

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СИМБИОТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА VX Mon.

Представлены результаты спектральных наблюдений симбиотической звезды VX Mon. Приводится распределение энергии в спектре объекта в абсолютных единицах, рассматривается изменение интенсивности и формы профилей эмиссионных линий. Проведен анализ данных для этого объекта, включая результаты других авторов.

Объект VX Mon с координатами: $\alpha_{(2000)} = 07^{\text{h}}25^{\text{m}}23^{\text{s}}$, $\delta_{(2000)} = -03^{\circ}35'51''$, является двойной звездной системой. Комбинированный характер спектра, а именно сочетание полос поглощения TiO и эмиссионных линий H β , HeI, а иногда и HeII, свидетельствует о симбиотической природе объекта [1-6]. Красный компонент – нормальная звезда класса M6-M8 [1,3], активно теряет массу, образуя протяженную оболочку, состоящую из нейтрального газа и пыли. Распределение энергии в континууме горячей компоненты соответствует спектральному классу A5 – F0, ее эллиптическая орбита имеет эксцентриситет ~ 0.47 . Отношение масс звездных компонент, равное 6.7 ± 1.3 , существенно выше, чем в других симбиотических объектах [2]. Эмиссионный спектр формируется в оболочке ионизованного газа, окружающей горячую звезду. Наблюдения в ультрафиолетовом диапазоне показали присутствие

в спектре оболочки линий высокого возбуждения, таких как NIII, [OIII], CIII, CIV [7]. Кроме того, эмиссионная линия HeII 4686A и следы [OIII] 5007A наблюдались и в видимой области спектра [5]. Следует отметить явное несоответствие между спектральным классом горячего компонента и степенью ионизации эмиссионного спектра оболочки. Можно предположить, что в данном случае источником ионизирующего излучения служит не сама звезда, а ее аккреционный диск, сформированный под действием звездного ветра красного гиганта. Мощность аккреции зависит от темпов потери массы звездой – донором и от расстояния между звездами. В случае VX Mon обнаружена четкая связь между изменениями блеска (с периодом 1401 дня и амплитудой $\sim 3^{\text{m}}$) и орбитальным движением горячей звезды [2,3]. Можно выделить несколько возможных причин фотометрической переменности VX Mon: частич-

Таблица 1. Характеристики эмиссионных линий в спектре VX Mon

Дата наблюдений	ζ	EW(H γ) Е	Fabs(H γ) эрг см ⁻² сек ⁻¹	EW(H δ) Е	Fabs(H δ) эрг см ⁻² сек ⁻¹	Fabs(6678) эрг см ⁻² сек ⁻¹
03.02.1983 [1]	0.83		1.25 10 ⁻¹²	35	5.37 10 ⁻¹²	
14.12.1988 [5]	0.50				2.07 10 ⁻¹¹	1.1 10 ⁻¹³
12.12.2007	0.46			78.2	1.12 10 ⁻¹¹	2.19 10 ⁻¹³
30.11.2008	0.76	13.33	2.08 10 ⁻¹²	52.8	1.41 10 ⁻¹¹	1.12 10 ⁻¹³

ное экранирование горячей звезды (при $\zeta=0.0$), изменение расстояния от источника звездного ветра (более чем в два раза) и изменение оптической толщи поглощающей материи на луче зрения.

Преыдущие исследования [1-6] позволили выявить колебания потоков излучения и эквивалентных ширин эмиссионных линий, а также изменения степени ионизации спектра. Основными источниками спектральной переменности данного объекта могут служить изменения мощности ионизирующего излучения и поглощение, вызываемое оболочкой нейтрального газа и пыли в звездном ветре красной звезды. В частности, максимальное поглощение на луче зрения создается в минимуме блеска (при фотометрической фазе $\zeta=0.0$). Этому моменту соответствуют минимальные значения эквивалентной ширины и интенсивности линии H δ . Максимальная степень ионизации отмечалась вблизи фотометрической фазы $\zeta=0.5$, когда горячая звезда находится перед гигантом, на минимальном расстоянии от источника аккреции.

В целом можно отметить, что влияние нескольких факторов, определяющих поведение объекта VX Mon, существенно усложняет интерпретацию наблюдательных данных и стимулирует дальнейшие активные исследования этого объекта.

В АФИФ наблюдения VX Mon проводились в 2006 - 2008гг на 1-м телескопе фирмы Карл Цейсс Йена, использовался спектрограф UAGS. Спектрограммы с дисперсией 0.5E пкс⁻¹ покрывали два диапазона: лл 4380 - 5140E и лл 6120 - 6880E. Одновременно со спектрограммами исследуемого объекта были получены спектры звезд HD14818 и фТауги с известным распределением энергии[8].

Обработка спектрограмм состояла из стандартных процедур учета «темнового шума», ошибки поля, спектральной чувствительности аппаратуры. Спектры стандартной звезды использовались для оценки потока излучения объекта в абсолютных энергетических единицах.

На рис. 1 представлены фрагменты спектра VX Mon, полученные 12 декабря 2007 г. и 30 ноября 2008г. Стрелками обозначено положение эмиссионных линий. В таблице 1 даны: 1 – дата наблюдений, 2 – фотометрическая фаза, вычисленная по эфемеридам[2], 3, 4 – эквивалентная ширина EW и абсолютный поток в линии H γ , 5, 6 - эквивалентная ширина EW и абсолютный поток в линии H δ , 7 - абсолютный поток в линии HeI 6678E. Потоки приведены в единицах (эрг см⁻² сек⁻¹), в квадратных скобках в первом столбце указаны ссылки на используемые статьи. Несмотря на то, что этот объект неоднократно наблюдался разными авторами, данные об эмиссионных потоках оказались крайне ограниченными. Точность полученных нами значений EW и Fabs составляет соответственно 5 и 10%.

Можно сравнить результаты, полученные в разные годы вблизи фазы $\zeta=0.5$, (4 и 5 строки Таблицы 1). В спектре Van-Vinckel [5], наряду с линиями H γ и HeI, наблюдались эмиссия HeII 4686E и следы [OIII] 5007E. Степень ионизации спектра, полученного в 2007г., гораздо ниже, так как линий высокого возбуждения нет, и поток в линии H δ почти в два раза меньше. Тот факт, что в спектре 1988 г. линия HeI 6678E была в 2 раза слабее, очевидно, связан с переходом атомов гелия в более высокое состояние ионизации. Сопоставление данных 1983г.[1] и 2008г., полученных вблизи $\zeta=0.80$, также выявляет заметные различия. Во-первых, это существенное повышение потоков в линиях H δ и H γ , вызванное, веро-

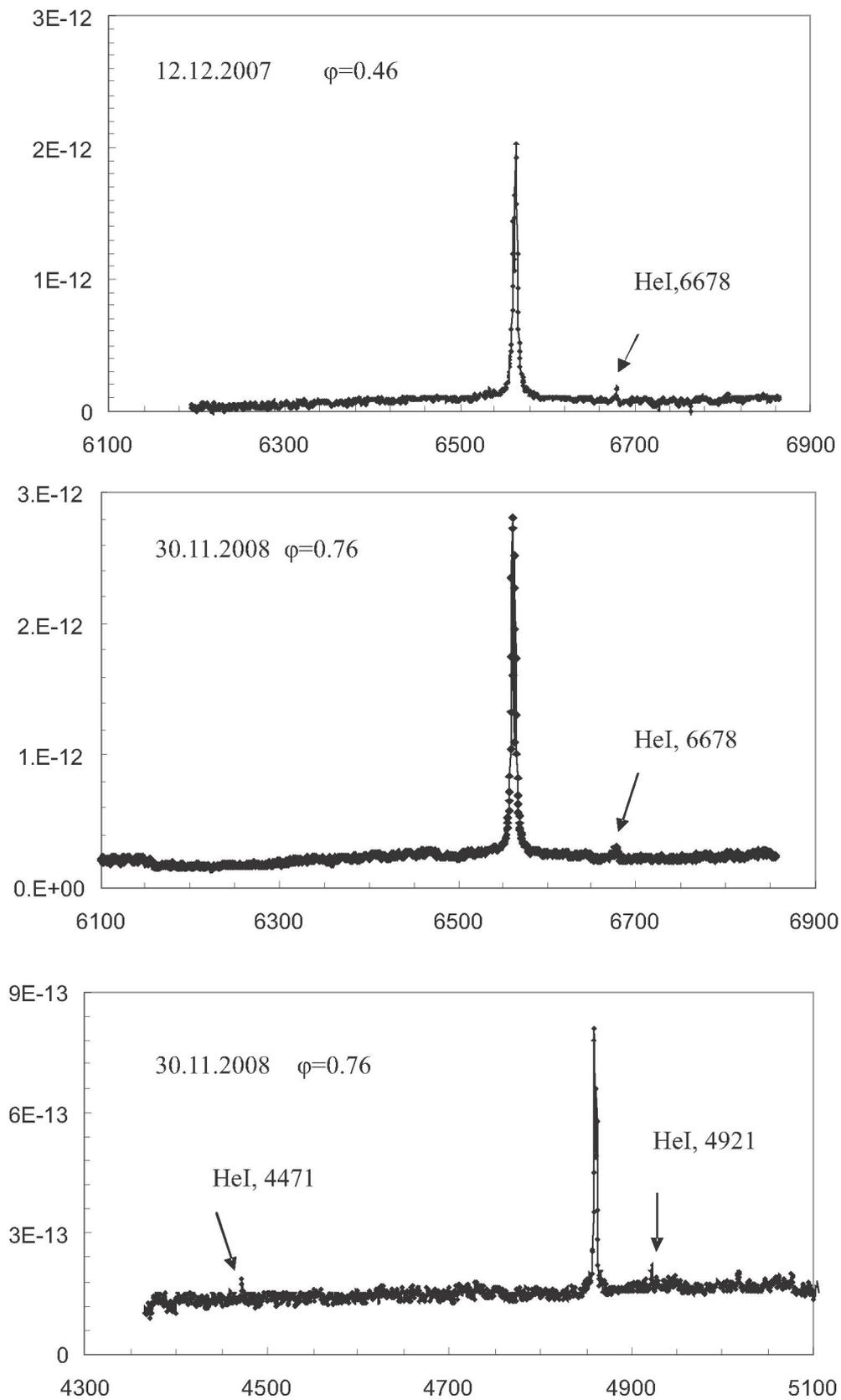


Рис. 1. Распределение энергии в спектре VX Mon . Ось Y представляет собой поток излучения ($\text{эрг см}^{-2} \text{сек}^{-1} \text{Å}^{-1}$).
Ось X соответствует значениям длины волны в Å

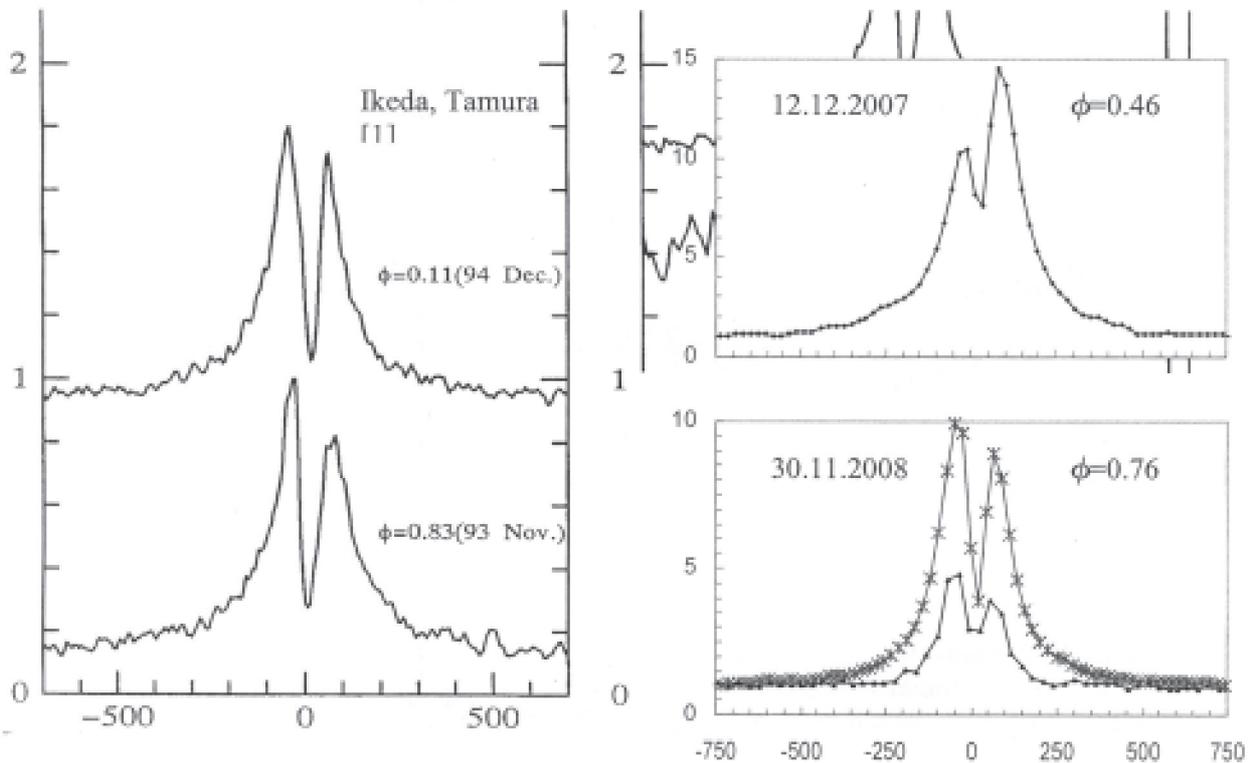


Рис. 2. Профили эмиссионной линии Нб в спектре объекта VX Mon. Ось X соответствует проекции лучевой скорости (в км сек⁻¹) на луч зрения. Ось Y – относительная шкала интенсивностей. На нижнем фрагменте справа в дополнение к профилю Нб (крестики) приведен профиль Нв

ятно, реальным усилением в 2008 г. потока ионизирующего излучения. Во-вторых, возросшее в 2008 г. отношение $F(\text{H}\beta)/F(\text{H}\gamma)$, свидетельствует об увеличении поглощения, которое испытывают горячая звезда и ее оболочка. Оба фактора имеют общую причину - активизацию процесса потери массы из атмосферы красного гиганта.

На рис. 2 приведены профили линий водорода для нескольких моментов наблюдений. Широкие профили линий Нб и Нв «разрезаны» на две составляющие мощной линией поглощения, которая формируется в протяженной нейтральной оболочке, окружающей позднюю компоненту. Проекция скорости звездного ветра, а, следовательно, и длина волны абсорбции, меняются в зависимости от расположения горячей компоненты на орбите. Соответственно, положение абсорбции на широком профиле Нб смещается в «красную» или «синюю» область длин волн, вызывая изменение отношения интенсивностей эмиссионных пиков.

Рисунок 2 наглядно иллюстрирует эти изменения. Мы определили лучевую скорость абсор-

бции V_{Γ} для двух дат наших наблюдений: $V_{\Gamma} = -3.1 \pm 0.5$ км сек⁻¹ ($\varphi = 0.46$); и $V_{\Gamma} = +20.7 \pm 1.6$ км сек⁻¹ ($\varphi = 0.76$). Реальная точность результатов ограничивается спектральным разрешением и составляет ~ 20 км сек⁻¹. Максимальное значение скорости по линии поглощения $V_{\Gamma} = 38.8$ км сек⁻¹ получено для фазы $\varphi = 0.076$ [3].

В заключение можно следующий вывод: наши наблюдения подтверждают тот факт, что условия формирования линий в спектре оболочки определяются не только ее положением на орбите. Нестабильный характер звездного ветра может вызывать изменения эффективной температуры ионизирующего излучения и оптической толщи поглощающей массы, и, как следствие, существенно повлиять на параметры эмиссионного спектра.

Работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351.

ЛИТЕРАТУРА

1. Viotti R., Altamore A., Ferrari-Toniolo M. et al. The symbiotic star VX Monocerotis. // A&A. 1986. V.159. P.16.

2. *Dumm T., Murset U., Nussbaumer H., et al.* High resolution spectroscopy of symbiotic stars.

IV. BX Monocerotis: orbital and stellar parameters.//A&A. 1998. V. 336. P. 637 – 647.

3. *Iijima T.* BX Mon as a long-period eclipsing binary system.// A&A. 1985. V.153. P. 35-43.

4. *Ikeda Y.* Spectroscopic Diagnostics of Symbiotic Stars. II. Statistical Analyses of Highly

Resolved Emission-Line Profiles.//PASJ. 2004. V.56. - P.353.

5. *Van Winckel H.* An Atlas of High Resolution Line Profiles of Symbiotic Stars - Part One - Coude Echelle Spectrometry of Southern Objects and a Classification System of H β Line Profiles. // A&ASS. 1993. V. 102. P. 401.

6. *Iverson R., Bode M., Meaborn J.* An atlas of high resolution line profiles of symbiotic stars //A&ASS. 1994. V. 103. P. 201 – 203.

7. *Michalitsianos A., Kafatos M.*// ApJ. 1982. V.253. P. 735.

8. *Харитонов А.В., Терещенко В.М., Князева Л.Н.* Спектрофотометрический каталог звезд//1988. Алма-Ата.

Резюме

ВХ Мон симбиотикалық жұлдыздың спектрлік бақылауларының нәтижелері берілді. Объектінің спектрінде абсолют өміем бірлігіндегі энергияның үлестірілуі жасалады. Осы объектінің біздің мәліметтері және басқа авторлардың нәтижелері талдауда.

Summary

The results of the spectral observations of the symbiotic star BX Mon are submitted. An energy distributions in an absolute units are presented, variations of intensities and emission-line profiles are considered. An analysis of available data for this object, including the results of the other authors, is carried out.

*Астрофизический Институт
им В.Г.Фесенкова МОН РК.
г. Алматы*

Поступила 28.04.2009 г.