

E-mail: ismailovn@yahoo.com

Поступила в редакцию 25 июля 2016 г.

Резюме. Приведены результаты спектральных исследований спектрально-двойной звезды типа Ве Хербига MWC 361. Наблюдаемые фазы соответствуют минимуму кривой лучевых скоростей системы. Эмиссионный спектр водорода $H\alpha$ и $H\beta$ показывает минимальное состояние излучения. В спектре звезды впервые нами обнаружены линии межзвёздного происхождения DIB $\lambda\lambda$ 5780, 5797 Å. Значительно усилены эмиссионные линии SiII $\lambda\lambda$ 6347 6371 Å и [OI] $\lambda\lambda$ 6300, 6363 Å.

Наблюдательный материал и результаты

В настоящее время одним из важных вопросов в исследовании звёзд типа Ae/Be Хербига является структура околзвёздного диска и природа её взаимодействия с центральной звездой. С целью исследования этого вопроса нами выполняется наблюдательная программа по этой группе молодых звёзд. В настоящей работе приведены результаты исследований спектра одной из спектрально-двойных молодых звёзд MWC 361 (HD 200775). Это одна из ярчайших звёзд типа Ве Хербига и известна как спектрально-двойная с орбитальным периодом около 1345 дней [1]. Данные разных авторов по решению кривой лучевых скоростей системы значительно отличаются друг от друга, что делает необходимым уточнение кривой лучевых скоростей отдельных компонент системы [1–6].

Спектральные наблюдения были выполнены в фокусе Кассегрена 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана. Применялся эшелле-спектрометр, работающий на базе спектрографа UAGS [7]. В качестве светоприёмника использовалась ПЗС матрица с 530×580 элементами. Наблюдения программных звёзд были выполнены в диапазоне $\lambda\lambda$ 4700–6700 Å. Спектральное разрешение составляет $R = 14000$. Отношение сигнала к шуму в области линии $H\alpha$ в среднем составляло $S/N = 80-100$, а в области линии $H\beta$ – $S/N = 10-20$. За май–сентябрь 2015 г. получено 15 пар эшелле-спектрограмм звезды. Метод наблюдений и обработки материала более подробно излагается в работе Исмаилова и др.[7].

Ошибка в измерении интенсивности из-за проведения континуума в зависимости от уровня S/N составляла 0.5–1% в области линии $H\alpha$ и до 2–4% в области линии $H\beta$. Предельное значение эквивалентной ширины, которую можно измерить с разбросом 3σ , составляет 0.03 Å. Средняя ошибка измерений лучевых скоростей по отдельным линиям в спектрах звёзд-стандартов, не превышает $\pm 1.5-2.5$ км/с.

Таблица 1: Фазы наших наблюдений, вычисленные нами по элементам, приведённым разными авторами.

Автор	[1]	[2]	[3]	[6]	[5]	[4]
Интервал	0.988–0.057	0.255–0.335	0.832–0.900	0.734–0.799	0.829–0.897	0.798–0.865
Средняя	0.026	0.299	0.870	0.769	0.866	0.835

Наши наблюдения выполнены в июне–сентябре 2015 г. и соответствуют фазам 0 ± 0.3 кривых лучевых скоростей, приведённых разными авторами (табл. 1). В табл. 1 в верхней строке приведены ссылки на работы авторов, по которым получены элементы орбиты системы, во второй строке приведены фазы, вычисленные нами по элементам, приведённым разными авторами, а в третьей строке – среднее значение этих фаз.

Были измерены спектральные параметры линий $H\alpha$, $H\beta$, $HeI \lambda 5876 \text{ \AA}$, D1, D2 NaI, SiII $\lambda\lambda 6347, 6371 \text{ \AA}$, [OI] $\lambda\lambda 6300, 6363 \text{ \AA}$. Впервые в спектре звезды нами были обнаружены диффузные межзвёздные полосы (DIBs) $\lambda\lambda 5780$ и 5797 \AA .

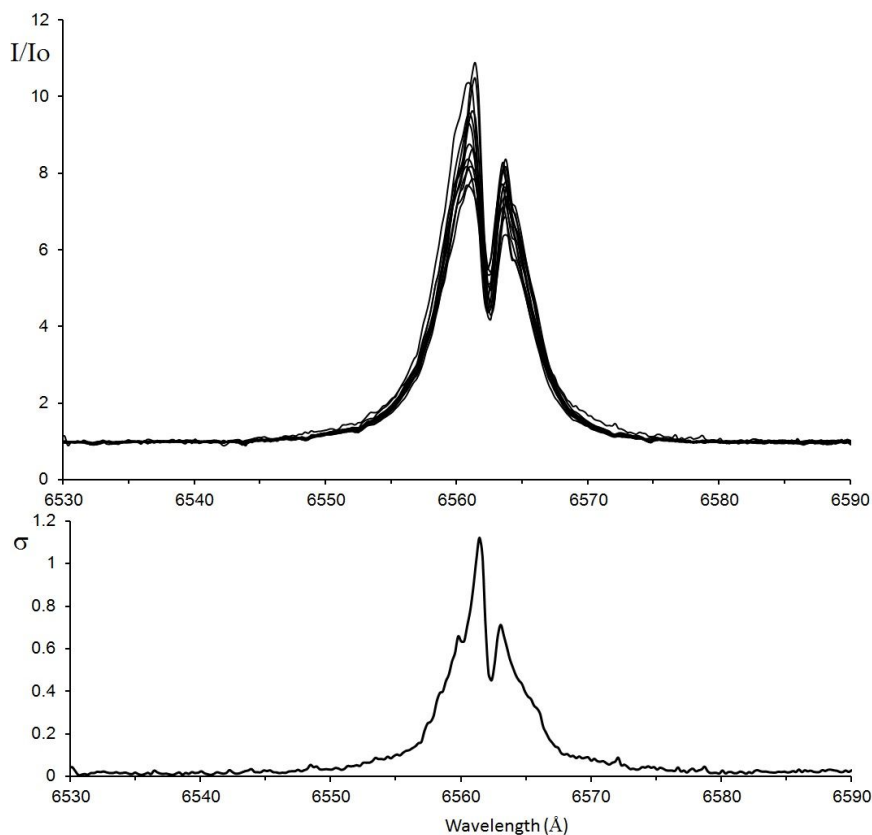


Рис. 1: Профили линии $H\alpha$ за разные ночи наблюдений наложены друг на друга (верхняя панель). На нижней панели приводится среднее квадратичное отклонение от среднего остаточной интенсивности.

На рис. 1 в верхней панели приведены наложенные друг на друга профили эмиссионной линии $H\alpha$, полученные в разные ночи наблюдений. В нижней панели на рис. 1 приводится величина среднее квадратичного отклонения от среднего относительной ин-

тенсивности для этих профилей в зависимости от длины волны. Как видно из этого рисунка, изменение интенсивности происходит, в основном, на вершине компонентов – у синего на 33%, у красного на 26%. Аналогичная структура и её изменение наблюдались также и в линии $H\beta$.

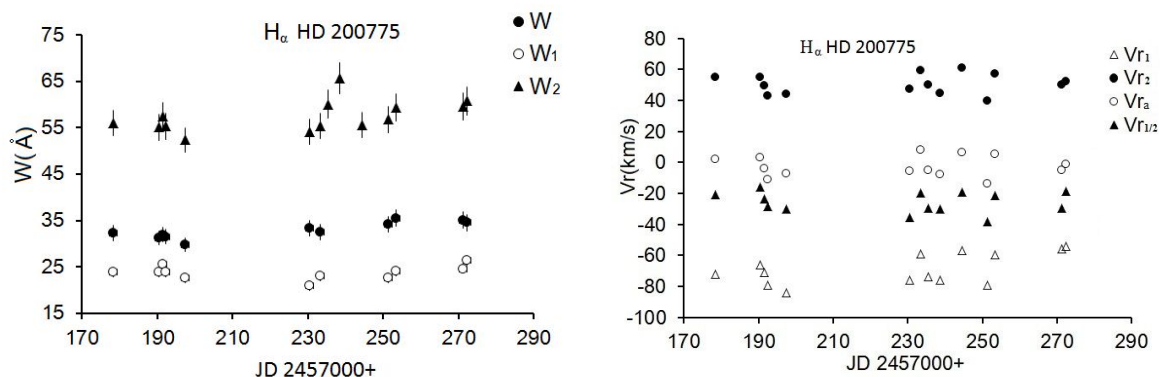


Рис. 2: Изменение лучевых скоростей (левая панель) и эквивалентных ширин (правая панель) отдельных компонент эмиссионной линии $H\alpha$. Обозначения: Vr_1 , Vr_2 – смещение отдельных пиков, Vra – смещение абсорбции между компонентами, и $Vr_{1/2}$ – смещение линии на уровне половины интенсивности, эквивалентные ширины синего и красного компонентов W_1 , W_2 , и W – полная эквивалентная ширина эмиссии $H\alpha$.

На рис. 2 приведены диаграммы изменений лучевых скоростей и эквивалентных ширин отдельных компонент эмиссии $H\alpha$. Обозначения: Vr_1 , Vr_2 – смещение отдельных эмиссионных пиков, Vra – смещение абсорбции между пиками, и $Vr_{1/2}$ – смещение линии на уровне половины интенсивности. Средние значения этих параметров, полученные по нашим наблюдениям, -68 , 50 , -2 и -25 км/с, соответственно. Как видно из рис. 2, лучевые скорости отдельных компонент линии показали флуктуации, достигающие до 20 км/с. Средняя лучевая скорость на уровне половины интенсивности соответствует -25 км/с. Согласно данным [1], такая скорость получается в фазы 0.0 по кривой лучевых скоростей, построенной по линии $H\alpha$ и по фотосферным линиям. По данным же [3], такое смещение должно происходить около фазы 0.90.

Среднее значение полной эквивалентной ширины линии $H\alpha$ по нашим наблюдениям около 57 \AA . Такое значение является минимальным также и по данным других авторов. Как показано в работе Погодина и др. [1], эквивалентные ширины линии $H\alpha$ за весь орбитальный период плавно меняются в пределах $50\text{--}120 \text{ \AA}$ и достигают минимума при JD 24551500 (при фазе 0.75).

На рис. 3 приведены разные участки спектра звезды. Третий сверху участок содержит эмиссионные линии Si II $\lambda\lambda$ 6347, 6371 \AA , [OI] λ 6363 \AA . На второй панели приведен спектральный участок, содержащий запрещенную линию [OI] λ 6300 \AA . Как видно, линии Si II $\lambda\lambda$ 6347, 6371 \AA имеют два пика и по структуре напоминают профиль линии $H\alpha$. Судя по рис. 3, красное крыло линий Si II, возможно, имеет более сложную структуру. Интересно, что в работе [1] приведены профили линий иона Si II $\lambda\lambda$ 4128, 4131 \AA , которые, в отличие от наших данных, имеют чисто абсорбционный профиль.

Между указанными линиями Si II $\lambda\lambda$ 6347 и 6371 \AA наблюдается слабая линия [OI] λ 6363 \AA . Эта линия достаточно уверенно отделяется от шума. Определение эквивалент-

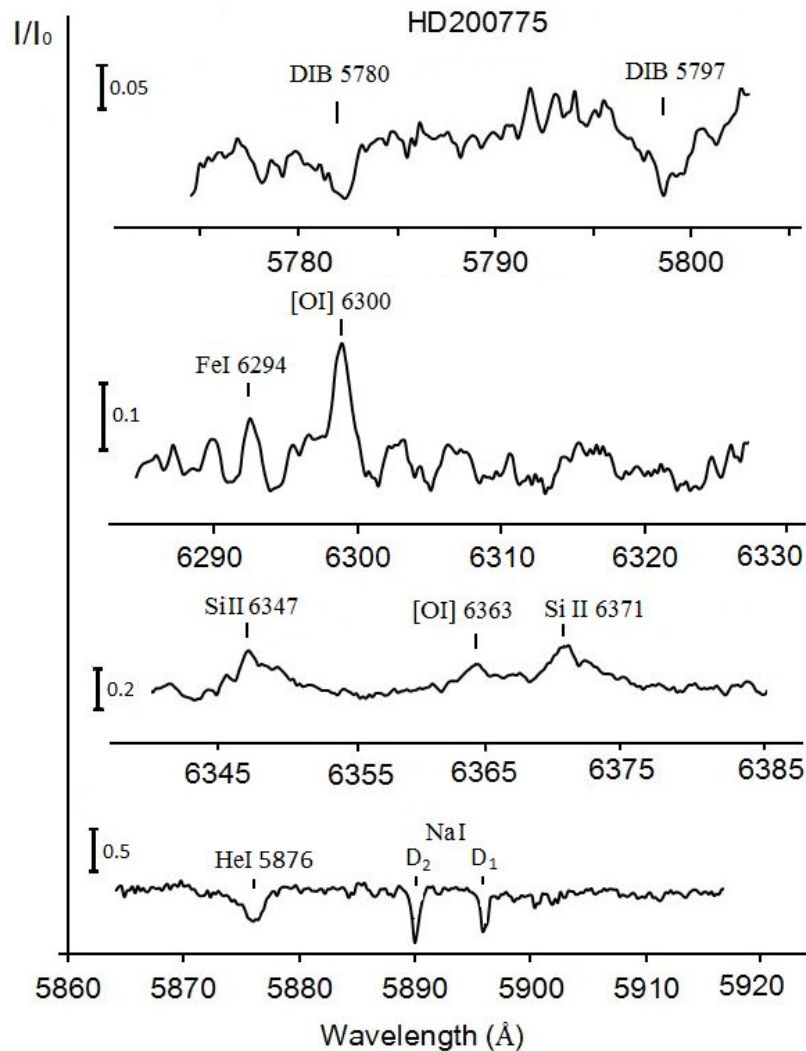


Рис. 3: Разные участки спектра звезды.

ных ширин для слабых линий весьма чувствительно к проведению уровня континуума, поэтому эквивалентные ширины этой линии определялись с относительно более высокой погрешностью (до 20–30%). Лучевые скорости линии определены по смещению эмиссионного пика. Мы предполагаем, что линия [OI] λ 6363 \AA имеет двухкомпонентную структуру, но при нашем разрешении отдельные компоненты не выделяются уверенно. Линия [OI] λ 6300 \AA показывает диффузную эмиссию, и какая-либо структура в этой линии не выделяется (второй участок сверху на рис. 3).

На рис. 4 приведена временная зависимость лучевых скоростей (левая панель) и эквивалентных ширин (правая панель) эмиссионной линии Si II λ 6371 \AA . Как видно из рис. 3, параметры линии меняются от ночи к ночи. После JD 2457230 наблюдается увеличение эквивалентных ширин и смещение значений лучевых скоростей в красную часть спектра. Незначительное увеличение эквивалентных ширин в это же время также наблюдается и в полном значении эквивалентной ширины линии H α (рис. 2).

На рис. 5 приводится аналогичный график для линии [OI] λ 6363 \AA . Как видно

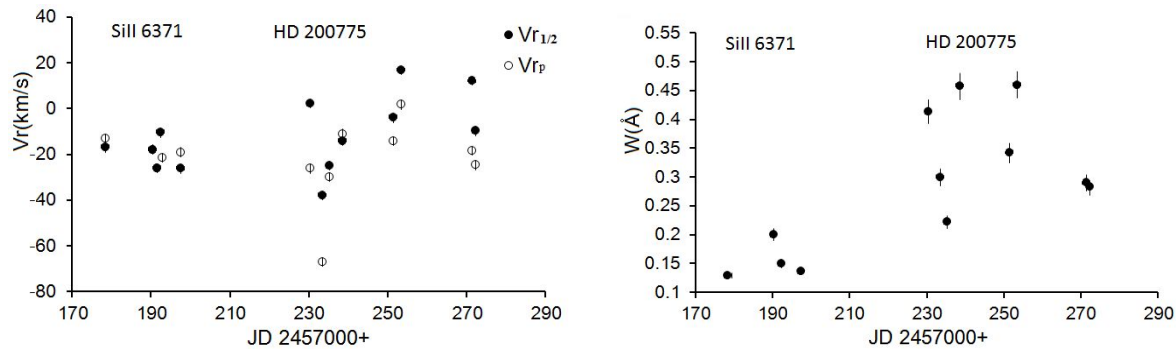


Рис. 4: Временная зависимость лучевых скоростей (левая панель) и эквивалентных ширин (правая панель) эмиссионной линии Si II λ 6371 Å. Открытые кружки на левой панели соответствуют смещению интенсивного пика, тёмные кружки – смещению центра линии на уровне половины интенсивности.

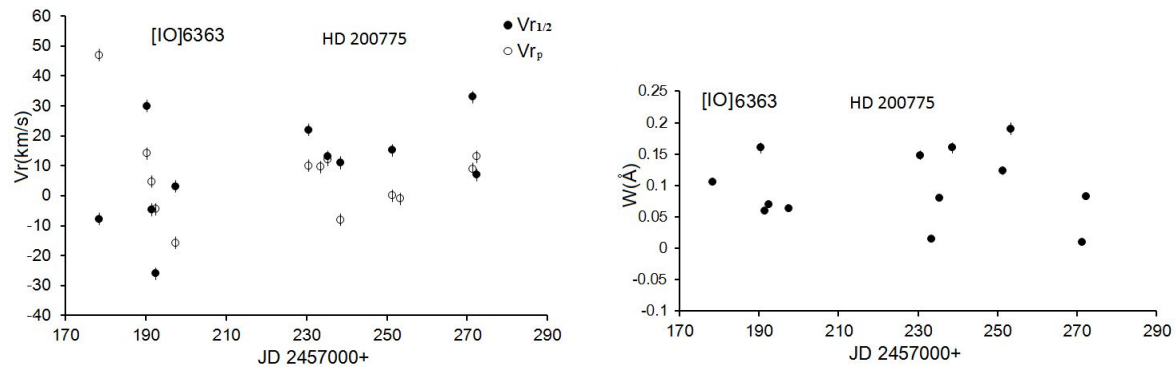


Рис. 5: То же, что на рис. 3, для линии [O I] λ 6363 Å.

из этого рисунка, лучевые скорости в спокойном состоянии излучения имеют среднее значение около -10 км/с, но после даты JD 2457230 преобладает смещение V_r в красную часть спектра. После указанной даты средняя скорость составляет $+10$ км/с.

Эквивалентные ширины показывают значительный разброс, хотя среднее значение по всем наблюдениям значительно не меняется. Значение эквивалентной ширины этой линии хорошо согласуется с данными [8].

Профиль линии He I λ 5876 Å является чисто абсорбционным и ничем не отличается от прежних профилей, полученных в наших наблюдениях [2]. Как отмечено в [2], профиль линии показывает изменение крутизны и ширины красного или синего крыла. В представленных здесь наших спектрограммах наблюдается расширение у синих крыльев линии. По-видимому, такое изменение связано с орбитальным движением компонент в двойной системе. Это говорит о том, что вторичный компонент системы также даёт определенный вклад излучения в линию гелия. Это подтверждает вывод Бисяриной и др. [3] о том, что вторая компонента системы также является В-звездой.

На рис. 6 приведен график, показывающий изменение со временем лучевых скоростей и эквивалентных ширин линии He I λ 5876 Å. Среднее значение лучевых скоростей по этой линии 7 км/с при эквивалентной ширине 0.7 Å. Как видно, наблюдается небольшой разброс значений как в V_r , так и в W_λ .

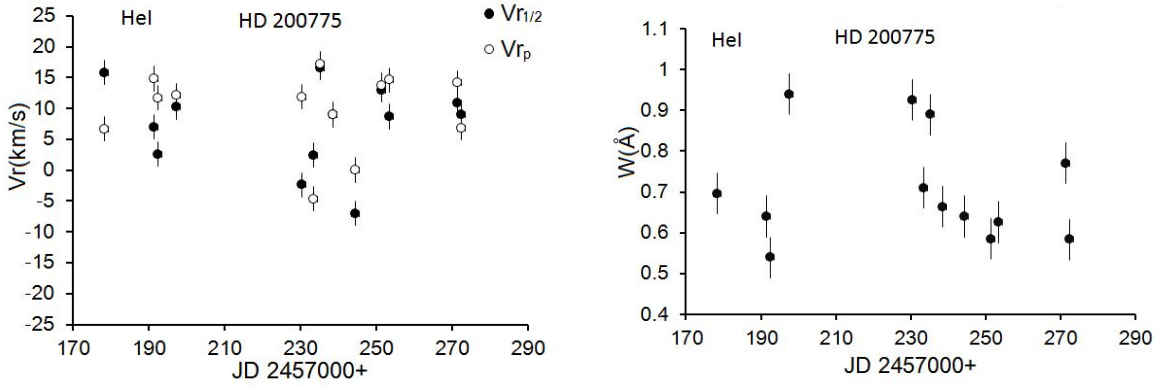


Рис. 6: То же, что на рис. 3, для линии HeI λ 5876 Å.

В спектре звезды наблюдаются узкие линии D1, D2 Na I околосвѣдного происхождения со средним смещением -12 ± 2.0 км/с в синюю часть спектра. Средние значения эквивалентных ширин линий D1, D2 Na I, полученные нами, 0.29 ± 0.03 и 0.27 ± 0.04 , соответственно.

В спектре звезды нами впервые были наблюдаемы линии межзвѣдного происхождения DIB λ 5780, 5797 Å (рис. 3). Первая из этих полос в отдельные даты наблюдений весьма ослабляется и едва отделяется от шума. Вторая полоса наблюдается более уверенно. Среднее значение параметров этих линий таково: лучевые скорости 13 ± 18 , 5 ± 22 км/с и эквивалентные ширины 0.044 ± 0.03 Å и 0.035 ± 0.015 Å, соответственно. Причина таких изменений в DIB линиях не совсем ясна. Возможно, мы наблюдаем изменение в физических условиях в околосвѣдной среде.

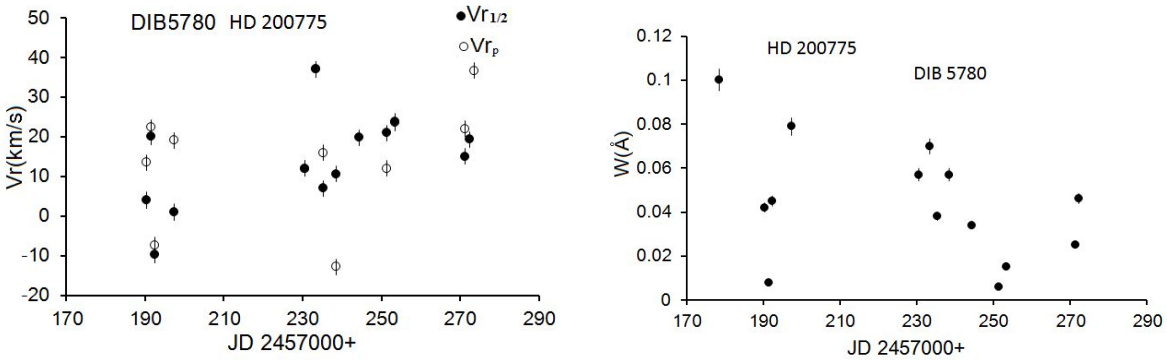


Рис. 7: То же, что на рис. 3, для полос DIB λ 5780 Å.

На рис. 7 показан график изменения со временем лучевых скоростей и эквивалентных ширин полос DIB λ 5780, 5797 Å. Как видно, наблюдаемый характер изменений такой же, как у линий Si II и [OI]. Это показывает о том, что часть этих линий может иметь околосвѣдное происхождение.

Заключение

Таким образом, наши спектральные наблюдения спектрально-двойной системы типа Ae/Be Хербига MWC 361 интересны тем, что они были получены в момент минимума кривой лучевых скоростей. По данным разных авторов, долгота периастра системы $\omega = 200\text{--}250^\circ$ [3]. При такой ориентации орбиты минимум кривой лучевых скоростей указывает на прохождение звезды около апоастра. Второй компонент системы при этом находится достаточно далеко от спутника. Мы предполагаем, что основной причиной плавного изменения эквивалентных ширин линий $H\alpha$ и $H\beta$ является возмущение, которое возникает при сближении компонент системы около периастра. Значения эквивалентных ширин линий водорода минимальные, что подтверждает наше предположение.

Наблюдения показали, что после JD 2457230 произошли значительные изменения в околозвёздной структуре звезды. Стало наблюдаться смещение некоторых эмиссионных линий Si II $\lambda\lambda$ 6347, 6371 Å, [OI] $\lambda\lambda$ 6300, 6363 Å, и абсорбционных полос DIB $\lambda\lambda$ 5780, 5797 Å в красную часть спектра, а также были увеличены в этот момент их эквивалентные ширины. Наши результаты показали, что существует быстрая переменность как эмиссионного, так и абсорбционного спектра звезды с характерным временем в несколько дней. Это может быть показателем неравномерной аккреции вещества на внешние части околозвёздного диска. Слабое изменение как в запрещённых линиях кислорода, так в полосах межзвёздного происхождения DIB $\lambda\lambda$ 5780, 5797 Å свидетельствует об изменении со временем физических условий в самых внешних частях околозвёздной структуры.

Литература

1. Pogodin M. A., Miroshnichenko A. S., Tarasov A. E., et al., *A&A* **417**, 715 (2004).
2. Ismailov N. Z., *Astron. Rep.* **47**, No. 3, 206 (2003).
3. Бисярина А. П., Соболев А. М., Горда С.Ю. и Парфёнов С.Ю. *Астрофиз. Бюлл.* **70**, 316 (2015).
4. Alecian E., Catala C., Wade G. A., et al., *MNRAS* **385**, 391 (2008).
5. Monnier J. D., Berger J.-P., Millan-Gabet R., et al., *ApJ* **647**, 444 (2006).
6. Benisty M., Perraut K., Mourard D., et al., *A&A* **555**, A113 (2013).
7. Ismailov N.Z., Bahaddinova G.R., Kalilov O.V., and Mikailov Kh.M., *Astrophys. Bull.* **68**, 196 (2013).
8. Hernández J., Calvet N., Briceño C., Hartmann L., and Berlind P. *AJ* **127**, 1682, (2004).

Variations in the Emission Spectrum of MWC 361

N.Z. Ismailov, S.A. Alishov, and Sh.K. Ismailova

Shamakhy Astrophysical Observatory ANAS

E-mail: ismailovn@yahoo.com

Received July 25, 2016

Abstract. Results of a spectral research of the spectral-binary Be Herbig type star MWC 361 are presented. Observational phases correspond to the minimum of the radial-velocity curve of the system. Hydrogen emission lines $H\alpha$ and $H\beta$ show the low condition of radiation. We have discovered for the first time in the spectrum diffuse interstellar bands (DIB) $\lambda\lambda$ 5780, 5797 Å. The intensities of the Si $\lambda\lambda$ 6347 6371 Å, and [OI] $\lambda\lambda$ 6300, 6363 Å emission lines are considerably enhanced.