

УДК 524.384-327

## ЗВЕЗДЫ С РАЗЛИЧАЮЩИМИСЯ ВЕЛИЧИНАМИ $v \sin i$ , ОПРЕДЕЛЕННЫМИ ПО ЛИНИЯМ Ca II 3933 Å И Mg II 4481 Å. VI. HD 199892 — СПЕКТРАЛЬНО-ДВОЙНАЯ ТИПА SB2\*,<sup>1</sup>

© 2017 Ю. Зверко<sup>1\*\*</sup>, И. Романюк<sup>2</sup>, И. Илиев<sup>3</sup>,  
Д. Кудрявцев<sup>2</sup>, И. Статева<sup>3</sup>, Е. Семенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Татранска Ломница, 05960 Словакия

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

<sup>3</sup>Институт астрономии, НАО Рожен, София, 1784 Болгария

Поступила в редакцию 14 июня 2016 года; принята в печать 9 декабря 2016 года

Мы проанализировали спектры хорошо известной двойной звезды HD 199892 типа SB1, значения проекции скорости осевого вращения  $v \sin i$  которой по литературным данным значительно различаются при определении по линиям Ca II 3933 Å и Mg II 4481 Å. По оптическим спектрам высокого разрешения, полученным с хорошим отношением сигнал-шум и покрывающим большую часть видимого диапазона длин волн, мы обнаружили слабые линии металлов звезды-компаньона, а также признаки ее спектральных линий в профиле H $\beta$ . Мы оценили вторичный компонент пары как звезду Главной последовательности A4V с массой  $2.2M_{\odot}$  и получили ее лучевую скорость, что позволило определить массу главного компонента,  $M = 4.6M_{\odot}$ . Также были исследованы узкие отрезки спектра в области линий Mg II 4481 Å и Ca II 3933 Å.

Ключевые слова: двойные звезды: спектральные — звезды: вращение — звезды: индивидуальные: HD 199892

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В данной серии работ мы исследуем спектры звезд, значения проекций скоростей осевого вращения которых сильно отличаются в зависимости от того, какие из сильных линий в их спектрах были использованы для определения. В спектрах семи звезд с очень низким значением  $v \sin i$ , полученным по линии Ca II 3933 Å, мы обнаружили узкий межзвездный компонент, который также проявляется в межзвездных линиях Na I D1 и D2. Наличие такого компонента в линии кальция может привести к недооценке  $v \sin i$  при измерении по фотографическим спектрам с низким отношением  $S/N$  [1]. В спектрах двух звезд мы идентифицировали линии вторичного компонента [2, 3]. Одна из изучаемых звезд, HD 182255, оказалась звездой <sup>3</sup>He [4].

\*Текст был представлен авторами на английском языке.

<sup>1</sup>На основе спектральных наблюдений на телескопе БТА Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук и 2-м телескопе Болгарской национальной астрономической обсерватории, а также по данным открытого архива спектрографов ELODIE и SOPHIE.

\*\*E-mail: zve@ta3.sk

### 2. НАБЛЮДЕНИЯ

ПЗС-спектры были получены в Болгарской национальной астрономической обсерватории Рожен (НАО), а также в Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО). Спектральные наблюдения в НАО проводились с помощью камеры Photometrics AT200 CCD  $1024 \times 1024$  в третьем порядке куде-спектрографа 2-м телескопа системы Ричи–Кретьена с разрешением  $R = 22\,000$ . Область Ca II простирается от 3898 до 3967 Å а Mg II — от 4447 до 4550 Å. Для обработки спектров были использованы стандартные процедуры IRAF<sup>1</sup>. Спектры САО были получены на 6-м телескопе БТА с помощью эшелле-спектрометра НЭС, оборудованного ПЗС-матрицей  $2048 \times 2048$  [5], с разрешением  $R = 43\,000$  в спектральной области 4792–6238 Å и обработаны с применением пакета программ REDUCE [6].

<sup>1</sup>IRAF распространяется Национальной обсерваторией оптической астрономии (NOAO), управляемой Ассоциацией университетов для исследований в астрономии (AURA) в рамках совместного соглашения с Национальным научным фондом США (NSF).

Для построения синтетических спектров, детализированных профилей линий, а также для получения химсостава путем сравнения с наблюдаемыми линиями мы воспользовались программой SYNPEC [7, 8]. ЛТР-модели атмосфер были интерполированы по сетке Кастелли и Куруца [9]. Данные для атомных линий были взяты из баз данных VALD [10–13] и NIST [14], а также из работы [15]. Эффективные температуры и значения ускорения сил тяжести на поверхности были получены с помощью программ UVBYBETA [16] и TEFFLOGG [17] по данным  $uvby\beta$  из базы данных SIMBAD. Поправки содержания элементов, если они указаны, выражены относительно солнечного состава [18].

Лучевые скорости были определены методом кросс-корреляции [19] с помощью синтетических спектров, вычисленных с использованием полученных параметров звезды. Суммарные спектры двойной были смоделированы путем совмещения спектров индивидуальных компонентов с помощью программы SUMSPEC, предоставленной R. Komžík [20].

### 3. АНАЛИЗ

HD 199892 (HR 8036, HIP 103532, В7III,  $V = 6.16$  [21]) является спектрально-двойной звездой типа SB1 с хорошо определенными орбитальными параметрами [22]. Проекция скорости вращения  $v \sin i$  по оценкам Палмера и др. [23], сделанным по линии Ca II 3933 Å составляет  $100 \text{ км с}^{-1}$ , а согласно работе Вольфа и Престона [24], которые использовали линию Mg II 4481 Å, она составляет  $25 \text{ км с}^{-1}$ . Согласно работе Штрома и Вольфа [25], скорость равна  $20 \text{ км с}^{-1}$ .

Основываясь на особенностях ультрафиолетовых линий спектров S2/68, Кукчиаро и др. [26] классифицировали звезду как принадлежащую классу dB7.

Имеющиеся у нас спектры приведены в таблице 1.

#### 3.1. Физические параметры, синтетические спектры

Пользуясь индексами  $uvby\beta$  из базы данных SIMBAD, мы получили  $T_{\text{eff}} = 13\,850 \text{ К}$  и  $\lg g = 3.98$ ,  $M(V) = -0.51$  и  $R = 2.8R_{\odot}$ . Это значение радиуса, однако, находится в грубом несоответствии со значением  $R \approx 6.3R_{\odot}$ , которое является подходящим для спектра, классифицированного в [22] как В7III. Пользуясь индексами  $(B - V) = -0.06$  и  $(U - B) = -0.47$  из базы данных SIMBAD, а также шкалой звездных температур из работы

Хайнтце [27], мы пришли к выводу, что значение эффективной температуры находится в промежутке  $13\,300 < T_{\text{eff}} < 14\,030 \text{ К}$ .

Мы вычислили синтетический спектр для модели атмосферы с  $T_{\text{eff}} = 13\,850 \text{ К}$  и  $\lg g = 3.98$ ,  $v \sin i = 10 \text{ км с}^{-1}$  и нулевой скоростью микротурбулентции. Для достижения хорошего согласия некоторых наблюдаемых спектральных линий с вычисленными нам нужно уменьшить избытки алюминия, кремния и серы в 0.4, 0.45 и 0.45 раза соответственно, тогда как количество магний должно быть увеличено в два раза. Линии Al II на  $3900.6 \text{ Å}$  и He I на  $3926.5 \text{ Å}$  в наблюдаемом спектре не обнаружены.

#### 3.2. Идентификация спектра вторичного компонента

Хьюб [22] получил орбитальные элементы для этой спектральной двойной и констатировал отсутствие спектральных особенностей, ассоциированных со вторичным компонентом. Он оценил визуальную разность блеска между главным и вторичным компонентами как минимум  $\Delta m = 1.5$ , а массу вторичного компонента примерно в  $3M_{\odot}$ . Однако на одном из спектров NES четко видно углубление в синем крыле линии H $\beta$ , которое может принадлежать вторичному компоненту (см. рис. 1). Основываясь на орбитальных параметрах, определенных Хьюбом [22], мы оценили лучевую скорость вторичного компонента в орбитальной фазе, соответствующей времени наблюдений спектра NES, и нашли, что углубление согласуется с этой оценкой.

Также в других спектрах NES, которые покрывают практически весь оптический диапазон, мы идентифицировали очень слабые линии с центральной глубиной примерно 0.02 (с относительной центральной интенсивностью 0.98), которых нет в синтетическом спектре, и которые, следовательно, могут принадлежать вторичному компоненту. Отношение  $S/N$ , измеренное в континууме между  $5588$  и  $5593 \text{ Å}$  спектра NES, составляет  $S/N = 346$ , что приводит к уровню  $1\sigma$ , равному 0.003. Таким образом, наблюдаемые глубины неидентифицированных линий сильно превышают уровень  $3\sigma$ , необходимый для надежного обнаружения сигнала.

Сначала мы попытались предварительно восстановить профиль линии H $\beta$  путем суммирования синтетического спектра, вычисленного с применением вышеприведенных параметров для звезды класса В7III, с более холодным спектром, соответствующем массе  $M_{\text{sec}} \approx 3M_{\odot}$  и разности блеска  $\Delta m = 1.5$ , оцененным в [22]. Согласно «Астрофизическим величинам Аллена» [28], масса вторичного компонента  $M_{\text{sec}} \approx 3M_{\odot}$  соответствует звезде

Таблица 1. Спектры и измеренные лучевые скорости HD 199892

Спектр	HJD 2400000+	$S/N$	$RV_P$ , км с <sup>-1</sup>	$RV_S$ , км с <sup>-1</sup>
NES	55109.3194	160	$+9.8 \pm 0.2$	$-87.2 \pm 0.6$
NAO Mg	55431.4425	170	$-28.7 \pm 0.2$	$+7.2^*$
	55432.4094	185	$-12.1 \pm 0.2$	$-41.6^*$
NAO Ca	55431.4908	66	$-24.0 \pm 0.5$	
	55432.4348	99	$-12.5 \pm 0.5$	
	56437.5258	90	$-71.8 \pm 0.5$	
	56465.4770	106	$-40.0 \pm 0.6$	
	56466.4806	109	$-59.5 \pm 0.7$	
	56468.4670	127	$-73.7 \pm 0.7$	

\* — значение оценено по кривой лучевых скоростей.

Главной последовательности спектрального класса A0V. Несмотря на то, что эшелле изображение H $\beta$  покрывает только около 60 Å и не содержит никаких точек континуума, приемлемых для подходящей нормализации спектра, нам удалось построить составной спектр обоих компонентов. На рис. 1 представлена центральная часть H $\beta$  по наблюдениям спектрографа NES вместе с профилем, составленным из двух теоретических спектров линии, сложенных в соотношении 0.9 : 0.1.

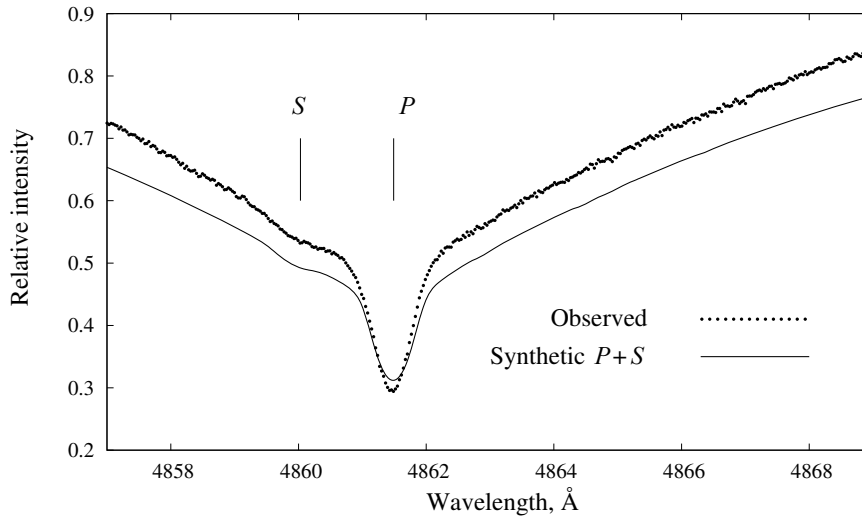
Учитывая разность блеска, упомянутую выше, отношение интенсивностей спектров первичного и вторичного компонентов должно составлять  $I_{\text{prim}} : I_{\text{sec}} \geq 0.8 : 0.2$ . Спектральные линии единожды ионизованных металлов обычно приходится на область 4900–5400 Å в синтетическом спектре звезды A0V и достигают центральных глубин около 0.2, что при уменьшении в 0.2 раза приводит к центральным интенсивностям, равным 0.04, которые делаются доступными для регистрации в составном спектре. Однако этого не происходит. Более того, на волнах 5400–5800 Å линии в синтетическом спектре имеют глубину не выше 0.05, что при уменьшении в 0.2 раза приводит к глубине 0.01, а это составляет только половину уровня значений, которые мы наблюдаем в этой части спектра. Таким образом, спектр вторичного компонента должен быть позднее класса A0, спектральные линии которого, включая линии нейтральных атомов металлов, должны быть более сильными вплоть до глубины 0.02, где они регистрируются в наблюдаемом спектре, но отсутствуют в синтетическом. Поэтому мы рассчитали синтетический спектр, используя более холодную модель с  $T_{\text{eff}} = 8500$  K, и

$\lg g = 4.5$ , что соответствует звезде Главной последовательности класса светимости приблизительно A4V [28] с нулевой скоростью микротурбуленции и  $v \sin i = 10$  км с<sup>-1</sup>. Для достижения соответствия между линиями Ca I и Sc I в наблюдаемом и синтетическом спектрах вторичного компонента, содержания кальция и скандия пришлось уменьшить в 0.05 и 0.1 раза соответственно. Мы произвели кросс-корреляцию наблюдаемого спектра NES с синтетическим спектром, рассчитанным для первичного компонента, что дало значение лучевой скорости  $RV = +9.8 \pm 0.2$  км с<sup>-1</sup>, а также со спектром, рассчитанным для более холодного компонента, что показало  $RV = -87.2 \pm 0.6$  км с<sup>-1</sup>.

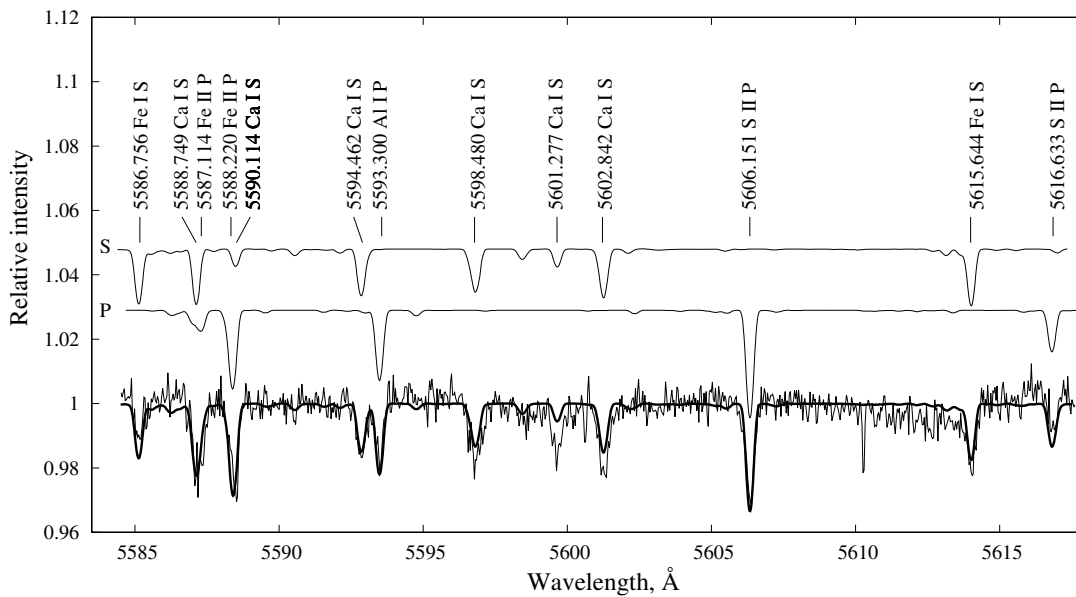
На рис. 2 показана часть спектра с линиями, принадлежащими главному (P) либо вторичному (S) компонентам; суммарный синтетический спектр наложен на наблюдаемый.

### 3.3. «Ультраяркий» индекс $\beta$

Индекс  $\beta$  представляет собой разность между звездными величинами, полученными с узко- и широкополосными фильтрами, которые центрированы на линии H $\beta$ . После идентификации спектральных линий вторичного компонента мы знаем, что наблюдаемый горячий спектр HD 199892 «загрязнен» спектром более холодной звезды Главной последовательности. Глубокие бальмеровские линии являются наиболее характерными особенностями в спектрах звезд В–А, поэтому спектр звезды А с широкими крыльями линии H $\beta$  сильно влияет на значительно более узкий профиль H $\beta$  звезды ВIII даже при их сложении с отношением, например,



**Рис. 1.** Часть профиля линии  $H\beta$  в спектре NES HD 199892. Символ  $S$  показывает положение центра линии  $H\beta$  вторичного компонента со сдвигом по лучевой скорости на  $-87.2 \text{ км с}^{-1}$ . Лучевая скорость главного компонента равна  $+9.8 \text{ км с}^{-1}$ .



**Рис. 2.** Часть спектра HD 199892 со спектрографа NES. Синтетические спектры главного  $P$  и вторичного  $S$  компонентов с относительной интенсивностью 0.9:0.1 сдвинуты по длинам волн на величину их лучевой скорости. Суммарный синтетический спектр, составленный из спектров главного и вторичного компонентов, наложен на наблюдаемый. Отождествленные спектральные линии, относящиеся к главному и вторичному компонентам, помечены буквами  $P$  и  $S$ .

0.9:0.1. Следовательно, измеренный показатель  $\beta$

находится под влиянием более холодной звезды, что приводит к значению, соответствующему ско-

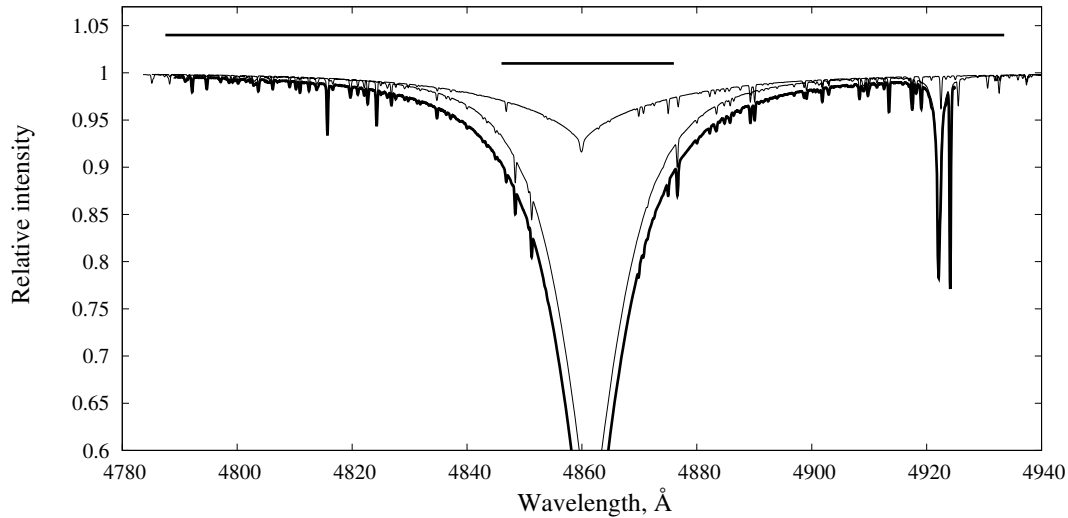
рее звезде с более низкой светимостью. Результат

такого суммирования показан на рис. 3.

### 3.4. Массы

В разделе 3.1 мы получили радиус  $R = 2.8R_{\odot}$ , поверхностное тяготение  $\lg g = 3.98$  и  $M(V) = -0.51^m$ .

Кроуфорд и др. [29] приводят значения индекса  $\beta$  для 402 звезд спектральных классов В7–В9 с классами светимости III–V. В списке девять звезд класса В7III МК, включая HD 199892 с  $\beta = 2.731$ . У остальных восьми звезд индексы



**Рис. 3.** Итоговая синтетическая линия  $H\beta$  (нижний профиль, жирная линия) в спектре — результат сложения спектров горячего гиганта (средний профиль) и холодного карлика (верхний профиль). Горизонтальные линии показывают границы широкого и узкого фильтров  $\beta$ . Теоретические спектры сдвинуты по длинам волн на величину реальных лучевых скоростей, полученных по спектру NES, т.е.  $+9.8 \text{ км с}^{-1}$  для основного компонента (средний тонкий профиль) и  $-87.2 \text{ км с}^{-1}$  для вторичного (верхний тонкий профиль), и просуммированы. Центральная часть обрезана для лучшей визуализации разности крыльев.

значительно ниже, между 2.673 и 2.714. Их среднее составляет  $\beta = 2.701$  со стандартным отклонением  $\pm 0.017$ . Используя среднее  $\beta = 2.701$ , получаем  $M(V) = -1.03$ ,  $R = 3.61R_{\odot}$  и  $\lg g = 3.59$  с пределами  $M(V) = -1.65 \dots -0.84$  для светимости,  $\lg g = 3.19-3.76$  для поверхностного тяготения и  $R/R_{\odot} = 3.32-4.81$  для радиуса, что все еще существенно ниже значения  $R \approx 6.8R_{\odot}$  из справочника «Астрофизические величины Аллена» [28], а также значения из работы Хубе [22], который приводит  $R = 6.3R_{\odot}$ . Однако диапазон значений радиуса, полученный выше, согласуется с оценкой Хохла и др. [30], которые изучали массы и светимости звезд O и B, основываясь на пересмотренных величинах параллакса космической миссии HIPPARCOS, и нашли, что исследуемых значения находятся ниже, чем были приняты до этого. Для 46 звезд B7III они приводят среднюю массу  $M = 4.00 \pm 0.59M_{\odot}$  и светимость  $L = 490 \pm 10L_{\odot}$ . Пользуясь уравнением  $\lg R/R_{\odot} = 0.5 \lg L/L_{\odot} - 2 \lg T_{\text{eff}}/T_{\text{eff}}^{\odot}$ , получаем  $R = 3.85R_{\odot}$ .

Если принять системную скорость равной  $\gamma = -21.7 \text{ км с}^{-1}$  из [22], то отношение лучевых скоростей по спектрам NES составит:  $RV_P : RV_S = 31.5 : 65.6 = 0.48 \pm 0.01$ , что приводит к массе главного компонента  $M = 4.6 \pm 0.5M_{\odot}$ .

В таблице 2 приведены параметры звезд-компонентов двойной системы.

### 3.5. Сложение спектров

Принимая величину  $M(V) = -1.03$ , приведенную выше для главного компонента класса B7III, и  $M(V) = +1.73$  согласно [28] для вторичного компонента класса A4V, получим разность блеска в оптическом диапазоне  $\Delta M(V) = 2^{\text{m}}76$ , что приводит к следующему соотношению интенсивностей компонентов в спектре:  $I_P : I_S = 0.93 : 0.07$ . Далее, используя показатели  $(B - V)$ ,  $(U - B)$  из базы данных SIMBAD, приведенные в таблице 2, определим разность блеска  $\Delta M(B) = 2^{\text{m}}94$  и соотношение компонентов  $I_P : I_S = 0.94 : 0.06$  в области  $B$  ( $\text{Mg II}$ ) и  $\Delta M(U) = 3^{\text{m}}49$  и  $I_P : I_S = 0.96 : 0.04$  в области  $U$  ( $\text{Ca II}$ ). Центральная глубина металлических линий в области  $\text{Mg II}$  в среднем слабее 0.1, что при уменьшении в 0.06 раза дает глубину менее 0.006. Это значение сопоставимо с  $1\sigma$  в спектре с  $S/N \approx 180$ , и линии металлов невозможно увидеть.

С другой стороны, глубина линии  $\text{Mg II}$  4481 Å равна примерно 0.5, и линия может быть обнаружена на пределе чувствительности. На рис. 4 показана часть спектра NAO с линией  $\text{Mg}$ , в котором наблюдаемый и составной синтетический спектры совмещены, исходя из реальных значений лучевой скорости и отношения интенсивностей для области  $B$ .

Теперь возьмем новую модель атмосферы главного компонента с поверхностным ускорением  $\lg g = 3.6$ , определенным выше, увеличенным в три раза содержанием магния и скоростью микротурбулентции  $\xi = 1.5 \text{ км с}^{-1}$ . Эффективная

Таблица 2. Параметры компонентов HD 199892

Компонент	Сп. класс	$M(V)$ , mag	$(B - V)$ , mag	$(U - B)$ , mag	$T_{\text{eff}}$ , К	$R$ , $R_{\odot}$	$M$ , $M_{\odot}$	$L$ , $L_{\odot}$	$\lg g$	Источник
Главный	B7III	-0.96	-0.06	-0.47	13850	3.85	$4.0 \pm 0.59$	$490 \pm 10$	3.59	SIMBAD
						6.3	6			[30]
						6.8	5.8			[22]
						3.61	$4.6 \pm 0.5$			[28], this work
Вторичный	A4V	+1.73	+0.12	+0.08	8500	1.84	2.2	1.2	4.5	[28], this work

температура остается  $T_{\text{eff}} = 13850$  К. Рисунок 4 свидетельствует о том, что линия Mg II присутствует в спектре вторичного компонента.

Аналогично линии в области Ca II в спектре звезды класса A4V имеют интенсивность не глубже 0.2, что при уменьшении в 0.04 раза приводит к 0.008. В спектре с  $S/N \approx 100$  и  $1\sigma = 0.01$  линии металлов вторичного компонента также не видны. Однако в случае линии Ca II 3933 Å центральная глубина в синтетическом спектре вторичного компонента составляет  $S/N \approx 0.7$ . По нашим оценкам, отношение  $S/N$  в спектре NAO в области Ca в континууме между 3944 и 3953 Å равно 77–97 со средним 85. Таким образом, при  $3\sigma = 0.035$  и центральной глубине, ослабленной в 0.04 раза, шум может полностью поглощать сигнал от линии при значении почти 0.028.

Хьюб [22] рассмотрел синхронное вращение главного компонента. Пользуясь значениями  $v \sin i \approx 15$  км с<sup>-1</sup> и радиуса  $R = 6.3R_{\odot}$ , он получил угол наклона оси вращения к лучу зрения  $i = 47^{\circ}$ . Мы получили  $v \sin i = 12.5$  км с<sup>-1</sup> в качестве наилучшей оценки, сравнивая He I 5875 Å в спектре NES. Тогда для синхронного вращения наименьший возможный радиус главного компонента составляет  $R = 3.82R_{\odot}$ . Самое высокое соотношение, полученное в наших расчетах, составляет  $R/R_{\odot} = 4.81$ , откуда получаем угол наклона  $i = 53^{\circ}$ .

### 3.6. Межзвездные линии

В некоторых спектрах видна узкая линия вблизи линии Ca II 3933 Å. Линия не меняет своего положения и имеет полуширину  $FWHM$  в среднем  $0.24 \pm 0.03$  Å, что близко к пределу разрешения спектров NAO в данной спектральной области, и эквивалентную ширину 0.024 Å. Поскольку линия Ca II 3933 Å имеет межзвездное происхождение,

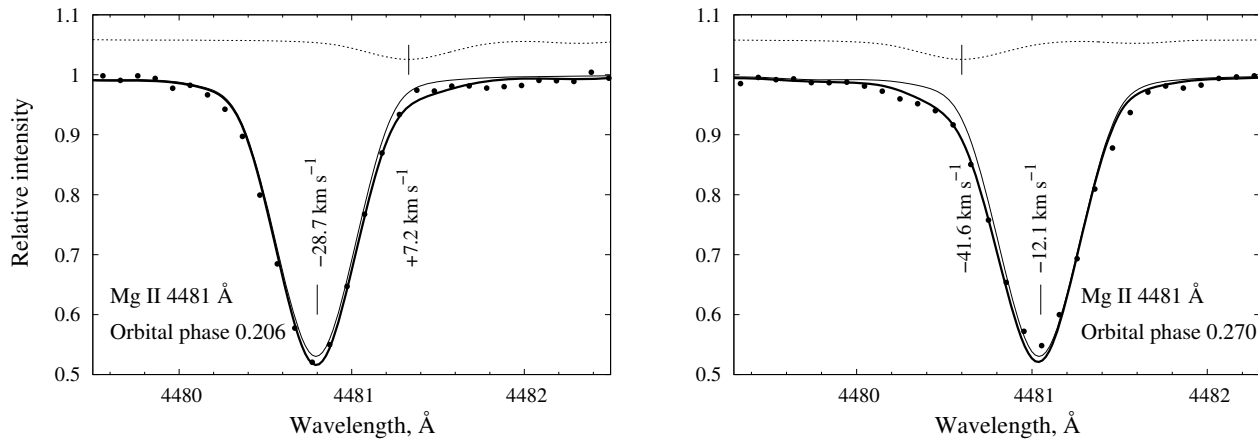
она сдвинута в сторону более коротких волн на  $-17.1$  км с<sup>-1</sup>. Межзвездные линии D1 и D2 NaI в спектре NES, у которого спектральное разрешение составляет 0.13 Å, также имеют  $FWHM = 0.15 \pm 0.02$  Å и эквивалентные ширины 0.080 и 0.043 Å соответственно. По критерию, введенному Паунзенем и др. [31], линии считаются межзвездными, если  $EW(D1)/EW(D2) \approx 2$ , и связанными с околос звездными областями, если  $EW(\text{CaII})/EW(D1+D2) \gg 1$ . Для HD 199892 первое соотношение равно примерно 1.8, а второе — около 0.2, следовательно, линии в спектре HD 199892 имеют межзвездное происхождение. Лучевая скорость по линиям натрия D1 и D2 составляет  $-9.4 \pm 0.2$  км с<sup>-1</sup> что, однако, указывает на их различное происхождение.

Часть спектра NAO около линии Ca II 3933 Å показана на рис. 5.

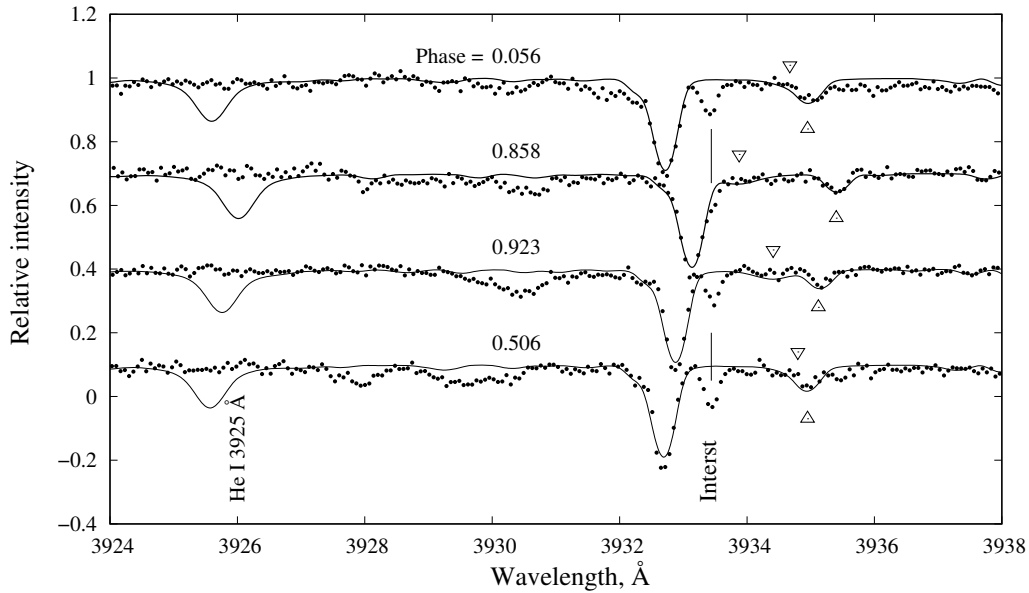
## 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе мы проанализировали спектры с высоким разрешением и высоким отношением  $S/N$  двойной звезды HD 199892, ранее относимой к типу SB1. Мы определили эффективную температуру и поверхностное ускорение, используя показатели  $uvby\beta$ , рассчитали синтетический спектр звезды, а также оценили наиболее точные значения скорости микротурбулентции и  $v \sin i$ . Для достижения наилучшего соответствия между наблюдаемыми и синтетическими интенсивностями спектральных линий содержание некоторых химических элементов было соответствующим образом изменено.

В спектре, полученном на спектрографе NES телескопа БТА САО РАН, который покрывает интервал длин волн от 4790 до 6200 Å, мы обнаружили относительно узкую абсорбцию в профиле



**Рис. 4.** Профили линии Mg II 4481 Å, просуммированные в двух орбитальных фазах. Тонкие пунктирные линии — спектр вторичного компонента, приведенный к интенсивности 0.06; тонкие сплошные линии — спектр главного компонента, приведенный к интенсивности 0.94. Спектры компонентов сдвинуты на величину наблюдаемой лучевой скорости. Жирные линии — суммарный спектр. Точки — наблюдаемый спектр. Очевидно наличие дополнительной абсорбции во внешних частях профиля.



**Рис. 5.** Область около линии Ca II 3933 Å. Точки представляют собой наблюдаемые спектры, сплошные линии — составные синтетические спектры, построенные с учетом относительных интенсивностей и лучевых скоростей компонентов. Межзвездная линия (отмечена как «Interst») хорошо видна в трех спектрах в орбитальных фазах 0.056, 0.923 и 0.506, тогда как в фазе 0.858 эта линия сливается со звездной. Слева показано положение линии He I 3926 Å, которая отсутствует в наблюдаемых спектрах. Треугольники, направленные вверх, показывают положения линии He I 3936 Å, а направленные вниз — предполагаемые положения линии Ca II 3933 Å вторичного компонента.

около центра линии  $H\beta$ . Вместе с тем мы идентифицировали слабые линии нейтральных металлов в оптической области спектра NES, которых нет в синтетическом спектре, а, следовательно, они относятся ко вторичному компоненту. Учитывая картину слабых спектральных линий, мы оценили вторичный компонент как звезду класса A4V и рассчитали соответствующий спектр. Далее, путем

кросс-корреляции с наблюдаемым спектром, мы определили лучевую скорость вторичного компонента и рассчитали синтетические спектры, используя подходящие лучевые скорости и разность блеска главного и вторичного компонентов. Таким образом, мы подтвердили наличие спектральных линий вторичного компонента в спектре двойной звезды HD 199892. При сравнении интенсивностей

линий в синтетическом и наблюдаемом спектрах мы приняли, что линии кальция и скандия соответствуют пониженному содержанию этих элементов в атмосфере, а, значит, вторичный компонент является звездой класса Am. Это в свою очередь согласуется с общим выводом о том, что абсолютное большинство Am-звезд находится в двойных системах.

Мы также нашли межзвездную линию кальция около линии на 3933 Å в спектре NAO и межзвездные линии Na D1 и D2 в спектре NES.

### БЛАГОДАРНОСТИ

В настоящей работе использовалась база данных SIMBAD (CDS, Страсбург, Франция), NIST [14] и база атомных параметров VALD Венского университета. Работа частично поддержана грантами Болгарского NSF DO 02-85 и DO 02-362; поддержка наблюдений осуществлялась грантом Института астрономии (ИИ, ИС); а так же Российским научным фондом (грант РФФ 14-50-00043) (ИР, ДК, ЕС). ЮЗ благодарит Р. Комзика за предоставление программного обеспечения. Астрономический институт Словацкой академии наук предоставил компьютерное и инструментальное оборудование.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. Zverko, I. Iliev, I. Romanyuk, et al., *Astrophysical Bulletin* **67**, 57 (2012).
2. J. Zverko, J. Žižňovský, I. Iliev, et al., *Astrophysical Bulletin* **66**, 325 (2011).
3. J. Zverko, I. Romanyuk, I. Iliev, et al., *Astrophysical Bulletin* **68**, 442 (2013).
4. J. Zverko, I. Romanyuk, I. Iliev, et al., *Astrophysical Bulletin* **71**, 199 (2016).
5. V. Panchuk, V. Klochkova, M. Yushkin, and I. Najdenov, *J. Opt. Technology* **76**, 87 (2009).
6. N. E. Piskunov and J. A. Valenti, *Astron. and Astrophys.* **385**, 1095 (2002).
7. I. Hubeny, T. Lanz, and C. S. Jeffery, *Newslett. Analysis Astron. Spectra* **20** (1994).
8. J. Krtička, PhD Thesis (Masaryk Univ., Brno, 1998) [in Czech language].
9. F. Castelli and R. L. Kurucz, *IAU Symp.* **210**, A20 (2003).
10. N. E. Piskunov, F. Kupka, T. A. Ryabchikova, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **112**, 525 (1995).
11. T. A. Ryabchikova, N. E. Piskunov, F. Kupka, and W. W. Weiss, *Baltic Astronomy* **6**, 244 (1997).
12. F. Kupka, N. Piskunov, T. A. Ryabchikova, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **138**, 119 (1999).
13. F. G. Kupka, T. A. Ryabchikova, N. E. Piskunov, et al., *Baltic Astronomy* **9**, 590 (2000).
14. A. Kramida, Y. Ralchenko, J. Reader, and NIST ASD Team (2016). NIST Atomic Spectra Database (ver. 2.5), <http://physics.nist.gov/asd>.
15. W.L. Wiese and J.R. Fuhr, *J. Phys. Chem. Ref. Data* **38**, 565 (2009).
16. T. T. Moon and M. M. Dworetsky, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **217**, 305 (1985).
17. B. Smalley and M. M. Dworetsky, *Astron. and Astrophys.* **293**, 446 (1995).
18. N. Grevesse, M. Asplund, and A. J. Sauval, *Space Sci. Rev.* **130**, 105 (2007).
19. J. Zverko, J. Žižňovský, Z. Mikulášek, and I. K. Iliev, *Contributions Astron. Obs. Skalnaté Pleso* **37**, 49 (2007).
20. R. Komžík, private communication.
21. D. Hoffleit and W. H. Warren, Jr., *Astron. Data Center Bull.* **1**, 285 (1987).
22. D. P. Hube, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **90**, 584 (1978).
23. D. R. Palmer, E. N. Walker, D. H. P. Jones, and R. E. Wallis, *Royal Greenwich Obs. Bull.* **135**, 385 (1968).
24. S. C. Wolff and G. W. Preston, *Astrophys. J. Suppl.* **37**, 371 (1978).
25. S. E. Strom, S. C. Wolff, and D. H. A. Dror, *Astron. J.* **129**, 809 (2005).
26. A. Cucchiaro, D. Macau-Hercot, M. Jaschek, and C. Jaschek, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **30**, 71 (1977).
27. J. R. W. Heintze, *IAU Symp.* **54**, 231 (1973).
28. A. N. Cox, *Allen's Astrophysical Quantities*, 4th ed. (Springer, Los Alamos, 1999), p. 381.
29. D. L. Crawford, J. V. Barnes, J. C. Golson, and D. P. Hube, *Astron. J.* **78**, 738 (1973).
30. M. M. Hohle, R. Neuhauser, and B. F. Schutz, *Astronomische Nachrichten* **331**, 349 (2010).
31. E. Paunzen, U. Heiter, I. K. Iliev, et al., *Recent Res. Devel. Astronom. Astrophys.* **1**, 1, (2003).

Перевод Е. Чмыревой



## Stars with Discrepant $v \sin i$ as Derived from the Ca II 3933 and Mg II 4481 Å Lines. VI. HD 199892 — an SB2 Spectroscopic Binary

J. Zverko, I. Romanyuk, I. Iliev, D. Kudryavtsev, I. Stateva, and E. Semenko

We analyzed the spectra of a well known SB1 binary HD 199892 for which the projected rotational velocity  $v \sin i$ , introduced in the literature, significantly differs when determined from the lines of Ca II at 3933 Å and of Mg II at 4481 Å. Contrary to the former findings, we discovered the signs of spectral lines of a companion star in the profile of H $\beta$  as well as weak metallic lines in the high resolution high  $S/N$  spectra covering the most of the visual region. We estimated the secondary star to be a main sequence A4V star with a mass of  $2.2M_{\odot}$  and derived its radial velocity which resulted in the mass of the primary  $M = 4.6M_{\odot}$ . Short sections of the spectra in the Mg II 4481 Å and Ca II 3933 Å regions are analyzed as well.

Keywords: *binaries: spectroscopic—stars: rotation—stars: individual: HD 199892*