АСТРОФИЗИКА

TOM 43

АВГУСТ, 2000

ВЫПУСК 3

УДК: 524.3

ПЯТНА И АКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ НА ЭМИССИОННОЙ КРАСНОЙ КАРЛИКОВОЙ ЗВЕЗДЕ V775 HER

И.Ю.АЛЕКСЕЕВ, О.В.КОЗЛОВА Поступила 7 марта 2000 Принята к печати 26 марта 2000

Впервые проведены квазиодновременные фотоэлектрические и спектральные наблюдения активной запятненной звезды V 775 Нег, которые показали возрастание эквивалентной ширины чистой эмиссии в линии H_a с понижением блеска звезды. Такое возрастание происходило за счет увеличения электронной концентрации в активных областях и показывает связь активных областей с холодными пятнами. Фотометрическая переменность системы полностью описывается в рамках зональной модели. Запятненные области занимают до 42% полной поверхности звезды при разности температур спокойной фотосферы и пятна около 900 К. Впервые оценено отношение масс компонент системы V 775 Her.

1. Введение. Запятненность - очень распространенное явление среди холодных звезд низкой светимости. Осевое вращение такой неравномерно запятненной звезды и медленные, с характерным временем порядка нескольких месяцев, изменения конфигурации пятен вызывают фотометрическую переменность типа BY Dra - вращательную модуляцию блеска и медленные изменения среднего блеска звезды. В настоящее время известно более 122 объектов этого типа [1]. Звезда V775 Her (HD 175742 = BD + 23° 3500 = SAO 86592) спектрально-двойная активная звезда с видимыми линиями только одного компонента (SB1) спектрального класса КОVе [2]. Джой и Вильсон [3] обнаружили у звезды сильную эмиссию в линиях Н и К Call. Бопп и др. [4] отметили, что линия Н_ у V775 Нег полностью залита эмиссией, которая переменна. Залитую переменной эмиссией линию отмечали также Фекел и др. [5] и Штрассмайер и др. [6]. Лиу и Тан отметили существенные изменения в области Н с характерными временами от часов [7] до суток [8, 9]. Фотометрическую переменность звезды обнаружили независимо Бопп и др. [4] и Генри [10]. Дальнейшие наблюдения были выполнены Боппом и др. [11], Аканом [12] и Калюжным [13]. Обширные ряды наблюдений получили Родоно и Кутиспото [14].

В настоящей работе нами впервые проведены квазиодновременные наблюдения V 775 Нег в фотометрической системе UBVRI и линии H_a. Целью работы является единообразное построение моделей запятненности

звезды по всему массиву существующих фотометрических наблюдений и выявление связи запятненных областей с активными образованиями в звездной хромосфере.

2. Наблюдения и результаты. 2.1. Фотометрия. Все наблюдения проводились нами на 1.25-метровом рефлекторе АЗТ - 11 Крымской обсерватории, оснащенном UBVRI фотометром – поляриметром Пииролы [15-18]. В качестве звезды сравнения мы использовали BD + 24°3586 ($V=8.^{m}55$, $U-B=1.^{m}25$, $B-V=1.^{m}25$, $V-R=0.^{m}89$, $V-I=1.^{m}45$), а в качестве контрольной звезды – BD + 23°3502 ($V=10.^{m}39$, $U-B=-0.^{m}01$, $B-V=0.^{m}15$, $V-R=0.^{m}15$, $V-I=0.^{m}15$). В каждую ночь мы проводили по три цикла измерений BD + 24°3586 - V775 Her - BD + 23°3502 - BD + 24°3586. При каждом наведении на звезду снималось по 4 отсчета в пяти полосах одновременно, время накопления одного отсчета составляло 10 с. Ошибки определения блеска V775 Her и ее показателей цвета не превышают при такой методике 0.^m01.

Наблюдения V775 Нег регулярно проводились И.Ю.Алексеевым с 1991 по 1999гг. Результаты наблюдений в 1991 - 1996 гг. были опубликованы нами в работах [19-23]. Кривые блеска звезды в фильтре V, свернутые по фазе с эфемеридой Боппа и др. [4]

$$JD = 2443338.94 + 2.898 E$$
.

$$\begin{array}{c}
8.0 \\
8.1 \\
8.2 \\
8.3 \\
-0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.2 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0 \\
0.0$$

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

фаза

Рис.1 Кривые блеска V 775 Нег в полосе V.

1.2

8.3

-0.2

приведены на рис.1.

(1)

ПЯТНА И АКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ НА ЗВЕЗДЕ V775 Her 341

В сезон 1997г. на кривой блеска наблюдался хорошо выраженный максимум при фазе около 0.6. В 1999г. кривая блеска имела неправильную форму. Амплитуда вращательной модуляции ΔV составляла 0.^m10 и 0.^m06 при близких значениях среднего блеска - 8.^m12 и 8.^m11 соответственно. В 1998г. кривая блеска хорошо аппроксимировалась синусоидой. Ее амплитуда вращательной модуляции была равна 0.^m06 при существенно пониженном - 8.^m21 - среднем блеске. Общие результаты наших наблюдений V775 Her, в 1997 - 1999гт. - число наблюдательных ночей, средний блеск звезды < V> и амплитуда вращательной модуляции ΔV , значения показателей цвета и фаза минимального блеска в каждый сезон - представлены в табл.1.

Таблица 1

Эпоха	Число	<1/>	ΔV	<i>U</i> - <i>B</i>	B - V	V - R	V-1	Фаза
	ночей							
1997.6	9	8.12	0.10	0.64	0.91	0.78	1.32	0.2
1998.8	6	8.21	0.06	0.62	0.90	0.78	1.28	0.7
1999.8	6	8.11	0.06	0.63	0.88	0.76	1.26	0.1

РЕЗУЛЬТАТЫ UBVRI НАБЛЮДЕНИЙ V775 HER

Сводные кривые блеска V 775 Нег, показывающие фотометрическое поведение звезды на длительных промежутках времени, были построены Родоно и Кутиспото [14], Алексеевым [20] и Алексеевым и Бондарь [21]. В настоящей работе эта кривая дополнена нами до 1999г. (рис.2). Из рисунка мы видим, что амплитуда вращательной модуляции звезды изменялась от 0.^m15 в 1989г. до 0^m05 в 1995г. Средний блеск переменной при этом изменялся на 0.^m43, что хорошо согласуется с фотографическими измерениями блеска, начиная с 1900г. [21]. Наибольший блеск звезды за



Рис.2 Сводная кривая блеска V 775 Нег в полосе V.

И.Ю.АЛЕКСЕЕВ, О.В.КОЗЛОВА

все время наблюдений $V_{abs} = 7.^{m}79 \pm 0.^{m}01$ (пунктирная линия на рис.2) достигался в 1984г. [13]. Это значение подтверждается и фотографическими данными [21]. При расчетах запятненности мы будем считать его уровнем блеска незапятненной фотосферы. Соответственно, абсолютная звездная величина V775 Нег при расстоянии 24 пк составляет $M_{v} = 5.^{m}89$.

Показатели цвета звезды, полученные нами из наблюдений и взятые из литературы, изменялись незначительно. На рис.3 показаны изменения блеска звезды в полосах *UBRI* в зависимости от блеска в полосе *V*, построенные по нашим наблюдениям 1991 - 1999гг. Из рисунка видно, что эти изменения линейно зависят от блеска в полосе *V*, что характерно для переменных типа ВY Dra. Соответствующие угловые коэффициенты линейной регрессии равны: $dU/dV = 1.18 \pm 0.05$, $dB/dV = 1.09 \pm 0.03$, $dR/dV = 0.89 \pm 0.03$ и $dI/dV = 0.71 \pm 0.03$. Из этих линейных зависимостей, принимая значение



Рис.3 Двухцветные диаграммы для V 775 Her.

максимальной яркости звезды $V_{\rm hbs} = 7.^{m}79 \pm 0.^{m}01$, мы можем оценить также и показатели цвета звезды в наиболее ярком состоянии, которое при расчетах будем считать свободным от пятен: $U - B = 0.^{m}61 \pm 0.^{m}01$, $B - V = 0.^{m}85 \pm 0.^{m}01$, $V - R = 0.^{m}73 \pm 0.^{m}01$, $V - I = 1.^{m}18 \pm 0.^{m}01$. Эти цвета несколько краснее, чем характерные значения для класса KOV [24], и больше соответствуют классу KIV. Эффективная температура, оцениваемая из показателей цвета по калибровке Джонсона, составляет около 5000 К и неплохо согласуется с оценкой по спектральному классу, приведенной Штрассмайером и др. [6].

2.2. Спектроскопия. В течение девяти ночей в августе - сентябре 1999г. О.В.Козловой были проведены спектральные наблюдения V 775 Нег в области линии H_a. Спектры были получены на 2.6-метровом телескопе ЗТШ Крымской обсерватории с разрешением R = 20000 с помощью кудэ спектрографа и ПЗС камеры. Общие сведения о полученных спектрах даны в табл.2.

Полученные с помощью ПЗС камеры изображения спектров очищались от *Таблица 2*

ccd	JD	Экспозиция	Фаза	S/N
49033	2451411.4035	19:00	0.529	110
49057	2451412.4044	25:00	0.874	100
49063	2451413.2557	20:00	0.168	110
49217	2451415.4128	30:00	0.913	110
49761	2451431.2689	30:00	0.384	90
49804	2451433.2401	20:00	0.064	150
49834	2451434.2353	20:00	0.408	100
49875	2451435.2486	20:00	0.757	60
49877	2451436.2281	20:00	0.099	150

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ V 775 HER

космических частиц, а затем корректировались за плоское поле. Обработка самих спектров (вычитание фона неба, нормировка и др.) проводилась с помощью разработанной С.Г.Сергеевым программы SPE, являющейся для КрАО общепринятой. Все обработанные спектры были скорректированы за движение Земли вокруг Солнца. Для учета атмосферной воды мы использовали наблюдения яркой звезды сравнения (ζ Aql: $V = 2.^{m}99$, Sp = B9Ve, Vsini = 330 км/с).

На рис.4 приведены нормированные спектры V775 Нег в области линии H_a и синтетические профили поглощения этой линии, рассчитанные нами по программам Н.Е.Пискунова SYNTH и ROTATE [25] с использованием данных из Венской базы атомных параметров спектральных линий VALD [26,27] для модели атмосферы с характеристиками $T_{eff} = 5000$ K, log g = 4.5, $V \sin i = 15$ км/с, $V_{migre} = 0.5$ км/с, $V_{nigre} = 1.5$ км/с.

Из рисунка следует, что на всех спектрах линия H_a практически полностью залита эмиссией со слабым абсорбционным ядром. Такой характер спектров полностью согласуется с результатами предыдущих наблюдений [4-9, 28, 29].





ПЯТНА И АКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ НА ЗВЕЗДЕ V775 Her 345

Экер и др. [28] отметили в спектре звезды слабую эмиссионную деталь, сдвинутую от центральной длины волны в красную сторону примерно на 3 А. Такая деталь присутствует и в наших спектрах. Как видно из рис.4, она периодически изменяет свое положение относительно центральной длины волны в диапазоне от-90 до 83 км/с. Таким образом, мы можем приписать ее вторичному компоненту системы. На некоторых спектрах также хорошо



Рис. 4b То же для сентября 1999г.

видны слабые линии поглощения, смещенные относительно линий синтетического спектра. Анализ смещений показывает, что это линии нейтрального железа Fel 6543.949, 6547.572, 6551.678, 6571.164 A, которые также принадлежат более холодному компоненту.

Вклад излучения вторичного компонента в чистую эмиссию H_{α} не превышает 25%. В спектрах за 20 и 22 августа и за 11 и 14 сентября, где линии компонентов хорошо разделены, видно, что эмиссия обеих звезд имеет двухкомпонентную структуру с расстояниями между пиками $\Delta\lambda_{pesk} \sim 1.38 + 1.52$ для горячей и 0.92 ÷ 1.05 А для более холодной звезды соответственно. В рамках теории изотермической хромосферы [30] мы можем оценить оптическую глубину хромосферы ($T_{chrom} = 10000$ K) как 0.5 + 1.6 · 10³ для горячего и 15 + 30 для холодного компонента системы. Электронная плотность хромосферы горячего компонента оценивается в том же изотермическом приближении как 1 + 5 · 10¹⁰ см⁻³.

Значения радиальных скоростей обеих компонент системы, значения ширины *FWHM* центральной интенсивности F_{max}/F_{cont} и эквивалентной ширины для чистой эмиссии суммарного излучения обеих компонент в линии H_a приведены в табл.3. Лучевые скорости главного компонента хорошо ложатся на теоретическую кривую [2]. Из наших данных для холодного компонента видно, что отношение масс компонентов составляет $M_1/M_2 \sim 2$, и таким образом компоненты системы имеют спектральные классы K0Ve + dM3e. Значит, наблюдаемая фотометрическая переменность связана только с главным компонентом системы, и вкладом второго компонента в общий блеск можно пренебречь.

3. Моделирование запятненности. Холодная запятненная область на поверхности звезды создает в условиях пренебрежения блеском холодного компонента дефицит потока излучения, определяемый по формуле

Таблица 3

	ccd	$V_{\rm rad}^{-1}$	$V_{\rm rad}^{-2}$	FWHM	$F_{\rm max}/F_{\rm cont}$	EW
	No.	км/с	км/с	A	4mm	A
	49033	-21	83	1.20	1.40	0.58
I	49057	0	33	1.33	1.47	0.74
	49063	61	-73	1.27	1.36	0.71
	49217	12	15	1.26	1.55	0.94
I	49761	8	15	1.19	1.47	0.70
I	49804	58	-84	1.16	1.52	0.90
l	49834	3	48	1.22	1.40	0.66
l	49875	-20	79	1.09	1.39	0.61
ł	49877	61	-90	1.25	1.46	0.95

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНИИ Н_ ЗВЕЗДЫ V775 HER

$$\Delta_{m\lambda} = -2.5 \log \left((1 - (a_{\lambda}I + b_{\lambda}J) / (1 - u^{ph}/3)) \right).$$
 (2)

В это соотношение входят два температурных параметра

$$a_{\lambda} = 1 - u_{\lambda}^{ph} - (1 - u_{\lambda}^{sp}) \cdot \beta_{\lambda}, \qquad (3)$$

$$b_{\lambda} = u_{\lambda}^{ph} - u_{\lambda}^{sp} \beta_{\lambda} \tag{4}$$

и два геометрических - выраженная в долях видимого диска звезды плошаль проекции пятен на картинную плоскость *I*:

$$\pi I = \begin{bmatrix} \cos\alpha \sin\theta \, d \, \theta \, d \, o & (5) \end{bmatrix}$$

и средний косинус углового расстояния α между геометрическим центром тяжести пятна и центром диска звезды J:

$$\pi J = \int \cos^2 \alpha \sin\theta \, d\, \theta \, d \, o. \tag{6}$$

Интегрирование в соотношениях (5) и (6) ведется по видимой части запятненной поверхности (θ и о - полярный угол и долгота точки). u_{λ} – коэффициенты потемнения к краю, β_{λ} - отношение яркостей пятна и спокойной фотосферы. Разность величин Δm_{λ} отсчитывается от уровня блеска незапятненной фотосферы. Для нахождения характеристик запятненных областей из многоцветных фотометрических наблюдений нам необходимо сделать изначальное предположение о конфигурации запятненных областей.

Алексеев и Гершберг [31-33] показали, что совокупность запятненных областей на красной карликовой звезде спектрального класса GIV - dM4.5 и со скоростями вращения до 25 км/с можно представить с достаточной степенью точности двумя симметричными относительно экватора поясами запятненности, которые занимают области с широтами от $\pm 0^{\circ}$ до $\pm (0^{\circ} + \Delta 0)$ с линейной по долготе плотностью заполнения пятнами от единицы до некоторого числа f_{min} , причем $0 < f_{min} < 1$. Такая модель не требует привлечения гипотезы больших высокоширотных пятен и дает картину запятненности, качественно сходную с солнечной. Расчеты запятненности V775 Нег в рамках зональной модели для эпох 1979-1996гг. описаны в работах [21, 33]. Исходные данные и результаты наших расчетов для 1997-1999гг. - эпоха наблюдений, разность между максимальным блеском звезды в данный сезон и значением V., амплитуда вращательной модуляции ΔV, граничная широта о и ширина ∆о поясов запятненности в градусах, параметр плотности заполнения пятнами fmin, контраст пятен βv, площади запятненных областей в минимуме и максимуме блеска в процентах от полной поверхности звезды - даны в табл.4.

Как было показано в работах [21,33], наблюдаемые сезонные вариации блеска V 775 Нег, достигающие 0.^m43, и его вращательная модуляция от 0.^m01 до 0.^m15 могут быть представлены в рамках четырехпараметрической зональной модели запятненности при значениях параметра o_{p} от 0 до 16°, величинах Δo от 12° до 29° и значениях f_{min} от 0.0 до 0.9. Максимальная

Таблица 4

Эпоха	ΔV_{max}	∆V m	о ₆ градусы	∆о градусы	f _{min}	β _v	S _{max} %	S _{min} %
1997.6	0.28	0.10	3	20	0.67	0.31	15.7	13.0
1998.8	0.39	0.06	7	24	0.84	0.30	19.2	17.6
1999.8	0.29	0.06	1	18	0.79	0.31	14.5	12.8

ЗАПЯТНЕННОСТЬ V775 HER В 1997 - 1999ГГ.

степень запятненности звезды при этом наблюдалась в 1991г. и составляла 42% полной поверхности звезды. Величина контраста пятен $\beta_v = 0.27 \pm 0.33$ соответствует разности температур фотосферы и пятна в 860 ± 980 К. Параметры запятненных областей в 1997-1999гг. вполне типичны для найденных в [21,33] пределов.

4. Связь пятен с активными областями. На рис.5 приведены кривая блеска V 775 Нег в 1999г. и зависимость параметров чистой эмиссии в линии H_{α} (эквивалентная ширина *EW*, полуширина *FWHM* и относительная интенсивность линии F_{max}/F_{cont}) от фазы вращения звезды. Мы видим, что минимальный блеск звезды, который соответствует наиболее запятненной стороне, сопровождается ростом эквивалентной ширины чистой эмиссии. Такой рост происходит прежде всего из-за усиления относительной интенсивности линии, т.е. в рамках теории изотермичной хромосферы, за счет увеличения электронной плотности. Это указывает на присутствие в хромосфере звезды активных областей, которые концентрируются вблизи наиболее запятненных участков.



Рис.5 Зависимость блеска V 775 Нег и параметров эмиссии в линии H₂ от фазы вращения звезды.



Рис.6 Зависимость эмиссии в линии Н_ от блеска звезды.

На рис.6 мы рассматриваем зависимость эмиссии в линии H_a от блеска V775 Нег по нашим наблюдениям и данным из литературы [6, 7, 28, 29]. Величина V на обоих графиках измеряется от наиболее яркого состояния звезды, которое мы считаем свободным от пятен. В левой части рисунка показана зависимость эквивалентная ширина чистой эмиссии - блеск. Как видно из рисунка, при сильной фотометрической переменности звезды (понижение блеска на 0.^m5) эквивалентная ширина эмиссии в H_a практически не изменяется с разбросом от 0.4 до 1.3 А. Правая часть рисунка учитывает изменения уровня континуума в области 6563 А и представляет зависимость хромосферной эмиссии V775 Нег в линии H_a с ее степенью запятненности. Мы видим, что по всем данным, кроме [7], при росте запятненности звезды от 7 до 20% от полной поверхности звезды, ее хромосферная эмиссия в линии H_a также растет от 7.0 · 10²⁸ до 1.5 · 10²⁹ эрг/с. Соответственно, хромосфера V775 Нег переизлучает в линии H_a в среднем 0.5 - 0.8% энергии, задерживаемой пятнами в полосе V.

5. Заключение. Таким образом, проведенные нами квазиодновременные фотоэлектрические и спектральные наблюдения активной запятненной звезды V 775 Her, а также моделирование ее запятненности показали:

Впервые оценено отношение масс компонент системы V775 Her M₁/M₂-2. Таким образом, вторичный компонент имеет спектральный класс dM3e, и мы можем пренебречь его вкладом в блеск системы и связывать всю переменность типа BY Dra с запятненностью горячей звезды.

Фотометрическая переменность системы полностью объясняется четырехпараметрической зональной моделью, разработанной ранее Алексеевым и Гершбергом [32, 33]. При этом запятненные области могут занимать до 42% полной поверхности звезды, а разность температур

спокойной фотосферы и пятна составляют порядка 900 К.

Квазиодновременные фотоэлектрические и спектральные наблюдения звезды осенью 1999г. показали возрастание эквивалентной ширины чистой эмиссии в линии H_a в фазе пониженного блеска. Такое возрастание происходило прежде всего за счет увеличения электронной концентрации от 1.10^{10} до 5.10^{10} см⁻³ и указывает на то, что в этом сезоне активные области на звезде концентрировались по долготе к наиболее запятненным участкам поверхности.

Из сопоставления результатов нашего моделирования запятненности V775 Нег и опубликованных спектральных наблюдений следует, что при росте запятненности от 7 до 20% полной поверхности звезды эмиссия в линии H_{α} растет от 7.0 · 10²⁸ до 1.5 · 10²⁹ эрг/с. Таким образом, в этой линии высвечивается 0.5 - 0.8% энергии излучения звезды в полосе V, задерживаемой пятнами.

Крымская астрофизическая обсерватория, Украина

SPOTS AND ACTIVE REGIONS ON THE EMISSION RED DWARF STAR V775 HER

I.Yu.ALEKSEEV, O.V.KOZLOVA

For the first time the quasisimultaneous electrophotometric and spectroscopic observations of the active spotted star V775 Her were carried out. They show a growth of the H_{α} clear emission equivalent width with the stellar brightness decreasing. Such growth is the result of the electron density increasing in active regions and shows correlation between the active regions and the cool spots. The photometric variability of the system can be described completely by a zonal spottedness model. The spotted regions comprise up to 42% of the total stellar surface and the tenperature difference between the quiet photosphere and the spot is about 900 K. For the first time the ratio of masses of the V775 Her system components is estimated.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. И.Ю.Алексеев, Астрон. ж., 2000 (в печати).
- 2. M.Imbert, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 38, 401, 1979.
- 3. A.H.Joy, R.E. Wilson, Astrophys. J., 109, 232, 1949.
- 4. B.W.Bopp, P.V.Noah, A.N.Klimke, J.L.Africano, Astrophys. J., 249, 210, 1981.
- 5. F.C.Fekel, T.J.Moffett, G.W.Henry, Astrophys. J. Suppl. Ser.. 60, 551, 1986.
- 6. K.G.Strassmeier, F.C.Fekel, B.W.Bopp et al, Astrophys. J. Suppl. Ser., 72, 191, 1990.
- 7. Liu Xue-Fu, Tan Hui-Song, Inform. Bull. Var. Stars., 2606, 1984.
- 8. Liu Xue-Fu, Tan Hui-Song, Bull. Amer. Astron. Soc., 17, 588, 1985.
- 9. Liu Xue-Fu, Tan Hui-Song, Chin. Astron. Astrophys., 10, 221, 1986.
- 10. G.W. Henry, Inform. Bull. Var. Stars., 1927, 1981.
- 11. B.W.Bopp, J.L.Africano, R.E.Stencel et al, Astrophys. J., 275, 691, 1983.
- 12. M.S.Akan, Astrophys. Space Sci., 169, 159, 1990.
- 13. J. Kaluzny, Inform. Bull. Var. Stars., 2627, 1984.
- 14. M. Rodonó, G. Cutispoto, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 95, 55, 1992.
- 15. V. Piirola, Observ. Astrophys. Lab. Univ. Helsinki. 6, 151, 1984.
- 16. V. Piirola in: "Polarized radiation of circumstellar origin", G.V. Coyne, A.M. Magalhaes, A.F.J. Moffat et al. (Eds). Vatican observatory, 735, 1988.
- 17. С.Ю.Калмин, Кинемат. физ. неб. тел., 11, № 3, 82, 1995.
- 18. С.Ю.Калмин, Д.Н.Шаховской, Кинемат. физ. неб. тел., 11, № 3, 85, 1995.
- 19. И.Ю.Алексеев, Н.И.Шаховская, Известия Крым. астрофиз. обсерв., 89, 93, 1995.
- 20. И.Ю.Алексеев, Астрон. ж., 73, 86, 1996.
- 21. И.Ю.Алексеев, Н.И.Бондарь, Астрон. ж., 75, 742, 1998.
- 22. И.Ю.Алексеев, в: "Труды IV съезда ЕААО", М., 110, 1998.
- 23. И.Ю.Алексеев, Известия Крым. астрофиз. обсерв., 95, 83, 1999.
- 24. H.L.Johnson, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 4, 193, 1966.
- 25. *Н.Е.Пискунов*, в: "Магнетизм звезд", Ю.В.Глаголевский, И.И.Романюк (Ред.). Санкт-Петербург, Наука, 92, 1992.
- N.E.Piskunov, F.Kupka, T.A.Ryabshikova et al, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 112, 525, 1995.
- 27. N.E.Piskunov, F.Kupka, T.A.Ryabshikova et al, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 138, 119, 1999.
- 28. Z.Eker, D.S.Hall, C.M.Anderson, Astrophys. J. Suppl. Ser., 96, 581, 1995.
- 29. D. Montes, M.J. Fernandes-Figueroa, E. De Castro, J. Sanz-Forcada, Astron. Astrophys, Suppl. Ser., 125, 263, 1997.
- 30. L.E.Cram, D.J.Mullan, Astrophys. J., 234, 579, 1979.
- 31. И.Ю.Алексеев, Р.Е.Гершберг, Астрон. ж., 73, 579, 1996.
- 32. И.Ю.Алексеев, Р.Е.Гершберг, Астрон. ж., 73, 589, 1996.
- 33. И.Ю.Алексеев, Р.Е.Гершберг, Астрофизика, 39, 67, 1996.