

УДК 524.338.5

## ДЕТАЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ В[e]-ЗВЕЗДЫ MWC 17

© 2016 В. Г. Ключкова\*, Е. Л. Ченцов\*\*

*Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия*

Поступила в редакцию 17 июня 2015 года; принята в печать 31 июля 2015 года

По материалам многократных наблюдений, проведенных с высоким спектральным разрешением  $R = 60\,000$  на 6-м телескопе БТА в сочетании с эшелльным спектрографом НЭС, детально изучены особенности оптического спектра звезды MWC 17 с феноменом В[e]. В интервале длин волн 4050–6750 Å отождествлены многочисленные разрешенные и запрещенные эмиссии, а также межзвездные линии Na I и диффузные межзвездные полосы (DIBs). По линиям различной природы измерены лучевые скорости. В качестве системной скорости,  $V_{\text{sys}}$ , может быть принята скорость для запрещенных эмиссий:  $-47 \text{ км с}^{-1}$  (по отношению к локальному стандарту  $V_{\text{LSR}} = -42 \text{ км с}^{-1}$ ). Сопоставление полученных нами данных с более ранними измерениями позволяет сделать вывод об отсутствии значительной переменности спектральных деталей.

Ключевые слова: *звёзды с эмиссионными линиями, Вe — звёзды: индивидуальные: MWC 17*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Горячая В-звезда MWC 17 = V832 Cas отнесена к объектам с феноменом В[e] [1, 2]. В[e]-феномен заключается в наличии в спектре звезды совокупности ряда пекулярных деталей: прежде всего сильных эмиссионных линий нейтральных водорода H I и гелия He I, а также эмиссии разрешенных линий ионов металлов и низковозбужденных запрещенных линий. Вторым существенным признаком звезд с феноменом В[e] является большой избыток ИК-потока, обусловленного присутствием вокруг звезды горячей пыли. Однако звезды, отвечающие этим двум основным признакам, составляют группу весьма разнородных объектов. Ламерс и др. [3], разработав критерии классификации звезд с феноменом В[e], разделили их на пять подтипов. Звезда MWC 17 не была отнесена этими авторами ни к одному из выделенных подтипов и фигурирует в публикациях как член наиболее населенной подгруппы В[e]-unclassified.

Несколько десятков неклассифицированных звезд с В[e]-феноменом изучены Мирошниченко с соавторами. Обзор результатов, полученных в частности и с использованием спектральных данных 6-м телескопа, приведен в работе [4]. Один из результатов спектроскопического исследования состоит в том, что неклассифицированные звезды с В[e]-феноменом являются взаимодействующими

двойными системами в широком диапазоне светимостей. Объекты со светимостями  $L \leq 10^5 L_{\odot}$  выделены в новую группу, названную объектами типа FS CMa. Около 30% объектов типа FS CMa действительно показывают различные признаки двойственности. В работе [5] также предлагается рассматривать неклассифицированные звезды с В[e]-феноменом как взаимодействующие двойные.

Основной проблемой в исследовании звезд с феноменом В[e] является определение светимости звезды. Светимость позволила бы фиксировать стадию эволюции звезды и отнести ее к тому или иному классу горячих звезд с близкими особенностями в спектрах. Однако в оптических спектрах звезд с феноменом В[e], как правило, не удается обнаружить абсорбций, которые формируются в условиях звездной атмосферы и могли бы послужить критериями для определения светимости. Сложность состоит также в том, что два вышеуказанных отличительных признака (спектральные особенности и избыток ИК-потока) присущи нескольким типам горячих звезд, наблюдаемых на принципиально различающихся этапах эволюции: молодые Ae/Be-звезды Хербига, проэволюционировавшие массивные звезды высокой светимости (LBV, гипергиганты), а также далеко проэволюционировавшие маломассивные звезды, близкие к фазе планетарной туманности.

Трудности определения эволюционного статуса звезд с эмиссионными спектрами хорошо иллюстрирует ситуация с В-звездой VES 695, ожо-

\*E-mail: valenta@sao.ru

\*\*E-mail: echen@sao.ru

дествляемой с ИК-источником IRAS 00470+6429 и имеющей эмиссионный спектр. Долгое время этот объект рассматривался в качестве вероятного кандидата в протопланетарные туманности (PPN), на стадии близкой к фазе PN (см. статью [6] и ссылки в ней). Однако, комплексное исследование [7], проведенное на основе обширного наблюдательного материала, включающего и эшельные спектры 6-м телескопа, привело к иному выводу об эволюционном статусе VES 695. Совокупность полученных фундаментальных параметров (светимость, особенности распределения энергии в спектре, указания на двойственность звезды) позволила авторам [7] отнести VES 695 к звездам типа FS CMa.

MWC 17, отождествляемая с ИК-источником IRAS 01441+6026, — одна из самых горячих звезд с феноменом В[e]. Она расположена вблизи плоскости Галактики и имеет координаты  $\alpha(2000) = 01^{\text{h}}47^{\text{m}}38.5^{\text{s}}$ ,  $\delta(2000) = +60^{\circ}41'57''$ ,  $l = 129^{\circ}8$  и  $b = -1^{\circ}4$ . В оптическом диапазоне MWC 17 — звезда достаточно слабая, ее звездная величина  $V = 11^{\text{m}}7$  [8]. В полосе  $B$  из-за высокого покраснения звезда еще слабее,  $B = 13^{\text{m}}5$  (по данным SIMBAD<sup>1</sup>), поэтому к настоящему времени ее оптический спектр изучен недостаточно. Единственное спектроскопическое исследование MWC 17 с высоким спектральным разрешением провел Зикграф [8]. Спектральное разрешение его данных (от 23 000 до 45 000) соизмеримо с нашим, но этот автор использовал лишь малые участки спектра. Графически в статье [8] представлены профили  $\text{H}\alpha$ ,  $\text{He I } 5876$ ,  $[\text{N II}] 6583$ ,  $[\text{O I}] 6300$ ,  $[\text{S III}] 6312$  и  $[\text{Fe II}] 7155 \text{ \AA}$ . Для этих линий, а также для  $\text{He I } 6678$  и  $\text{Na I } 5890, 5896 \text{ \AA}$  приведены относительные интенсивности и лучевые скорости характерных деталей профилей.

Для поиска возможной переменности оптического спектра MWC 17 и пополнения сведений об его особенностях мы выполнили детальное отождествление и необходимые измерения параметров спектральных деталей различной природы по спектрам, полученным с разрешением  $R = 60\,000$  в широком интервале длин волн 4050–6750  $\text{\AA}$ . В разделе 2 кратко описаны используемые наблюдательные данные. В разделе 3 представлены сведения об особенностях профилей спектральных деталей, обнаруженных по спектрам высокого разрешения, проведен их анализ и обсуждены полученные результаты. В разделе 4 рассмотрено положение MWC 17 в Галактике, в разделе 5 суммируются основные выводы.

<sup>1</sup><http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

**Таблица 1.** Даты получения использованных в работе спектров и зарегистрированный спектральный интервал

Дата	$\Delta\lambda, \text{\AA}$	Дата	$\Delta\lambda, \text{\AA}$
15.11.2005	5275–6735	14.03.2006	4050–5450
15.01.2006	4570–5980	02.09.2006	5275–6735
16.01.2006	4570–5980		

## 2. НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Мы используем спектры MWC 17, полученные на 6-метровом телескопе с эшельным спектрографом НЭС [9]. В сочетании с ПЗС-матрицей  $2048 \times 2048$  элементов и резателем изображений [10] спектрограф обеспечивает  $R = 60\,000$  в области длин волн 3500–6800  $\text{\AA}$ . Экстракция одномерных спектров из двумерных эшелле изображений выполнена с помощью модифицированного контекста ECHELLE системы MIDAS [11]. В таблице 1 приводятся даты получения спектров и зарегистрированные спектральные интервалы. Контроль и коррекция инструментального согласования спектров звезды и лампы с полым катодом выполнены по теллурическим линиям  $[\text{O I}]$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Более детально процедура измерения лучевой скорости  $V_r$  по спектрам, полученным со спектрографом НЭС, и источники ошибок описаны в статье [12]. Среднеквадратичная погрешность измерений составляет  $V_r \leq 0.8 \text{ км с}^{-1}$  по одной узкой линии.

## 3. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПРОФИЛЕЙ ЛИНИЙ

Уже в первой публикации с упоминанием особенностей спектра MWC 17 [13] была отмечена необычно высокая интенсивность эмиссий. Перепад интенсивностей — от пиков сильнейших эмиссий  $\text{H I}$ ,  $[\text{O I}]$  к ядрам абсорбций  $\text{Na I}$ , — а значит, и снижение отношения сигнал—шум, достигает в спектре MWC 17 трех порядков! Плохо выделяемые из шума слабые эмиссии затрудняют воспроизведение континуума. Абсорбции же (не считая депрессий в эмиссионных профилях) представлены лишь межзвездными линиями  $\text{Na I}(1)$ , сильнейшими из DIBs и, возможно, фотосферными крыльями  $\text{H}\delta$ . С учетом этих обстоятельств выявлены только небольшие изменения со временем интенсивностей линий, формы их профилей и положений. Эмиссии были наиболее сильны 2 сентября 2006 г., остаточные интенсивности пиков эмиссий в этом спектре в среднем на 20% больше, чем в январе и на 30% больше, чем в марте того же года.

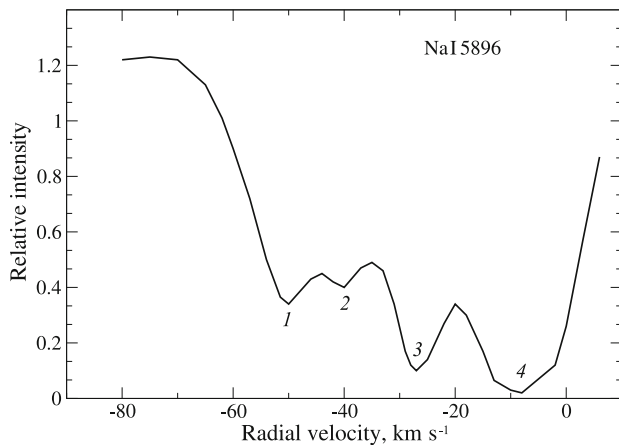
Гелиоцентрические лучевые скорости,  $V_r$ , найдены для профилей в целом или для отдельных деталей совмещением их прямых и зеркальных изображений. При сопоставлении  $V_r$  для одних и тех же линий в спектрах, полученных в разные даты, следует иметь в виду, что кроме случайных возможны и систематические ошибки порядка  $1 \text{ км с}^{-1}$ . Примеры сопоставления наших данных между собой и с данными из [8] приведены в таблице 2. Сложная и изменяющаяся от линии к линии форма профиля не позволяет нам ограничиваться только интенсивностью и одним значением лучевой скорости. Эти и дополнительные параметры профилей собраны в таблицах 2, 3, 4 и 5. В этих таблицах  $r$  — остаточная интенсивность пика эмиссии или ядра абсорбции,  $V/R$  — отношение остаточных интенсивностей синей и красной компонент для раздвоенных эмиссий. Значения скоростей округлены до целых  $\text{км с}^{-1}$ , они соответствуют:

- $V_r$  — верхней части профиля в целом для эмиссии или нижней части абсорбционной компоненты;
- $V_{\text{em}}$  — эмиссионным пикам раздвоенного профиля;
- $V_{\text{abs}}$  — депрессии в верхней части профиля эмиссионной линии;
- $V(r/2)$  — коротковолновому и длинноволновому (далее в тексте для краткости «синему» и «красному») склонам профиля эмиссионной линии на половине максимальной интенсивности;
- $V(r \approx 1)$  — синей и красной границам эмиссии у основания профиля.

Результаты работы [8] даны курсивом. Скорости, измеренные по абсорбционным компонентам Na I (1), приводятся в таблице 3.

Как следует из данных в таблицы 2, различия лучевых скоростей для сильных эмиссий [O I] с хорошо прорисованными профилями в двух наших спектрах и их расхождение с данными [8] не выходят за пределы ошибок измерения. То же можно сказать о скоростях для более слабых эмиссий [N II] и [Fe II]. У других линий изменения скорости от спектра к спектру заметны. В основном они происходят за счет изменений в красных частях профилей (сдвигов их красных склонов и вершин). У эмиссий [S III], Fe II сдвиги составляют около  $2\text{--}3 \text{ км с}^{-1}$ , у He I 5876 Å они достигают  $5 \text{ км с}^{-1}$ .

В сложных абсорбционно-эмиссионных профилях дублета Na I также наиболее изменчивы их красные части. На рис. 1 показан результат усреднения профилей линии Na I 5896 Å по нескольким нашим спектрам. Эмиссионная составляющая представлена на этом рисунке только своей синей частью (лучевая скорость  $-60 \text{ км с}^{-1}$ ), красная



Усредненный по всем имеющимся спектрам профиль линии Na I 5896 Å в спектре MWC 17. Цифрами 1–4 указаны положения четырех компонент профиля из таблицы 3.

ее часть перекрыта межзвездной абсорбцией. Из таблицы 3 видим, что три синих компоненты линии Na I 5896 Å сохраняют положения, в то время как красная компонента смещена 15 ноября 2005 г. на  $-(5\text{--}6) \text{ км с}^{-1}$  относительно ее положения в 2006 г.

Двухпиковый эмиссионный профиль Na I относится к типу III согласно классификации Билса [14]. Положение эмиссионных пиков  $V_r \approx -100$  и  $-12 \text{ км с}^{-1}$ , а также положение абсорбции  $V_r \approx -55 \text{ км с}^{-1}$  практически постоянно и в двух наших спектрах 2005 и 2006 гг., и в более раннем спектре Зикграфа [8]. Наблюдается изменение интенсивности сильнейших эмиссий по сравнению с данными [8] (см таблицу A1 в этой статье). Линия [O I] 6300 Å, а также линия [S III] 6312 Å с потенциалом возбуждения 3.3 эВ в нашем спектре на 30% сильнее, чем в [8]. Линия He I 5876 Å почти не изменилась по сравнению с измерениями Зикграфа [8].

Таблица 4 и рис. 2 иллюстрируют иерархию профилей эмиссий по ширине и степени асимметричности — то и другое нарастает от верхних строк таблицы к нижним. Значения скоростей в этой таблице усреднены для групп линий с близкой формой профиля. Они могут быть полезны не только для суждения о строении и кинематике оболочки MWC 17, но и для контроля правильности отождествления линий. Как отмечено в прежних исследованиях MWC 17 (и что вообще характерно для B[e]-звезд), самые узкие линии в ее оптическом спектре — запрещенные эмиссии [Fe II] и [O I]. Те и другие почти симметричны. У первых вершины более острые (раздвоение заметно только у некоторых линий и лишь в некоторых наших спектрах), у

вторых вершины отчетливо раздвоенные. Красный пик профиля [O I] немного сильнее синего.

**Таблица 2.** Параметры профилей (см. текст) для отдельных линий и дат по нашим измерениям и по данным Зикграфа [8] (курсив). Гелиоцентрические скорости  $V_r$  даны в км с<sup>-1</sup>. Двоеточием отмечены неуверенные измерения

Дата	$r$	$V/R$	$V_r$	$V_{em}$	$V_{abs}$	$V(r/2)$	$V(r \approx 1)$			
[O I] 6300										
15.11.2005	33	0.94	-48	-59	-38	-51	-74	-23	-92	0
02.09.2006	33	0.97	-48	-57	-40	-49	-75	-24	-95	-5
	25	0.91	-47:	-59	-39	-51	-72:	-21:	-92:	-2:
[Fe II] 5334										
15.11.2005	3.7		-48				-72	-26	-95:	3:
15.01.2006	3.7		-46				-71	-24	-94:	-1:
16.01.2006	4.2		-47				-72	-23:	-95:	0:
14.03.2006	3.7		-46				-72	-26:	-93:	-5:
02.09.2006	4.9		-47				-72	-28	-94:	-5:
[N II] 5755										
15.11.2005	16	0.84	-47	-65	-32	-52	-85:	-16	-125:	5
15.01.2006	14	0.82	-47	-64	-31	-53	-86:	-15	-125:	6
16.01.2006	15	0.80	-47	-64	-32	-55	-85:	-15:	-124:	10:
02.09.2006	21	0.80	-48	-64:	-32	-52	-83:	-17	-120:	7:
Fe II 5169										
15.01.2006	5.7	0.74	-42	-55:	-36	-50:	-69:	-16	-98:	2:
16.01.2006	6.7	0.72	-41	-55:	-37	-51:	-71:	-18	-102:	0:
14.03.2006	4.6	0.78	-43	-57:	-35	-51:	-71:	-19:	-97:	5:
Fe II 5316										
15.11.2005	13	1.00	-51	-69	-35	-50	-88	-13	-112	11
15.01.2006	11	0.95	-51	-68	-37	-51	-88	-14	-115:	12:
16.01.2006	12	0.94	-51	-69	-36	-52	-88	-14:	-111:	14:
14.03.2006	10	1.07	-52	-70	-33	-52:	-90:	-13:	-115:	14:
02.09.2006	15	1.12	-54	-70	-34	-49	-90	-15	-108:	11
Fe II 6318										
15.11.2005	8.5	0.94	-50		-34	-50	-86	-13	-105:	8:
02.09.2006	9.1		-53		-39		-89	-15	-105:	8:
[S III] 6312										
15.11.2005	4.0	0.73	-47:		-25		-81:	-12	-118:	10:

Таблица 2. (Продолжение)

Дата	$r$	$V/R$	$V_r$	$V_{em}$	$V_{abs}$	$V(r/2)$	$V(r \approx 1)$		
02.09.2006	5.3	0.68	-46:	-66:	-28	-50	-80: -14	-122: 6:	
	3.1	0.76	-50:	-70	-25	-44	-88: -12:	-123: 4:	
He I 5876									
15.11.2005	7	0.82	-54	-78 :	-28	-52:	-108	-6	-145: 25
15.01.2006	6	0.76	-50	-70:	-27	-57:	-110	-3	-142: 33:
16.01.2006	6	0.75	-48:		-26		-106:	-3:	-150: 33
02.09.2006	9	0.75	-56	-80:	-33		-110	-11	-140: 20:
	6	0.68	-50:	-78	-24	-57	-105:	0:	-135: 30:
He I 6678									
15.11.2005	2.3	0.84	-51	-72	-23	-60:	-106:	-1 :	-138: 20:
02.09.2006	2.7	0.78	-54:						
					-28:		-105:	-2 :	-135: 22:
				-67	-20	-53			
H $\alpha$									
15.11.2005				-105:	-10	-54			
02.09.2006									
					-100:	-13	-55		
				-101	-11	-59			

В согласии с результатами из [8] такое соотношение интенсивностей пиков усилено у линий H, He I, [S III]. По нашим данным оно характерно также для [N II], [O III], [Fe III] и вообще для большинства эмиссий. Исключение составляют линии Fe II низкого возбуждения (например, Fe II(49,48) 5316 Å, см. таблицу 2), у которых синяя компонента бывает сильнее красной.

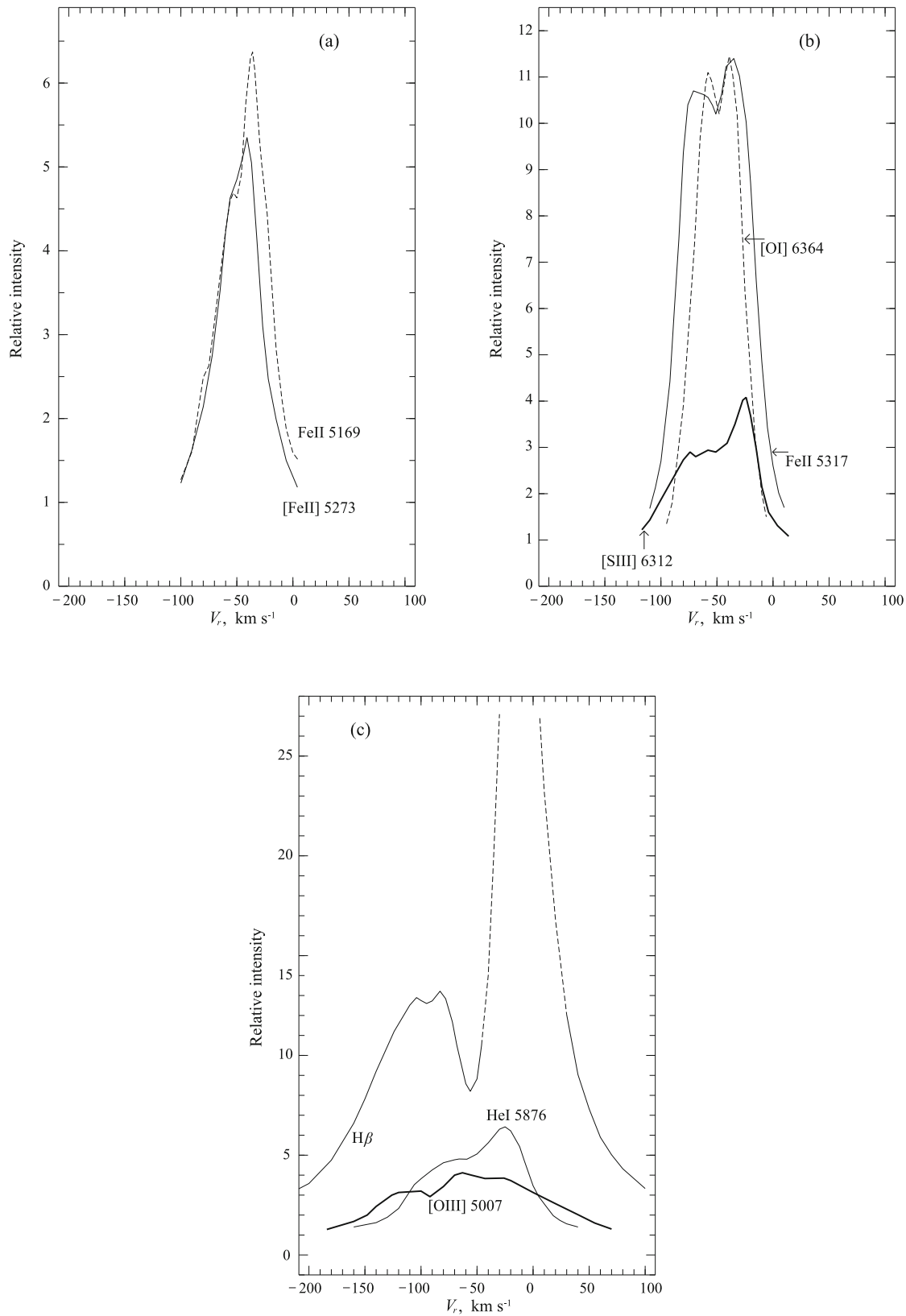
Разрешенные эмиссии Fe II заметно шире запрещенных и они слегка асимметричны: синий склон профиля круче красного. Линии Fe II низкого и высокого возбуждения нижнего уровня (около 3 и 10 eV соответственно) заметно различаются формой верхней части профиля: у вторых (например, профили линий Fe II 6318 Å в таблице 2) она близка к прямоугольной, центральная депрессия прорисовывается плохо. Различие ширины запрещенных и разрешенных эмиссий указывает на то, что эти группы линий формируются в различающихся физических условиях.

Выделяются формой профиля члены 42-го мультиплета Fe II, сильнейшего в видимой части спектра. У оснований они так же широки, как и остальные эмиссии Fe II, но резко сужаются к вершинам — за счет понижения интенсивности

в синей половине линии. Как можно видеть из таблицы 4 и рис. 2, положения красного эмиссионного пика и всего красного склона профиля практически те же, что и у других линий Fe II, синий же пик ослаблен и смещен в красную сторону, он едва заметен на синем склоне, который гораздо положе красного. Подобная асимметрия (синий пик плохо прорисован и слабее красного, синий склон положе красного) характерна и для более широких у оснований эмиссий запрещенных ионов [N II], [S III], а также [Fe III]. Она сохраняется и у самых широких (не считая водородных) линий He I и [O III]. Из модельных профилей [8] ближе всего к наблюдаемым в спектре MWC 17 те, что рассчитаны для наклонного диска ( $i \approx 45^\circ$ ). Зикграф [8] считает, что для MWC 17  $i \approx 80^\circ$ .

Часть списка отождествленных линий и их параметры<sup>2</sup> приводятся в таблице 5. Поскольку расхождения параметров от спектра к спектру для большинства линий невелики, каждая линия представлена их единственным набором. В интервале длин волн 4050–4570 Å параметры получены по

<sup>2</sup>Полный список доступен на <http://www.arxiv.org/abs/1511.07700>.



**Рис. 2.** Профили репрезентативных линий в спектре MWC 17: (a) Fe II 5169 Å (штриховая линия) и [Fe II] 5273 Å (сплошная); (b) Fe II 5317 Å (тонкая сплошная линия), [S III] 6312 Å (жирная сплошная) и [O I] 6364 Å (штриховая); (c) [O III] 5007 Å (жирная сплошная линия), He I 5876 Å (тонкая сплошная) и H $\beta$  (тонкая сплошная, продленная штриховой линией на высоких значениях интенсивности).

**Таблица 3.** Лучевые скорости  $V_r$ , измеренные для компонент D-линий дублета NaI для отдельных дат. Курсив — измерения Зикграфа [8]

Дата	$V_r, \text{ km s}^{-1}$			
	1	2	3	4
NaI 5890				
15.11.2005	-52	-40	-25	-14
15.01.2006	-50	-38	-27	-8
16.01.2006	-50	-38	-27	-9
02.09.2006	-50	-38	-28	-9
	<i>-52</i>	<i>-41</i>	<i>-25</i>	<i>-13</i>
NaI 5896				
15.11.2005	-50	-40	-25	-12
15.01.2006	-50	-40	-27	-9
16.01.2006	-50	-41	-27	-8
02.09.2006	-53	-42	-26	-9
	<i>-49</i>	<i>-42</i>	<i>-25</i>	<i>-11</i>

спектру за 14 марта 2006 г., в более длинноволновых интервалах они найдены усреднением по двум и более спектрам. Как следует из таблицы 5, имея высококачественный материал в широком интервале длин волн, мы не обнаружили в спектре MWC 17 абсорбций. Яшек и Андриллат [15] по спектрам с пределом разрешения  $1.3 \text{ \AA}$  обнаружили несколько абсорбций, формирующихся в звездной атмосфере: Al II 6066, S II 6102, N II 6632, C II 6800  $\text{\AA}$ . Первые три абсорбции, которые могли бы содержаться в нашем спектральном интервале, нами не зафиксированы.

#### 4. ЛОКАЛИЗАЦИЯ MWC 17 В ГАЛАКТИКЕ

О том, что MWC 17 находится в рукаве Персея или за ним, говорит если не лучевая скорость самой звезды (она может быть пекулярной), то, по крайней мере, наличие синесмещенных компонент в межзвездных линиях NaI(1) со скоростями до  $-50 \text{ km s}^{-1}$  (заметна даже слабая компонента со скоростью около  $-60 \text{ km s}^{-1}$ ). Оценить удаленность MWC 17 возможно несколькими способами,

но пекулярность объекта делает все их ненадежными.

- Спектрально-фотометрический параллакс. Отсутствие фотосферных абсорбций в спектре звезды делает принимаемую величину показателя цвета  $(B - V)_0$  неопределенной. Авторы [16] дают для MWC 17:  $V = 11^{\text{m}}66$ ,  $(B - V) = 0^{\text{m}}42$ , при этом для раннего подкласса В получаем избыток цвета  $E(B - V) \approx 0^{\text{m}}65$  и поглощение видимого блеска  $A_V \approx 2^{\text{m}}5$ . Отметим, что несколько ниже получаем избыток  $E(B - V) \approx 0^{\text{m}}4$  с использованием измеренной нами эквивалентной ширины межзвездной полосы  $W(5780) \approx 0.2 \text{ \AA}$  и корреляции  $W(5780) - E(B - V)$  из статьи [17]. Даже при  $M_V \approx -4^{\text{m}}$  (такая светимость соответствует скорее звезде верхней части главной последовательности, чем сверхгиганту)  $d \approx 4$  кпк. Это нижний предел удаленности MWC 17. Однако, оценки и цвета звезды, и ее спектрального класса ненадежны, пока не учтено искажающее влияние эмиссий и не выявлены фотосферные линии. Если же учесть, что согласно Мирошниченко [18], визуальная величина звезды  $V \approx 13^{\text{m}}$ , то расстояние до нее существенно увеличится.

- Согласно авторам [19], межзвездное поглощение в направлении MWC 17 достигает  $2^{\text{m}}5$  на расстоянии 1 кпк и затем остается почти таким же до 3–4 кпк. Если принять для MWC 17 оцененное выше значение  $A_V \approx 2^{\text{m}}5$ , то получим лишь ограничение удаленности объекта,  $d > 1$  кпк.

- Из приводимых в таблице 4 ближайшими к  $V_{\text{sys}}$  могут быть скорости для запрещенных эмиссий:  $-47 \text{ km s}^{-1}$  ( $V_{\text{lsr}} = -42 \text{ km s}^{-1}$ ). Этой величине по Брэндю и Блитцу [20] соответствует расстояние  $d \geq 2$  кпк.

Важное дополнительное обстоятельство: на небе MWC 17 расположена на южной границе компактной ассоциации Cas OB8 ( $d \approx 2.9$  кпк по [21]). Для члена ассоциации HD 9311  $V_r = -42 \text{ km s}^{-1}$ , в его спектре структура межзвездных линий NaI сходна с таковой в спектре MWC 17 ( $V_r \approx -(65-50)$ ,  $-14 \text{ km s}^{-1}$  [22]). Очевидно, вопрос о возможном членстве MWC 17 в Cas OB8 является ключевым для определения расстояния и самой природы объекта.

**Таблица 4.** Средние значения гелиоцентрических лучевых скоростей для групп эмиссий в спектре MWC 17 с близкой формой профиля. Обозначения те же, что в таблице 2. Двоеточием отмечены неуверенные измерения

Тип линии	$V_r$	$V_{em}$		$V_{abs}$	$V(r/2)$		$V(r \approx 1)$	
[Fe II]	-47	-53:	-42:	-50	-72	-26	-95	-5:
[O I], [S II]	-48	-58	-39	-50	-74	-24	-93	-4
Fe II н. возб.	-51	-71	-34	-49	-89	-11	-105:	9
Fe II в. возб.	-51	-63:	-36:	-49:	-87	-14	-105:	9:
Fe II(42)	-42	-55:	-36	-50:	-70	-18	-103:	5:
[N II], [S III]	-47	-64	-30	-52	-83	-15	-120:	8:
He I	-53 :	-76:	-28:	-55:	-108:	-6:	-142:	25:
[O III]	-55 :	-100:	-50:	-78:	-130:	20:	-180:	90:
H $\alpha$ , H $\beta$	-52 :	-95:	-12	-55				

**Таблица 5.** Центральные остаточные интенсивности и гелиоцентрические лучевые скорости для линий в спектре MWC 17. Обозначения те же, что и в таблице 2. Двоеточием отмечены неуверенные измерения. Полностью таблица доступна на <http://www.arxiv.org/abs/1511.07700>

Ident.	$\lambda, \text{\AA}$	$r$	$V_r$	$V_{em}$		$V_{abs}$	$V(r/2)$		$V(r \approx 1)$	
[S II] 1F	4068.60	4.6	-48:				-77:	-22:	-98:	-5:
[S II] 1F	4076.35	2.7:	-47:							
H $\delta$	4101.74	5.9			-23	-61:				
Fe II(28)	4178.85	2.7	-48	-67:	-24:	-46	-90:	-7:	-100:	7:
Fe II(27)	4233.17	4.8	-50	-68:	-35	-49	-84:	-21:	-105:	10
[Fe II] 21F	4243.98	2.6:	-47:							
[Fe II] 21F	4276.83	3.1:	-50							
[Fe II] 7F	4287.39	7.1	-48	-57	-42	-52	-72:	-26:	-95:	5:
[Fe II] 21F	4319.62	2.1	-48:							
H $\gamma$	4340.47	14.0			-21:	-58				
[Fe II] 7F	4359.33	5.6	-46					-25:		0:
Fe II(32)	4413.59									
[Fe II] 7F	4413.78	4.6	-50				-74:	-27:	-111:	-3:
[Fe II] 6F	4416.27	4.3								
[Fe II] 7F	4452.10	3.4	-48	-57:	-40	-50:	-74:	-26:	-98:	-4:
[Fe II] 6F	4457.94	2.6	-47	-60:	-40:	-52:	-74:	-28:	-102:	-7:
He I(14)	4471.52	2.3	-48:	-82:	-29:	-59:	-105:		-142:	
[Fe II] 7F	4474.90	2.4	-49:				-80:	-22:	-108:	-3:
Fe II(37)	4491.40	2.0:	-53:	-73:	-31:	-52:	-92:		-105:	
Fe II(38)	4508.28	2.0	-50	-72:	-37	-51:			-92:	8:



Таблица 5. (Продолжение)

Ident.	$\lambda, \text{\AA}$	$r$	$V_r$	$V_{em}$	$V_{abs}$	$V(r/2)$	$V(r \approx 1)$			
Fe II(37)	4515.33	3.4	-51	-67	-28:	-49:	-87:	-18:		
Fe II(37)	4520.22	3.4	-50	-69:	-27:	-45:	-89:	-8:	-106:	
Fe II(38)	4522.63	3.4	-51	-65	-33:	-49:	-81:	-19:	-102:	7
Fe II(38)	4549.47	3.1	-51	-70:	-32:	-50:	-87:	-15:	-107:	0:
Ti II(82)	4549.63									
Fe II(37)	4555.89	3.6	-50	-72:	-30	-45	-89:	-13:	-107:	2:
Fe II(38)	4576.33	2.1	-50:							
Fe II(38)	4583.83	6.5	-49	-70	-35	-51:	-87	-10		13:
Fe II(37)	4629.33	6.0	-50	-71	-35:	-51:	-88	-10:	-109:	12:
[Fe II]4F	4639.67	2.5	-49:		-47:		-75:	-28:	-90:	-10:
[Fe III]3F	4658.1	7.0	-46	-67:	-21	-49:	-91:	-7:	-122:	16
Fe II(37)	4666.75	2.0	-49:	-68:	-22:				-123:	3:
[Fe III]3F	4701.5	2.6:	-46:	-68:	-17:	-45:	-92:	-4:	-108:	14:
He I(12)	4713.18	1.5:	-49:	-88:	-20:	-52:				
[Fe II]4F	4728.07	4.0:	-46	-53:	-42:	-48:	-69:	-26:	-94:	0:
Fe II(43)	4731.47	1.7:	-51:						-95:	-4:
[Fe III]3F	4733.9	1.8:	-48:	-60:	-24:	-42:				
[Fe III]3F	4754.7	2.0	-48:	-75:	-23:	-55:			-112:	20:
[Fe III]3F	4769.4	1.7:	-43:	-63:	-18:	-44:			-95:	10:
[Fe II]20F	4774.72	2.2	-48				-69:	-25:	-94:	-8:
[Fe III]3F	4777.7	1.3:	-51:	-65:	-23:	-42:			-114:	23:
[Fe II]20F	4814.53	4.8:	-46	-56:	-42:	-52:	-75:	-24:	-102:	5:
Cr II(30)	4824.14	1.3:	-46:	-69:	-23:	-50:			-104:	9:
H $\beta$	4861.33	12.0:				-96:				
					-15	-56				
[Fe II]20F	4874.48	2.1	-47				-74:	-24:	-90:	0:
[Fe II]4F	4889.62	4.8	-47	-54:	-42:	-50:	-70:	-26:	-98:	-1:
[Fe II]	4898.61	2.2	-48						-90:	-16:
[Fe II]20F	4905.34	3.0	-47	-53:	-41:	-49:	-73:	-23:	-98:	0:
He I(48)	4921.93	2.1:	-51:	-101:	-25:				-115:	
Fe II(42)	4923.92	6.0	-43:	-55	-36	-50	-75	-17	-103:	8:
[Fe III]1F	4930.5	1.7	-42:	-69:	-18:	-55:	-83:	5:	-106	25:
[Fe II]20F	4947.37	1.8	-45:						-80:	
[Fe II]20F	4950.74	1.9	-45				-64:	-27	-83:	-8:

Таблица 5. (Продолжение)

Ident.	$\lambda, \text{\AA}$	$r$	$V_r$	$V_{em}$		$V_{abs}$	$V(r/2)$		$V(r \approx 1)$	
[O III]1F	4958.92	2.0	-48:				-127:	21:	-170:	90:
[Fe II]20F	4973.39	2.1	-48	-58:	-40:	-47:	-70:	-26	-90:	-8:
[O III]1F	5006.84	4.0	-56:	-100:	-50:	-78:	-130:	19:	-183:	95:
[Fe III]1F	5011.3	2.5	-46	-60:	-22	-48:	-92:	-9:	-119:	20:
He I(4)	5015.68	3.6	-47:	-73:	-23	-46:		-2:	-120:	20:
Fe II(42)	5018.44	6.5	-43	-55	-37	-51:	-72:	-20	-108:	6:
[Fe II]20F	5020.23	2.0:	-45:		-40:	-46:				
Fe II	5030.64	1.8:	-45:	-62:	-37	-53:	-70:	-22:	-93:	-5:
Si II(5)	5041.03	2.1	-46				-78:	-18:	-110:	2:
[Fe II]20F	5043.52	1.6	-46						-85:	-11:
He I(47)	5047.74									
[Ti II]19F	5047.91	2.0	-45:							

Пока же приходится допускать, что расстояние до MWC 17 может быть как порядка 4–5 кпк, так и 2–3 кпк — при наличии какого-то дополнительного (возможно околос звездного) поглощения.

Профиль D-линий Na I в спектре MWC 17 близок к наблюдаемому в спектре горячей В-звезды—оптического компонента ИК-источника IRAS 00470+6429, который также лежит вблизи галактической плоскости и имеет координаты  $\alpha(2000) = 00^{\text{h}}50^{\text{m}}06^{\text{s}}.0$ ,  $\delta(2000) = +64^{\circ}45'35''$ ,  $l = 122^{\circ}.8$ ,  $b = 1^{\circ}.9$ . В оптическом спектре его центральной звезды содержится две межзвездных компоненты D-линий Na I [7]. Гелиоцентрические лучевые скорости в спектре IRAS 00470+6429 (около  $-62$  и  $-13 \text{ км с}^{-1}$ ) совпадают с таковыми в спектре MWC 17. В спектрах обоих объектов близки и положения диффузных межзвездных полос:  $V_r(\text{DIB}) \approx -14 \text{ км с}^{-1}$ .

## 5. ВЫВОДЫ

Высокое качество используемого спектрального материала позволило выполнить детальное отождествление спектральных деталей. Тщательный поиск не привел к обнаружению в спектре MWC 17 абсорбций, формирующихся в звездной атмосфере. Из абсорбционных деталей отождествлены только межзвездные компоненты D-линий Na I и полосы DIBs. В спектре звезды полосы DIBs слабы, их эквивалентные ширины  $W(5780) \approx 0.2 \text{\AA}$ ,  $W(5797) \approx 0.15 \text{\AA}$ .

В качестве системной скорости,  $V_{\text{sys}}$ , может быть принята скорость для запрещенных эмиссий:

$-47 \text{ км с}^{-1}$  (по отношению к локальному стандарту  $V_{\text{lsr}} = -42 \text{ км с}^{-1}$ ).

Сопоставление наших результатов с измерениями Зикграфа [8] позволяет сделать вывод об отсутствии значительной переменности спектральных деталей.

Замеченные нами изменения лучевых скоростей от спектра к спектру невелики и вряд ли могут уверенно свидетельствовать о спектральной двойственности MWC 17. Для решения этого вопроса необходимо продолжение наблюдений звезды с высокой позиционной точностью. Учитывая высокую интенсивность эмиссионных деталей в спектре этой слабой звезды, такие наблюдения можно выполнять и на телескопах умеренного диаметра.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны В. Е. Панчуку и М. В. Юшкину за большую помощь в наблюдениях на БТА. Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект 14-02-00291 а). Наблюдения на 6-метровом телескопе САО РАН проводятся при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 14.619.21.0004, идентификатор проекта RFMEFI61914X0004). В работе использованы базы астрономических данных SIMBAD и ADS.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. D. A. Allen and J. P. Swings, *Astron. and Astrophys.* **47**, 293 (1976).
2. P. S. Thé, D. de Winter, and M. R. Pérez, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **104**, 315 (1994).
3. H. J. G. L. M. Lamers, F. J. Zickgraf, D. de Winter, et al., *Astron. and Astrophys.* **340**, 117 (1998).
4. A. S. Miroshnichenko, *Astrophys. J.* **667**, 497 (2007).
5. M. Kraus, M. Borges Fernandes, and O. Chesneau, *ASP Conf. Ser.* **435**, 395 (2010).
6. D. M. Kelly and B. J. Hrivnak, *Astrophys. J.* **269**, 1040 (2005).
7. A. S. Miroshnichenko, E. L. Chentsov, V. G. Klochkova, et al., *Astrophys. J.* **700**, 209 (2009).
8. F.-J. Zickgraf, *Astron. and Astrophys.* **408**, 257 (2003).
9. V. Panchuk, V. Klochkova, M. Yushkin, and I. Najdenov, *J. Optical Technology* **76**, 87 (2009).
10. V. E. Panchuk, M. V. Yushkin, and I. D. Najdenov, Preprint No. 179 (Special Astrophysical Observatory, Nizhny Arkhyz, 2003).
11. M. V. Yushkin and V. G. Klochkova, Preprint No. 206 (Special Astrophysical Observatory, Nizhny Arkhyz, 2005).
12. V. G. Klochkova, V. E. Panchuk, M. V. Yushkin, and D. S. Nasonov, *Astrophysical Bulletin* **63**, 386 (2008).
13. P. W. Merrill and C. G. Burwell, *Astrophys. J.* **78**, 87 (1933).
14. C. S. Beals, *Publ. Dominion Astrophys. Obs.* **9**, 1 (1953).
15. C. Jaschek and Y. Andrillat, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **136**, 53 (1999).
16. M. T. Martel and R. Gravina, *IBVS*, No. 2750 (1985).
17. S. D. Friedman, D. G. York, B. J. McCall, et al., *Astrophys. J.* **727**, 33 (2011).
18. A. S. Miroshnichenko, private communication.
19. Th. Neckel, G. Klare, and M. Sarcander, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **42**, 251 (1980).
20. J. Brand and L. Blitz, *Astron. and Astrophys.* **275**, 67 (1993).
21. R. M. Humphreys, *Astrophys. J. Suppl.* **38**, 309 (1978).
22. G. Münch, *Astrophys. J.* **125**, 42 (1957).

**Detailed Optical Spectroscopy of the B[e] Star MWC 17****V. G. Klochkova and E. L. Chentsov**

Based on the material of multiple high-resolution  $R = 60\,000$  observations conducted on the 6-m telescope (BTA) of the Special Astrophysical Observatory in combination with the Nasmyth Echelle Spectrograph (NES), we closely studied the features of the optical spectrum of the star MWC 17 with the B[e] phenomenon. In the wavelength interval of 4050–6750 Å, we identified numerous permitted and forbidden emissions, interstellar Na I lines, and diffuse interstellar bands (DIBs). Radial velocities were estimated from lines of different origin. As the systemic velocity,  $V_{\text{sys}}$ , the velocity of the forbidden emissions can be accepted:  $-47 \text{ km s}^{-1}$  (relative to the local standard  $V_{\text{lsr}} = -42 \text{ km s}^{-1}$ ). Comparison of the obtained data with the earlier measurements allows us to conclude on the absence of considerable variability of spectral details.

Keywords: *stars: emission-line, Be—stars: individual: MWC 17*