

УДК 524.35-327:520.84

ЗВЕЗДЫ С РАЗЛИЧАЮЩИМИСЯ ВЕЛИЧИНАМИ $v \sin i$, ОПРЕДЕЛЕННЫМИ ПО ЛИНИЯМ Ca II 3933 И Mg II 4481 Å. II. КРАТНАЯ ЗВЕЗДА HD 90569

© 2012 Ю. Зверко^{1*}, И. Илиев², И. Романюк³,
И. Барзова², Д. Кудрявцев³, И. Статева², Е. Семенко³

¹Астрономический Институт, Татранска Ломница, 059 60 Словакия

²Институт Астрономии, НАО Рожен, София, Болгария

³Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 21 сентября 2011 г.; принята в печать 20 октября 2011 г.

Вращение звезды играет важную роль в ее эволюции, влияет на физические условия в ее атмосфере и проявляется в спектре. Методы определения $v \sin i$ основываются на сравнении наблюдаемых профилей спектральных линий с теоретическими. Их точность зависит от вида и качества спектров, а также от использованных алгоритмов. Часто используется метод простого сравнения с одной линией, например, Ca II 3933 Å или Mg II 4481 Å. Однако результатом такого сравнения являются ложные величины $v \sin i$ при использовании спектров низкой дисперсии. В настоящей работе использованы как современные, полученные с помощью ПЗС, так и более ранние фотографические спектры кратной звезды HD 90569. Мы определили величину проекции скорости вращения $v \sin i = 11$ км/с. Кроме того что подтверждено ранее известное усиление линий Cr, Fe, Mn и Sr, найден также избыток редких земель, галлия и платины. Гелий, углерод, кислород, алюминий, кальций, скандий и никель оказались в дефиците. Спектр двойной, обнаруженной ранее при покрытии Луной, не показал признаков SB2, однако имеются некоторые наблюдательные свидетельства того, что пара образует двойную систему с большим орбитальным периодом. Несмотря на это, есть также наблюдения, которые оставляют такую интерпретацию неопределенной.

Ключевые слова: звёзды: химически пекулярные—звёзды: HD 90569

1. ВВЕДЕНИЕ

В первой статье этой серии (Зверко и др. [1]) мы разрешили загадку различий в величине $v \sin i$ для кратной звезды HD 2913, используя отождествление спектра слабого компаньона. В настоящей работе мы исследуем спектр звезды HD 90569. Это тройная система, состоящая из яркой компоненты ADS 7781A, которая сама является двойной, и удаленной слабой компоненты ADS 7781B.

HD 90569 (CX Leo, HR 4101, SAO 99136, ADS 7781A, CCDM J10277+046A) — это химически пекулярная (CP) магнитная звезда с резкими линиями. Палмер и др. [2] дают $v \sin i = 90$ км/с для линии Ca II 3933 Å, в то время как, согласно Вольф и Престон [3], $v \sin i = 13$ км/с для линии Mg II 4481 Å. Такое большое различие побудило нас более чем 30 лет тому назад включить этот объект в нашу программу наблюдений. Ройе и

др. [4] приводят $v \sin i = 18$ км/с, Абт и Моррел [5] дают $v \sin i < 10$ км/с.

Бонсак [6] поясняет, что звезда пекулярная главным образом из-за усиления линий хрома вместе с ослаблением К-линии кальция и Mg II $\lambda 4481$. Лоден [7] отметил усиление линий Si II, Cr I, Cr II, Mn I и Sr II. Каули и Айкман [8] дают тип пекулярности CrSr, в то время как Ренсон и Манфруа [9] определяют ее как A0SrCrSi. Адельман [10, 11] подтвердил, что звезда является малоамплитудной переменной с периодом 1^d44404. Орьер и др. [12] измерили продольное магнитное поле, которое, в согласии с этим периодом, меняется между 71 и 541 Гс. Варрен и Хоффлейт [13] суммируют: “первичная звезда является двойной, разрешенной при покрытии звезды Луной, 6.7 и 6.7v, разделение 0^o02, магнитная звезда классифицируется также как B8.5Vp и переменная типа α^2 CVn”, в то время как Харткопф и Мак-Алистер [14] внесли ее в список двойных звезд, не разделенных спекл-интерферометрически.

*E-mail: zve@ta3.sk

Абт и Сноуден [15], используя спектры обсерваторий Паломар, Китт-Пик, Виктория и Маунт-Вилсон, пришли к выводу, что звезда является спектроскопической двойной типа SB1 и определили элементы орбиты. Они, однако, поясняют, что элементы определены плохо, и орбитальное движение нельзя приписать удаленной ($38''$) визуальной компоненте ADS 7781B.

В настоящей статье в разделе 3 мы определяем параметры атмосферы, а в разделе 4 находим химический состав. В разделе 5 мы сообщаем о новых измерениях лучевой скорости и обсуждаем двойственность звезды. Различия в величине $v \sin i$ обсуждаются в разделе 6.

2. НАБЛЮДЕНИЯ, МЕТОД

Мы использовали в работе как фотографические, так и ПЗС-спектры. ПЗС-спектры были получены в Национальной астрономической обсерватории Рожен, Болгария (НАО) и в Специальной астрофизической обсерватории РАН, Нижний Архыз, Россия (САО).

Спектры НАО получались с ПЗС-камерой Photometrics AT200 CCD 1024×1024 на 3-й камере куде-спектрографа 2м RCC телескопа с разрешением $R = 22000$. Область с К-линией Ca II регистрировалась в пределах от 3898 до 3967 Å, а с линией Mg II — от 4447 до 4550 Å. Для обработки спектров использовались стандартные процедуры IRAF¹.

Спектры САО получены на 6-м телескопе на эшелле-спектрометре НЭС, оборудованном ПЗС-камерой 2048×2048 [16], с разрешением $R = 43000$ в спектральной области 4226–5654 Å и на Основном звездном спектрографе (MSS), оборудованном зеемановским анализатором и ПЗС-камерой 2048×2048 , с $R = 15000$ в области спектра 4453–4695 Å. Для обработки спектров САО были использованы пакет программ ZEEMAN [17], написанный в среде ESO MIDAS, и пакет REDUCE [18].

Фотографические спектры получены в Астрономической обсерватории Ондражейов (Чешская республика) на 2-ой камере куде-спектрографа 2-м телескопа. Они были оцифрованы в Астрономическом институте в Татранской Ломнице (Словакия) при помощи компьютеризированного микроденситометра с шагом 0.002 мм, что при обратной линейной дисперсии 8.5 Å mm^{-1} соответствует

0.017 Å в среднем по спектру. Затем они были редуцированы с использованием программы SPEFO (Шкода [19]), которая включает в себя построение дисперсионной и калибровочной кривых, перевод в интенсивности и проведение континуума. Для целей определения лучевой скорости при помощи CCF [29] континуум проводился таким образом, что максимальная по интенсивности точка между взаимно перекрывающимися крыльями Бальмеровских линий принималась за точку континуума. Такой же способ был применен и для синтетического спектра. Это позволяет исключить смещение, вызванное влиянием прогрессивно возрастающего наклона спектров интенсивности в сторону высоких членов Бальмеровской серии.

Сведения о наблюдениях приведены в Таблице.

Для вычислений синтетического спектра, детальных профилей линий Ca II 3933 Å и Mg II 4481 Å, а также для определения содержания элементов путем сравнения с наблюдаемыми линиями использовалась программа SYNPEC [20, 21]. ЛТР-модели атмосфер интерполировались из сетки моделей Кастелли и Куруца [22]. В качестве источника атомных данных о линиях использовалась база данных VALD [23–26]. Эффективные температуры и ускорения силы тяжести были определены с использованием программ UVBYBETA [27] и TEFFLOGG [28], данные об *uvbyβ*-фотометрии взяты из базы данных SIMBAD.

3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Используя индексы *uvbyβ*, просуммированные в шести сетах в SIMBAD, мы определили интервал величин эффективной температуры звезды от 10590 К до 10960 К с внутренней точностью ± 20 К для каждой оценки и $\log g$ от 3.94 до 4.04 с внутренней точностью ± 0.03 . Мы приняли средние значения $T_{\text{eff}} = 10730 \pm 135$ К, $\log g = 3.97 \pm 0.04$, которые также хорошо описывают профили Бальмеровских линий, как показано на Рис. 1.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Так же, как и Бальмеровские линии в фотографических спектрах, нам удалось хорошо описать линии металлов в ПЗС-спектрах с полученными параметрами модели атмосферы. Очень хорошее согласие достигается при сравнении относительных интенсивностей линий Fe I и Fe II, Cr I и Cr II (Рис. 2).

В области $\lambda 4450\text{--}4535$ Å где перекрываются спектры НЭС, MSS и НАО, детали отображаются в зависимости от спектрального разрешения

¹IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) распространяется Национальной оптической радиоастрономической обсерваторией (США), которая находится под управлением Ассоциации университетов по исследованиям в области астрономии (AURA), Inc., по соглашению о сотрудничестве с Национальным научным фондом.

Таблица. Сведения о спектрах

Спектр №	Дата Y/M/D	HJD 2400000+	Орбитальная фаза	S/N	Область	Прибор	RV км/с
cd3623	1980/05/11	44371.3485	0.546	≈35	3750–4880 Å	CdO	–4.2
cd4372	1982/02/09	45009.4346	0.597	≈15	3760–4900 Å	CdO	–3.6
cd5377	1991/02/22	48310.4772	0.858	≈25	3760–4900 Å	CdO	–3.5
cd5403	1991/03/21	48337.4399	0.860	≈35	3760–4900 Å	CdO	–3.8
cd5404	1991/03/23	48339.3821	0.860	≈30	3760–4900 Å	CdO	–8.1
cd5716	1992/01/21	48643.4977	0.884	≈50	3760–4900 Å	CdO	–2.3
9512/1019	2009/05/12	54964.2462	0.383	180	4227–5654 Å	NES	–6.1
9312/003637	2009/03/12	54903.3977	0.378	300	4397–4638 Å	MSS	–5.8
ca9el1	2010/04/28	55315.3057	0.411	74	3900–3958 Å	NAO	–8.3
hemgel2	2010/04/28	55315.3433	0.411	196	4450–4535 Å	NAO	–10.5

инструмента, как показано на Рис. 3. В этой области мы прекрасно описываем линии Ti II, Cr II, Fe I, Fe II и Ce II, используя величину микротурбулентной скорости $\zeta_{\text{micro}} = 0$ км/с и увеличение содержания по сравнению с солнечным в 5 раз для титана, в 110 — для хрома, в 10 — для железа и в 1200 раз для церия.

Детальное изучение содержания элементов было выполнено по спектрам, полученным на НЭС. Достижение соответствия с наблюдаемой линией Mg II 4481 Å оказалось более сложной проблемой. Мы получили наилучший результат при увеличении микротурбулентности до $\zeta_{\text{micro}} = 1$ км/с и сверхобилия в 2.5 раза. Наилучшая величина проекции скорости вращения $v \sin i = 11$ км/с. В любом случае, наблюдаемые профили имеют полуширину на 0.05 Å меньше и центральную интенсивность на 0.007 меньше, чем расчетные. Сравнение наблюдаемого и вычисленного профиля этой линии в деталях представлено на Рис. 4. Впоследствии было найдено несоответствие для линий Mg II на длинах волн 4390.514+4390.572, 4427.994, 4433.988, 4436.492+4436.593 и 4534.279+4534.304, которым наилучшим образом удовлетворяет содержание, уменьшенное на фактор 0.6. Подобное различие имеет место также и для кремния. В случае дублета кремния Si II 4621.418+4621.722 Å необходимо увеличение содержания в 10 раз, а для линий Si II 5041.024 и 5055.984 Å согласие достигается при дефиците 0.25.

Гелий в дефиците на –2 dex. В дефиците находятся также и следующие элементы: углерод (–0.5 dex), азот (–1 dex), кислород (–0.5 dex),

алюминий (–0.3 dex), кальций (–1.3 dex), скандий (–1.3 dex) и никель (–1 dex).

Элементы с повышенным содержанием следующие: натрий (0.2 dex), фосфор (1 dex), аргон (0.7 dex), титан (0.7 dex), хром (2.1 dex), марганец (1 dex), железо (1 dex), кобальт (0.9 dex), медь (1.3 dex), галлий (3.2 dex), стронций (1.7 dex), иттрий (0.7 dex), цирконий (1.0 dex), барий (0.3 dex), платина (3.8 dex), ртуть (4.0 dex). Все отождествленные линии редкоземельных элементов дают избыток содержания: лантан (1.8 dex), церий (3.1 dex), празеодим (3.4 dex), неодим (2.8 dex), самарий (2.6 dex), европий (2.8 dex), гадолиний (2.6 dex), тербий (3.2 dex), диспрозий (2.8 dex), эрбий (2.0 dex), тулий (3.6 dex), итербий (3.2 dex) и лютеций (2.5 dex) (Рис. 5).

При оценке химических peculiarностей, полученных с помощью выше описанного метода, необходимо принять во внимание взаимное влияние спектров спутников. Если двойная состоит из двух одинаковых звезд, то при суммировании их спектров в тот момент, когда лучевые скорости звезд одинаковы, эти спектры ничем не будут отличаться от спектра одиночной звезды с данными физическими параметрами, и определяемый химический состав будет соответствовать нормальным величинам. Однако, один из компонентов пары является CP-звездой с усилением линий многих химических элементов, поэтому эквивалентные ширины линий должны быть откорректированы в направлении больших величин. Этот фактор может достигать двойки в случае, если рассматриваемая линия в спектре другой звезды отсутствует, например, для редких земель. В случае общих элементов, таких как титан, хром или железо, коррекция будет ближе

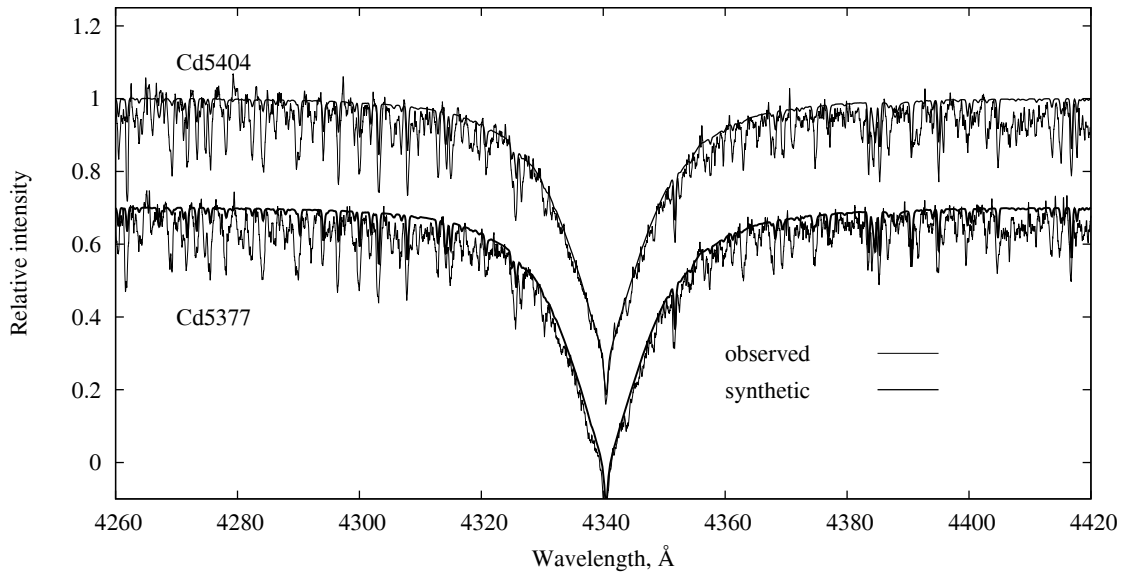


Рис. 1. Сравнение наблюдаемых фотографических профилей линии $H\gamma$ с теоретическими для $T_{\text{eff}} = 10730$ К, $\log g = 3.97$.

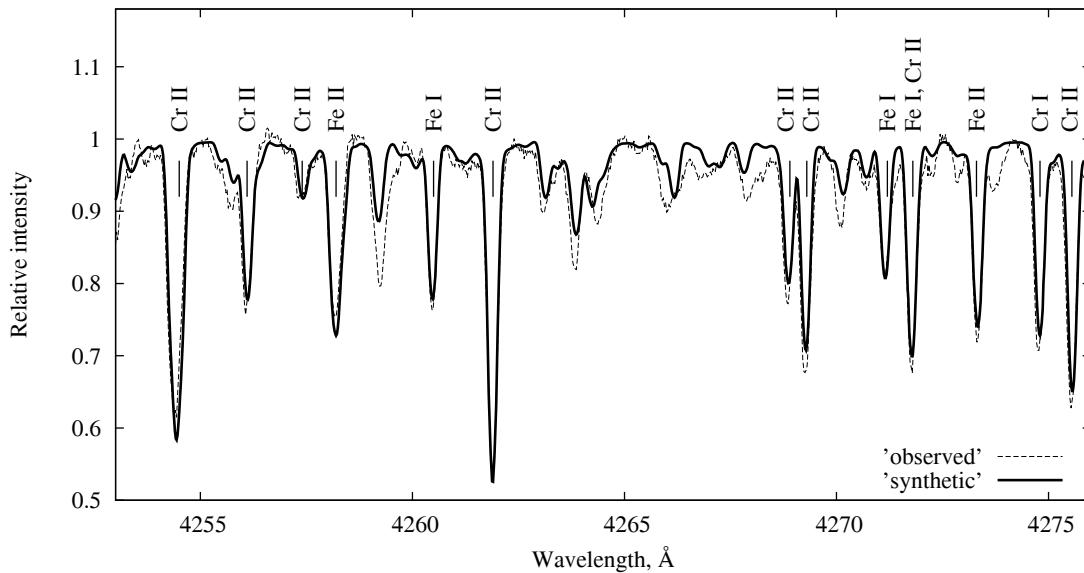


Рис. 2. Сравнение синтетических спектров с полученными на НЭС ПЗС-спектрами.

к единице в интервале от 1 до 2. Специальный случай представляет гелий. Линия $\text{He I } 4472 \text{ \AA}$ отсутствует, что означает, что гелий в дефиците и в другой звезде. Такое заключение делает проблему HD 90569 более сложной, так как вторая звезда проявляет этим свою пекулярность.

Несмотря на то, что мы смогли очень хорошо описать много линии металлов и редких земель, многие из отождествленных наблюдаемых линий более сильны, чем вычисленные, а многие наблю-

даемые линии остаются неотожествленными, как это показано на Рис. 5.

5. ДВОЙСТВЕННОСТЬ

Старые наблюдения, датируемые началом прошлого столетия, позволили Абту и Сноудену [15] обнаружить, что звезда является двойной с

$$P_{\text{orb}} = 12658.4 \pm 0.2 \text{ d},$$

$$T_{\text{periastron}} = JD 2412137 \pm 1126,$$

$$\gamma = -7.8 \pm 2.1 \text{ км/с},$$

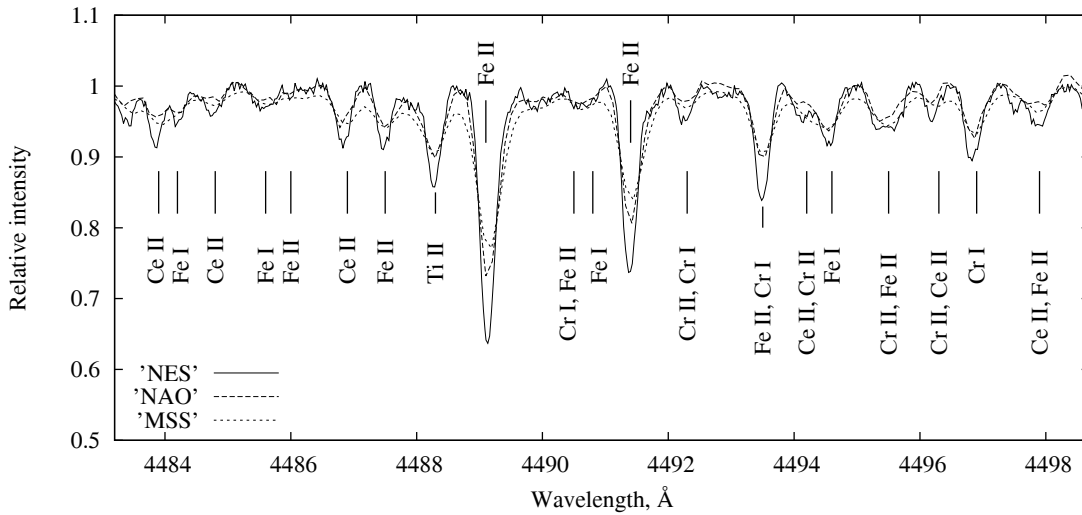


Рис. 3. Часть переналоженных трех спектрограмм, полученных на НЭС, в НАО и на MSS. Спектры с НАО и MSS хорошо совпадают вследствие близкого спектрального разрешения.

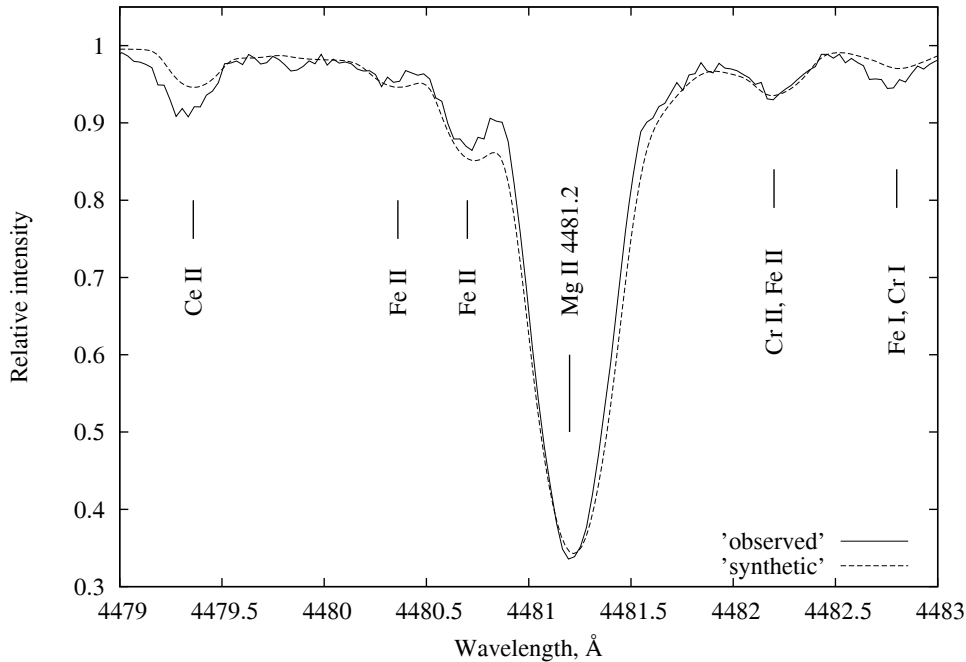


Рис. 4. Сравнение теоретического и наблюдаемого на НЭС профиля линии $Mg II 4481 \text{ \AA}$. Содержание магния увеличено в 2.5 раза, $v \sin i = 11 \text{ км/с}$.

$$\begin{aligned}
 K &= 11.0 \pm 15.2 \text{ км/с}, \\
 e &= 0.75 \pm 0.51, \\
 \omega &= 2 \pm 10, \\
 a_1 \sin i &= 1.266 \cdot 10^9 \text{ км/с}, \\
 f(m) &= 0.506 M_{\odot}.
 \end{aligned}$$

Это орбитальное движение не имеет отношения к далекой визуальной двойной ADS 7781B. Поурбо и др. [30] уточнили эксцентриситет до $e = 0.51$, функцию масс $f(m) = 1.11523 M_{\odot}$ и

$a_1 \sin i = 1.64695 \times 10^9 \text{ км/с}$. Они также отметили: “Наблюдения показывают очень малые изменения скорости, не получено наблюдений близко к предсказанному резкому пику кривой. Ввиду предполагаемого длинного периода, реальность вариаций скорости должна быть подтверждена”.

В литературе нет упоминаний о линиях компаньона в спектре HD 90569. С момента разделения

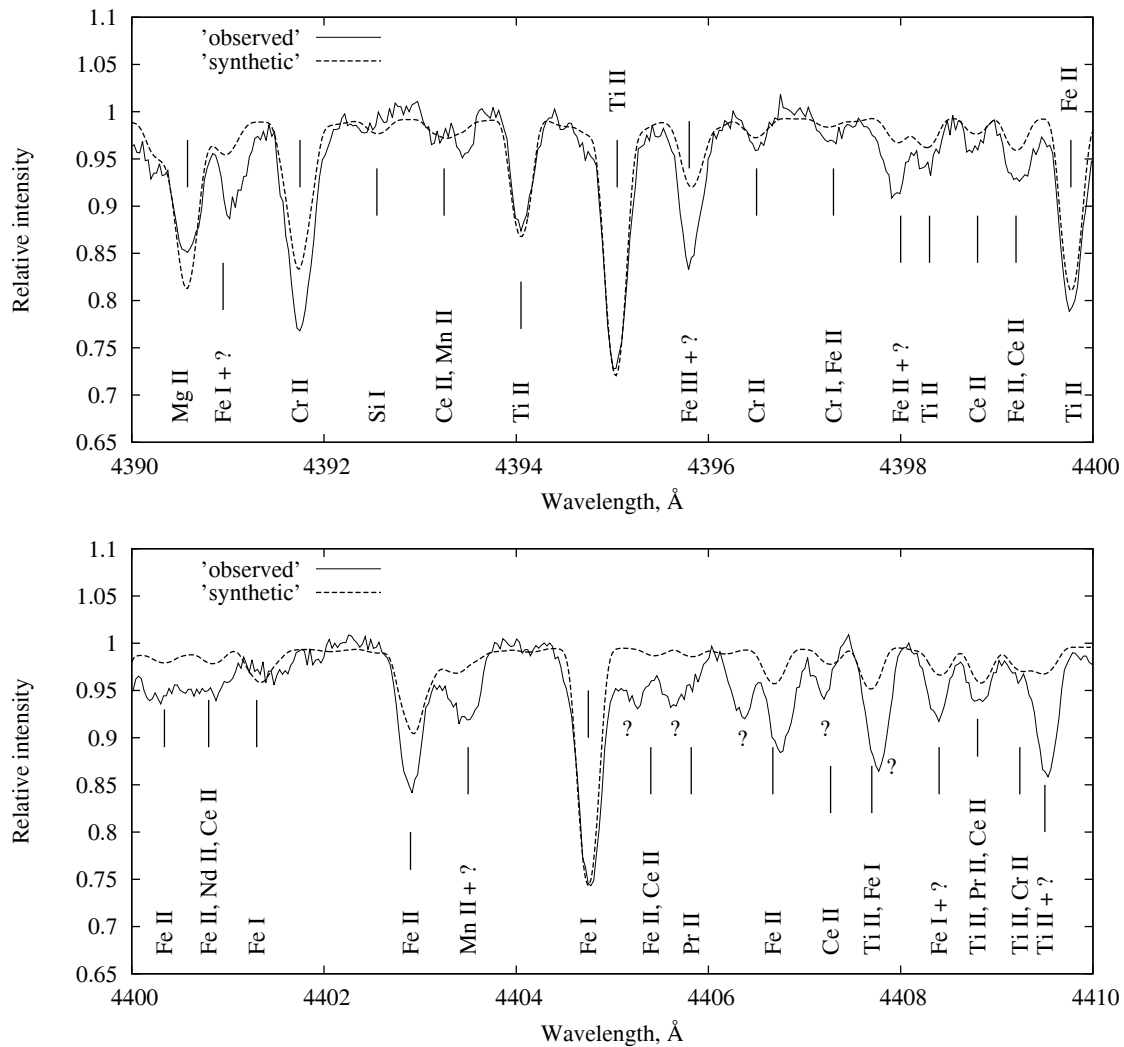


Рис. 5. В то время как некоторые спектральные линии отлично описываются, есть много дополнительных абсорбций, которые так же, как и некоторые линии, остаются неотожествленными.

звезды при покрытии Луной указывающего, что ADS 7781A сама является двойной, состоящей из двух одинаково ярких звезд, с разделением на $0''.02$, отсутствие линий другой звезды в спектре HD 90569 является загадкой. При попадании на щель спектрографа двух одинаковых по яркости звезд наблюдать только одну систему спектральных линий можно лишь в случае, когда обе звезды имеют почти одинаковую эффективную температуру, ускорение силы тяжести и движутся с одинаковой лучевой скоростью. Первое условие выполняется, так как фотометрические индексы $wby\beta$ определяют параметры атмосферы T_{eff} и $\log g$ единственным образом, в результате чего наблюдаемые профили очень хорошо согласуются с теоретическими для многих линий на наших ПЗС-спектрах, а также для фотографических профилей Бальмеровской линии $H\gamma$. Второе условие может быть выполнено, если двой-

ная, обнаруженная при покрытии звезды Луной, является физической парой с определенными орбитальными параметрами. Тогда кривые лучевых скоростей компонент симметричны относительно лучевой скорости системы, и условие равенства лучевых скоростей компонент удовлетворяется вблизи орбитальных фаз 0.16 и 0.84, когда обе звезды имеют системную γ -скорость. Всюду вне этих двух фаз две системы спектральных линий в любом случае должны проявиться. Если предположить, что обе компоненты идентичны по своим физическим параметрам, мы не сможем измерить какой-либо сдвиг, вызванный переменностью лучевой скорости, поскольку спектральные линии компонент будут двигаться в синюю и красную сторону симметрично, и для величины $K = 11.0$ км/с мы сможем увидеть только периодическое уширение профилей линий, но не сдвиги лучевой скорости. Если спектры двух звезд слегка различаются, спектральные

линии будут показывать периодическую асимметрию, что приведет к движению центров тяжести, которое может быть измерено, как вариации лучевой скорости. В этой связи следует отметить, что помимо наблюдаемых изменений лучевой скорости в литературе также отмечена переменность спектральных линий.

При максимальной величине лучевой скорости компонент различия для $K = 11.0$ км/с могут достигать 0.33 \AA , результатом чего будет расщепление центров спектральных линий. Согласно форме теоретической кривой лучевой скорости (см. Рис. 6), видим, что различие между величинами лучевых скоростей компонент на фазах, где мы наблюдали, достигают ≈ 10 км/с, это соответствует 0.13 \AA на длине волны 4500 \AA , что проявится в асимметрии профилей линий. Это действительно наблюдается, как мы покажем ниже.

Наблюдаемый спектр HD 90569A относится к CP-звезде, и это подтверждается наличием у нее переменного магнитного поля и периодической фотометрической переменностью. Тщательно сравнивая профили линии Ca II 3933 на наших фотографических спектрах, мы смогли обнаружить различия в их полуширинах (FWHM). Линия шире на спектрах No. 5377 и 5716 ($\approx 0.75 \text{ \AA}$) и уже на No. 3623, 5403 и 5404 ($\approx 0.60 \text{ \AA}$). Два более широких профиля являются, в то же время, слегка асимметричными в красном крыле. Подобным образом ведет себя также и линия Mg II 4481 \AA на фотографических спектрах. ПЗС-спектры показывают, скорее, симметричные профили обеих линий, но они были получены в различных орбитальных фазах.

Сведения, приведенные выше, свидетельствуют в пользу того, что двойная, обнаруженная при покрытии Луной, является физической парой. Однако дальнейшее, скорее, доказывает обратное.

Наши ПЗС-наблюдения были получены вблизи фазы 0.4 и, таким образом, должна была быть обнаружена асимметрия линий, следующая из того факта, что одна из компонент является CP-звездой. Однако это не подтверждается, как можно видеть на Рис. 2, где элементы с повышенным содержанием, железо и хром, демонстрируют вполне симметричные профили. Следовательно пара, обнаруженная при покрытии Луной, не является той двойной системой, для которой Абт и Сноуден [15] и Пурбэ и др. [30] определили орбитальные элементы. Таким образом, компоненты двойной, обнаруженной при покрытии Луной, могут быть спроецированы рядом случайно, имея при этом одинаковые лучевые скорости. В этом случае CP-компонента вращается вокруг необнаруженного компаньона.

6. ПРОБЛЕМА РАЗЛИЧИЙ В $v \sin i$

Пальмер и др. [2] дают $v \sin i = 90$ км/с по линии Ca II 3933 \AA , в то время как согласно Вольф и Престону [3] $v \sin i = 13$ км/с по линии Mg II 4481 \AA .

Наше определение дает результат $v \sin i = 11$ км/с. С такой величиной мы достигли наилучшего согласия вычисленного и наблюдаемого профиля линии Mg II 4481 \AA , а также других неблендированных линий нейтрального или ионизированного титана, хрома и железа. Это хорошо видно на Рис. 2, 4 и 5.

Окрестности линии Ca II 3933 \AA показаны на Рис. 7, где рядом с несколькими фотографическими спектрами приведен ПЗС-спектр, полученный в НАО, и синтетический — для сравнения. Ширина линии кальция на фотографических спектрах значимо больше, чем на ПЗС, что обусловлено спектральным разрешением. В среднем, полуширина FWHM = 0.65 \AA что соответствует ≈ 50 км/с. Это значительно меньше, чем величина Пальмера и др. [2]. Но тщательный анализ показывает, что по крайней мере на двух фотографических спектрах видны мелкие и широкие депрессии вокруг линии кальция. На фотографических низкодисперсионных спектрах это могло повлиять на оценку ширины линии.

7. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Орьер и др. [12] измерили профили Стокса и нашли периодически меняющееся в пределах от 71 до 541 Гс продольное магнитное поле с периодом 1^d44404, определенным Адельманом [11]. Тщательное сравнение лево- и правоциркулярно поляризованных спектров, полученных на MSS, показывает, что они идентичны, и оцененная величина продольной компоненты поля $B_l = -30 \pm 50$ Гс. Соответствующая фаза получения зеемановского спектра 0.608 близка к фазе 0.707, в которой поле, измеренное Орьером и др. [12], достигает своего минимума $B_l = 0$ Гс. Спектры с НЭС и НАО были получены в магнитных фазах 0.745 и 0.854 соответственно. Это точно в минимуме продольного магнитного поля, поэтому оно на них не оказало влияния.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе мы определили эффективную температуру и ускорение силы тяжести типичные для звезды Главной последовательности, возможно слегка проэволюционировавшей (раздел 3). Различия величин $v \sin i$, имеющиеся в литературе, разрешены в пользу малой величины, а именно

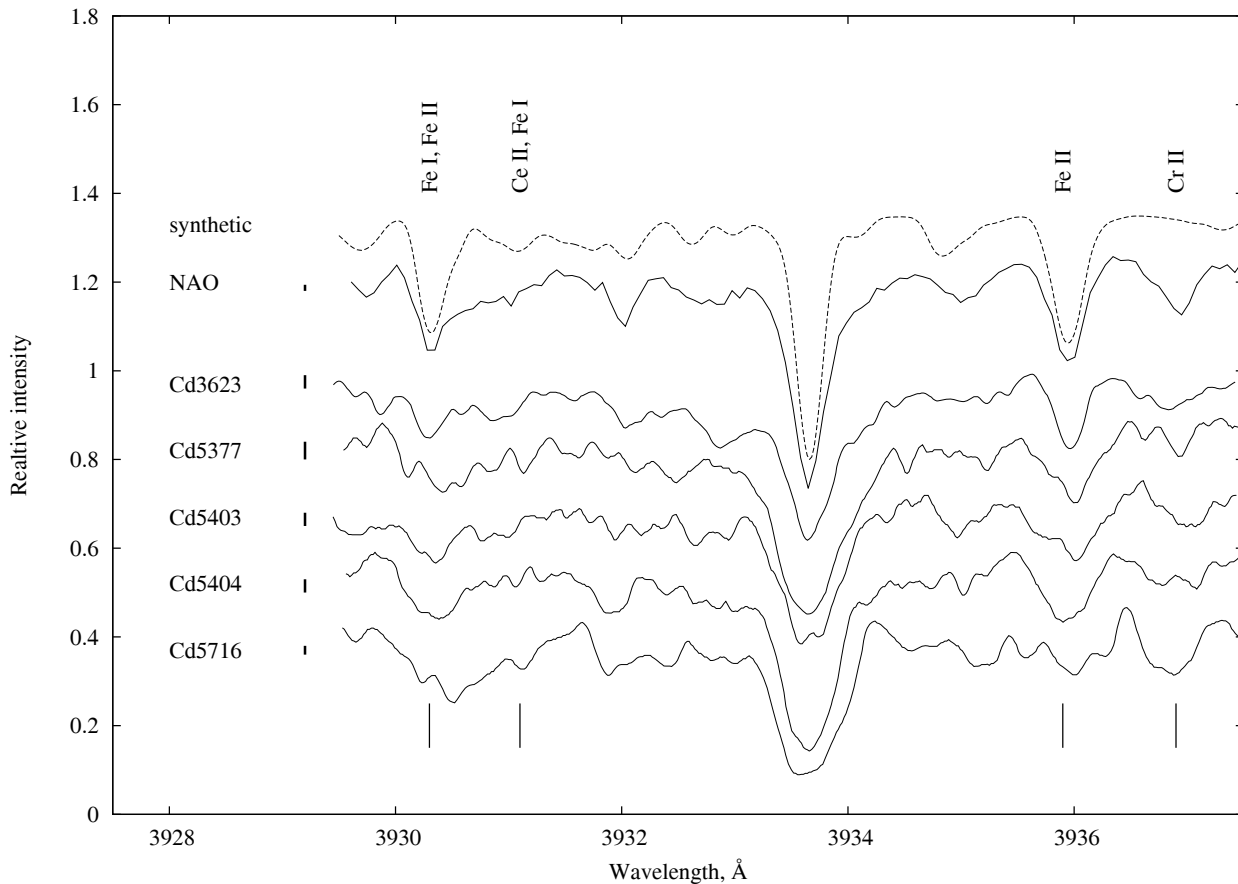


Рис. 7. Область спектра около линии Ca II 3933 Å. Заметна большая ширина линий на спектрах No. 5377 и 5716. Бары на левой стороне спектров иллюстрируют их отношение C/III.

ходится в сильном противоречии со спектрами и фотометрией звезды. Спектры, эффективные температуры и ускорение силы тяжести, полученные из *uvbyδ* фотометрии, характерны для возможно слегка проэволюционировавшей звезды Главной последовательности с массой $M = 3 M_{\odot}$.

Принимая во внимание, что нет наблюдений звезды вблизи предсказанного резкого пика лучевой скорости (Поурбо и др. [30]), двойственность HD 90569A остается неподтвержденной. Спектральный мониторинг в ПЗС-наблюдениях должен прояснить, как химические пекулярности проявляют себя в переменности профилей спектральных линий элементов, находящихся в избытке, и имитирует ли это переменность лучевых скоростей, подобную орбитальному движению двойной. Новые спекл-наблюдения должны частично помочь в решении проблемы двойственности. Спектроскопические наблюдения во второй половине 2030 года, когда согласно эфемериде наступит максимум кривой лучевых скоростей, окончательно решат проблему двойственности HD 90569.

БЛАГОДАРНОСТИ

В этом исследовании использовались база данных SIMBAD, действующая в CDS, Страсбург, Франция, и база атомных данных VALD, действующая в университете Вены, Австрия. Работа частично финансировалась Болгарскими грантами NSF DO 02-85 и DO 02-362, а также Российском фондом фундаментальных исследований (грант РФФИ 09-02-00002-а (ИР, ДК, ЕС)) и федеральной программой “Научные школы”. Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (госконтракт 16.518.11.7073). ЕС благодарит программу “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009-2013 гг. Министерства образования и науки РФ. Астрономический институт Словацкой Академии Наук предоставил возможность использования компьютерного и инструментального оборудования (ЮЗ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. Zverko, J. Žižňovský, I. Iliev, et al., *Astrophysical Bulletin* **66**, 325 (2011).

2. D. R. Palmer, E. N. Walker, D. H. P. Jones, and R. E. Wallis, *R. Obs. Bull.* **135**, 385 (1968).
3. S. C. Wolff and G. W. Preston, *Astrophys. J. Suppl.* **37**, 371 (1978).
4. F. Royer, J. Zorec, and A. E. Gomez, *Astronom. and Astrophys.* **463**, 671 (2007).
5. H. A. Abt and N. I. Morrell, *Astrophys. J. Suppl.* **99**, 135 (1995).
6. W. K. Bonsack, *Publ. Astronom. Soc. Pacific* **88**, 19 (1976).
7. L. O. Lodén, *J. Astroph. astr.* **8**, 351 (1987).
8. C. R. Cowley and G. C. L. Aikman, *Astrophys. J.* **242**, 684 (1980).
9. P. Renson and J. Manfroid, *Astronom. and Astrophys.* **498**, 961 (2009).
10. S. J. Adelman, *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **136**, 379 (1999).
11. S. J. Adelman, *Publ. Astronom. Soc. Pacific* **118**, 77 (2006).
12. M. Aurière, G. A. Wade, J. Silvester, et al., *Astronom. and Astrophys.* **475**, 1053 (2007).
13. D. Hoffleit and J. H. Warren, Jr., *The Bright Star Catalogue, 5th Revised Ed.* (Astronomical Data Center, NSSDC/ADC, 1991).
14. W. I. Hartkopf and H. A. McAlister, *Publ. Astronom. Soc. Pacific* **96**, 105 (1984).
15. H. A. Abt and M. S. Snowden, *Astrophys. J. Suppl.* **25** (1973).
16. V. Panchuk, V. Klochkova, M. Yushkin, and I. Najdenov, *Journ. Opt. Technology* **76**, 87 (2009).
17. D. O. Kudryavtsev, *Baltic Astron.* **9**, 649 (2000).
18. N. E. Piskunov and J. A. Valenti, *Astronom. and Astrophys.* **385**, 1095 (2002).
19. P. Škoda, *ASP Conf. Series* **101**, 187 (1996).
20. I. Hubeny, T. Lanz, and C. S. Jeffery, *Newsletter on analysis of astronomical spectra No. 20* (1994).
21. J. Krůčka, PhD Thesis, Masaryk University, Brno (1998)(in Czech language).
22. F. Castelli and R. L. Kurucz, *IAUS* **210**, A20 (2003).
23. N. E. Piskunov, F. Kupka, T. A. Ryabchikova, et al., *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **112**, 525 (1995).
24. T. A. Ryabchikova, N. E. Piskunov, F. Kupka, and W. W. Weiss, *Baltic Astronomy* **6**, 244 (1997).
25. F. Kupka, N. E. Piskunov, T. A. Ryabchikova, et al., *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **138**, 119 (1999).
26. F. Kupka, T. A. Ryabchikova, N. E. Piskunov, et al., *Baltic Astronomy* **9**, 590 (2000).
27. T. Moon and M. M. Dworetzky, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **217**, 782 (1985).
28. B. Smalley and M. M. Dworetzky, *Astronom. and Astrophys.* **293**, 446 (1995).
29. J. Zverko, J. Žižňovský, Z. Mikulášek, and I. Kh. Iliev, *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso* **37**, 49 (2007).
30. D. Pourbaix, A. A. Tokovinin, A. H. Batten, et al., *Astronom. and Astrophys.* **424**, 727 (2004).
31. F. Vansina and J. P. De Grève, *Astrophys. and Space Sci.* **87**, 377 (1982).

STARS WITH DISCREPANT $v \sin i$ AS DERIVED FROM CA II 3933 AND MG II 4481 Å LINES. II. MULTIPLE STAR HD 90569

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

Axial rotation of a star plays an important role in its evolution, physical condition in its atmosphere and appearance of its spectrum. Methods of determinations of $v \sin i$ are based on comparison of the observed profiles of spectral lines with theoretical ones. Their accuracy depends on the kind and quality of spectrograms as well as on the algorithms used. A frequently used method is the simple comparing of one line, e.g. the Ca II at 3933 Å or Mg II at 4481 Å. This however, may result in a false value of $v \sin i$ if low dispersion spectra are used. In this work we studied contemporary CCD as well as older photographic spectra of the multiple star HD 90569. We determined the projected rotational velocity value to be $v \sin i = 11$ km/s. Besides formerly reported enhancing of lines of Cr, Fe, Mn and Sr, we found also large overabundances of rare earths, gallium and platinum. Helium, carbon, nitrogen, oxygen, aluminium, calcium, scandium and nickel are in deficit. The spectrum of the occultation double was not identified to be of the SB2-type, however, there are some observable evidences that the pair creates a binary with a long orbital period. Despite this there are also observations that leave such interpretation uncertain.

Keywords: *stars: chemically peculiar—stars: individual: HD 90569*