

УДК 524.314-17

**С. А. Хан**

Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского  
95007, Симферополь, Ялтинская 4

### **Предварительное определение содержания химических элементов в атмосфере CP-звезды HD 52696**

*Оценено содержание химических элементов методом моделей атмосфер для CP-звезды HD 52696. Найден параметр скорости вращения звезды  $v \sin(i) = 4$  км/с.*

*ПОПЕРЕДНЄ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В АТМОСФЕРІ CP-ЗІРКИ HD 52696, Хан С. А. — Оцінено вміст хімічних елементів методом моделей атмосфер для CP-зірки HD 52696. Знайдено параметр швидкості обертання зірки  $v \sin(i) = 4$  км/с.*

*ESTIMATING CHEMICAL ABUNDANCES IN THE ATMOSPHERE OF THE CP STAR HD 52696, by Khan S. A. — Abundances in the atmosphere of the CP star HD 52696 were estimated by the method of model atmospheres. The velocity of star rotation was determined:  $v \sin(i) = 4$  km/s.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Наша работа посвящена определению фундаментальных характеристик и содержания химических элементов в атмосфере звезды HD 52696. К настоящему времени о звезде известно следующее. Спектр звезды разными исследователями оценивался как Ap Sr [11], Ap Sr Eu Cr [5], A3 Sr Eu Cr [14], A3 [15]; светимость  $m_v = 8.54$  [15]; другие фотометрические параметры:  $b - y = 0.097$ ,  $m_1 = 0.188$ ,  $c_1 = 1.092$  [4];  $H_\beta = 2.883$  [12];  $\Delta\alpha = 0.023$  [11].

#### **НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ**

Эшелле-спектр звезды, который любезно предоставил нам Матис Гутьер, был получен в чилийской обсерватории Ла-Силла (ESO) на телескопе NTT с применением инструмента ЕММ1, работающем в кросс-дисперсионном эшелле-режиме. Разрешение полученного материала не менее 80 000 в области  $\lambda\lambda = 395.5...664$  нм. Отношение сигнал/шум для обработанного спектра равно примерно 150 для синей области спектра и 200 для красной.

Редукция спектра за плоское поле, очистка спектра от дефектных участков, вызванных попаданием космических частиц на отдельные пиксели ПЗС-матрицы, привязка спектра к эталону длин волн и проведение континуума были произведены в обсерватории Ла-Силла.

Следует отметить, что континуум был проведен недостаточно корректно, что существенно затруднило измерение эквивалентных ширин спектральных линий и не позволило провести анализ содержания для ряда химических элементов. К сожалению, мы не имели доступа к исходному спектральному материалу, чтобы самостоятельно произвести соответствующую обработку. С другой стороны, перепроведение континуума было также невозможно, поскольку подобная процедура предполагает использование синтетического спектра, а его применение на этапе обработки наблюдений пекулярной звезды, с нашей точки зрения, неприемлемо.

#### ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ

После привязки спектра к лабораторной шкале длин волн было выполнено отождествление спектральных линий с помощью венской базы данных VALD [7, 13]. База данных VALD позволяет произвести выборку спектральных линий, которые вносят реальный вклад в спектр для заданной модели атмосферы и предполагаемого химического состава. При получении списка линий из VALD исследователь имеет в своем распоряжении не только атомные параметры, но и оценки глубины линий, что ускоряет процесс отождествления и позволяет учесть блендирование. Это необходимо для отбора линий, для которых будет определяться эквивалентная ширина. Также VALD содержит надежные атомные данные и силы осцилляторов, которые были использованы при расчете химического состава.

Предварительное отождествление спектральных линий производилось с помощью авторской компьютерной программы. Каждая из найденных линий тщательно перепроверялась на возможное блендирование. Всего было отождествлено около 3000 спектральных линий. Однако по причине неудовлетворительно проведенного континуума надежно измерить эквивалентную ширину удалось лишь у 316 из них, что позволило определить содержание относительно небольшой группы химических элементов. Из 316 использованных спектральных линий на различные химические элементы приходится: Fe — 185 линий, Cr — 79, Ti — 16, Mn — 9, Ca — 7, Ni — 4, N — 4, Mg — 3, Si — 3, C — 2, S — 2, Co — 1, V — 1 линия. В табл. 1 приведены значения эквивалентных ширин отождествленных спектральных линий.

Таблица 1. Параметры отождествленных спектральных линий

Ион	$\lambda$ , нм	$\lg(gf)$	W, пм	Ион	$\lambda$ , нм	$\lg(gf)$	W, пм
Cr I	416.82830	-2.064	0.70	Cr I	496.49160	-2.527	3.94
	423.04680	-1.160	4.08		511.07500	-1.289	4.04
	429.77440	0.250	5.80		523.89640	-1.305	4.03
	439.72290	-1.060	3.89		524.75660	-1.640	6.57
	441.03040	-1.010	4.18		528.56490	-1.132	2.52
	446.61640	-1.710	2.96		562.86210	-0.772	4.01
	447.38020	-1.206	5.32		564.78530	-1.073	1.91
	447.70280	-1.710	2.91		564.82300	-1.000	2.83
	449.23160	-0.392	5.41		570.23230	-0.667	4.40
	449.68420	-1.150	8.37		580.12050	-1.068	1.86
	457.50920	-0.970	3.20	586.33950	-2.393	1.65	
	462.24530	-0.040	6.22	Fe I	416.89416	-1.650	2.34
	462.27600	-0.980	4.66		419.62083	-0.696	7.06
	463.21290	-0.579	4.28		422.87184	-2.540	0.77
	465.12820	-1.460	6.82		423.76708	-2.370	2.64
	466.96500	-2.474	2.14		424.38162	-1.500	2.54
	467.63580	-1.589	3.78		425.01195	-0.405	11.09
	469.51490	-1.180	3.85		438.78912	-1.523	3.70
	470.05970	-1.255	5.02		438.84068	-0.682	6.44
	470.80180	0.110	6.67		443.98808	-3.002	0.94
476.78300	-0.530	4.35	445.43810		-1.299	5.16	

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Продолжение табл. 1

Ион	$\lambda$ , нм	lg(gf)	W, пм	Ион	$\lambda$ , нм	lg(gf)	W, пм
Fe I	446.69386	-1.350	3.20	Fe I	633.53308	-2.177	3.08
	448.42198	-0.864	5.73		635.50290	-2.350	1.63
	448.56756	-1.020	5.10	635.86337	-1.657	1.57	
	449.26783	-1.650	1.46	639.36013	-1.432	5.62	
	450.25909	-2.350	0.90	641.16493	-0.595	5.59	
	453.76734	-2.880	0.44	649.57422	-0.940	2.21	
	454.78474	-1.012	4.97	Fe II	420.35470	-0.895	4.28
	455.16470	-2.060	1.22		438.53870	-2.680	11.67
	459.81171	-1.570	3.63	438.61590	-4.362	1.26	
	463.58462	-2.358	1.65	441.14220	-3.515	0.60	
	466.15344	-1.270	2.67	441.36010	-3.670	4.87	
	467.88458	-0.833	5.90	444.62370	-2.439	2.97	
	468.35597	-2.319	3.32	444.85210	-0.595	1.54	
	470.10447	-1.857	1.31	444.96160	-1.589	2.98	
	470.72745	-1.080	5.47	445.19750	-0.742	2.35	
	473.35917	-2.988	2.31	447.74710	-2.578	1.32	
	473.58439	-1.325	3.17	448.74970	-2.141	3.48	
	474.15297	-1.765	2.52	449.14050	-2.700	9.82	
	474.58001	-1.270	3.78	449.96880	-1.865	2.75	
	478.87569	-1.763	2.60	455.32520	-2.602	1.48	
	478.96508	-0.958	4.69	455.63920	-2.233	2.19	
	480.77088	-2.200	1.12	457.63400	-2.920	8.51	
	493.88138	-1.077	6.04	459.10040	-2.248	2.46	
	496.99176	-0.710	4.46	459.31090	-3.424	0.92	
	499.36805	-1.470	2.25	459.38270	-4.923	4.45	
	501.49425	-0.303	6.48	462.67790	-3.716	2.50	
	506.71496	-0.970	3.89	463.53160	-1.650	8.34	
	507.97400	-3.220	2.69	472.01500	-2.560	1.99	
	508.81531	-1.780	1.23	495.39870	-2.757	3.11	
	510.44375	-1.690	1.76	495.88220	-0.645	1.78	
	513.36885	0.140	10.04	499.33580	-3.640	5.89	
	513.73822	-0.400	6.56	506.17180	0.217	4.33	
	515.90576	-0.820	3.83	506.29350	-0.932	1.37	
	516.45506	-1.360	2.02	507.05840	-0.860	3.56	
	518.00700	-1.260	2.30	507.57640	0.277	4.99	
	519.87111	-2.135	3.94	508.19010	-0.585	1.54	
	521.73893	-1.070	6.02	508.92140	-0.035	3.24	
	523.62041	-1.497	1.69	508.94930	-0.900	1.13	
	524.24911	-0.967	4.46	511.70340	-0.126	2.68	
	531.24730	-2.220	0.69	511.86840	-1.457	0.17	
	532.11080	-0.951	2.10	512.78660	-2.535	4.30	
	538.55753	-2.970	1.63	512.87620	-1.082	1.35	
	538.94792	-0.410	4.73	513.26690	-3.980	4.45	
	553.85170	-3.069	1.58	514.38800	0.102	4.25	
	556.27060	-0.659	3.27	516.65550	-0.030	3.17	
	558.47647	-2.320	1.06	517.07770	-0.357	3.76	
	558.75740	-1.850	1.23	517.53920	-2.272	1.40	
	563.39465	-0.270	4.13	517.70200	-0.179	2.70	
	564.14340	-1.180	2.95	518.03140	0.044	3.16	
	565.23180	-1.950	0.85	518.05290	-5.428	0.72	
	566.25162	-0.573	5.36	518.68730	-0.301	2.21	
	569.14970	-1.520	2.34	519.07360	-0.863	1.21	
569.60896	-1.720	0.48	519.09120	-0.751	1.54		
570.54646	-1.355	1.43	521.35400	-0.815	1.55		
570.59922	-0.530	4.24	521.88420	-0.205	2.72		
580.92181	-1.840	1.68	524.79520	0.630	4.59		
581.48075	-1.970	0.73	525.84230	-1.097	1.19		
584.81230	-0.903	1.65	526.02590	1.069	9.62		
585.22187	-1.330	1.85	531.55630	-1.457	2.60		
598.48140	-0.343	4.52	535.54190	-0.412	1.77		
605.60047	-0.460	3.91	535.88760	-0.305	2.22		
608.52590	-3.095	0.46	538.80210	-0.725	3.08		
609.66653	-1.930	1.09	539.19830	-0.682	1.09		
612.79066	-1.399	2.26	539.38470	-0.301	2.28		
618.79904	-1.720	2.06	541.40730	-3.540	5.81		
619.15584	-1.417	5.53	543.97070	-2.309	2.32		
623.07230	-1.281	5.81	544.00680	-2.817	1.55		
623.26412	-1.223	3.20	544.43870	-0.185	2.38		
629.77931	-2.740	1.77	547.58290	-0.176	2.74		

Окончание табл. 1

Ион	$\lambda$ , нм	lg(gf)	W, пм	Ион	$\lambda$ , нм	lg(gf)	W, пм	
Fe II	549.85760	-0.393	1.72	Cr II	511.74080	-2.477	2.48	
	550.52560	-2.283	1.71		517.62030	-3.953	3.78	
	552.51250	-3.950	3.90		524.67680	-2.466	8.33	
	559.13680	-4.685	2.33		530.84080	-1.846	9.61	
	564.73890	-1.171	0.76		535.47550	-4.032	4.07	
	564.89040	-0.242	2.08		535.50640	-0.088	2.61	
	569.98500	-1.631	0.96		538.98600	-2.650	2.74	
	570.32540	-0.717	1.09		549.70420	-2.095	2.07	
	571.65900	-2.263	1.92		553.15210	-2.624	1.61	
	579.58450	-2.163	1.90		555.03530	0.250	2.84	
	583.24470	-3.136	0.65		565.59720	-0.252	1.23	
	584.22900	-0.213	1.86		567.83900	-1.238	5.88	
	587.17990	0.017	1.93		568.58830	-2.507	3.07	
	592.22110	-2.159	2.39		592.37050	-2.501	4.41	
	598.80110	-0.413	1.58		604.37680	-2.630	2.49	
	601.78910	-1.948	1.77		605.02420	0.202	2.15	
	601.95430	-1.019	0.78		606.80230	-1.736	4.71	
	602.33040	-4.035	0.85		608.14560	-1.934	3.78	
	604.45450	-5.237	0.46		608.96320	-1.265	6.77	
	608.41110	-3.780	4.19		614.71540	-2.843	5.02	
	614.10330	-5.104	0.97		620.81930	-2.984	4.89	
	614.92580	-2.720	7.07		622.54470	-4.526	2.41	
	615.00980	-4.754	1.71		637.97920	-3.362	3.71	
	622.25760	-2.387	0.93		639.92800	0.004	1.42	
	622.46480	-0.648	0.90		641.89030	-1.791	4.76	
	623.35340	-2.939	2.85		Ti I	428.74030	-0.442	1.02
	624.88980	-2.696	3.90		428.83640	-1.179	2.75	
	628.87350	-0.753	0.51		468.19090	-1.071	0.58	
	629.06620	-3.588	0.96		Ti II	439.82710	-2.780	2.37
	633.81090	-4.178	0.94		441.77190	-1.230	6.31	
	637.57920	-0.085	1.98		446.85070	-0.600	9.67	
	637.76790	-0.722	0.77		447.08570	-2.060	4.00	
	638.37220	-2.070	4.30		454.40280	-2.530	2.60	
	638.67130	-2.461	1.50		460.92640	-3.430	1.33	
	644.64100	-1.960	3.73		463.63200	-3.230	1.46	
648.73390	-2.248	1.70	499.63670	-3.290	1.15			
649.30350	-2.575	3.31	512.91520	-1.300	4.68			
Ni I	423.10270	-1.415	0.90	521.15360	-1.356	2.91		
	460.99050	-0.580	4.44	533.67710	-1.630	4.84		
	475.65100	-0.270	0.61	545.40900	-3.539	1.57		
Mn II	495.32000	-0.580	0.39	597.42200	-0.320	2.54		
	424.79500	-3.379	2.19	Mn I	445.30120	-0.490	1.44	
	425.17170	-1.058	2.89	447.01440	-0.444	1.82		
477.03510	-2.290	2.54	450.22130	-0.345	2.51			
481.16230	-2.342	1.39	462.65300	0.210	1.60			
Cr II	555.65170	-2.360	0.69	Co II	451.66330	-2.562	2.35	
	426.44980	-1.886	1.74	V II	459.04990	-0.777	2.05	
	426.61800	-3.682	2.74	N I	465.18276	-2.506	0.60	
	429.48230	-2.688	4.73	466.98928	-2.009	1.26		
	446.57310	-1.183	6.25	475.86900	-2.260	0.55		
	447.45610	-2.076	3.57	543.77590	-2.720	0.99		
	450.35560	-3.298	3.35	Ca I	468.52680	-0.544	2.45	
	457.36160	-4.215	3.89	534.94650	-1.178	3.86		
	457.74190	-1.420	2.51	558.19650	-0.569	3.92		
	467.13540	-2.010	4.89	558.87490	0.313	7.12		
	468.41250	-3.259	0.89	616.21730	-0.167	7.07		
	469.57620	-1.887	2.09	616.64390	-1.156	2.10		
	469.75980	-1.880	6.04	Ca II	471.67430	-0.938	1.95	
	471.50920	-2.310	4.80	Si I	475.89750	-2.430	0.57	
	475.35000	-1.932	1.48	587.37640	-2.610	1.00		
	490.37650	-1.201	2.34	614.24830	-0.920	4.17		
	494.09810	-3.091	4.36	C I	529.99730	-2.550	2.19	
496.01810	-1.908	1.32	581.94965	-2.734	2.33			
496.05260	-4.054	2.19	Mg I	552.84050	-0.620	13.52		
496.36440	-2.764	1.97	571.10880	-1.833	5.36			
499.49520	-3.237	1.60	S II	560.61510	0.156	0.63		
502.45200	-1.541	5.78	Mg II	592.33650	-1.580	3.13		
511.60490	-3.630	5.20	S I	640.36100	-1.730	0.48		

### ПАРАМЕТРЫ ЗВЕЗДНОЙ АТМОСФЕРЫ

Для определения параметров звездной атмосферы по фотометрическим данным необходимо исключить влияние межзвездного покраснения света. Известно, что поглощение света межзвездной средой в окрестностях исследуемой звезды мало [6, 10]. В нашем распоряжении находились фотометрические данные, освобожденные от явления межзвездного покраснения света, которые любезно предоставил профессор Мичиганского университета Ч. Каули. С учетом явления покраснения значения фотометрических данных составили:  $(b - y)_0 = 0.048$ ,  $(m_1)_0 = 0.204$ ,  $(c_1)_0 = 1.083$ .

Из данных фотометрических измерений были найдены значения эффективной температуры и ускорения свободного падения:  $T_{\text{эф}} = 8620 \pm 400$  К,  $\lg g = 3.55 \pm 0.3$ . Детальное описание методики определения фундаментальных параметров атмосферы из фотометрических данных представлено в работе [3]. Предполагалось, что фундаментальные характеристики будут уточнены в процессе анализа спектрального материала, однако один из важнейших критериев правильности определения  $T_{\text{эф}}$ ,  $\lg g$ , а именно, равенство содержаний одного и того же элемента в разных степенях ионизации, показал хорошее согласие с полученными данными.

Известно, что наиболее чувствительным к фундаментальным параметрам атмосферы звезды является ее водородный спектр. Поэтому было бы целесообразным провести сравнение синтетических профилей водородных линий с наблюдаемыми для подтверждения найденных значений  $T_{\text{эф}}$ ,  $\lg g$ . Однако выполнить такое сравнение оказалось невозможным в силу некачественно проведенного континуума, особенно учитывая то, что профиль одной водородной линии на современных эшелле-спектрометрах простирается на несколько порядков, что существенно затрудняет его корректное восстановление.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Определение содержания химических элементов проводилось методом моделей атмосфер [2]. Модель атмосферы звезды HD 52696 была рассчитана с помощью программы ATLAS9 [8]. Учет покровного эффекта проводился с использованием таблиц OPDF [9].

Измерение эквивалентных ширин линий производилось с помощью модифицированного варианта программы Г. Галазутдинова (CAO) Dech20 [1] методом прямого интегрирования.

При анализе химического состава звездной атмосферы возникает вопрос о выборе величины скорости микротурбулентности. Этот вопрос был решен

Рис. 1. Зависимость содержания элемента от эквивалентной ширины для линий Fe I. Рисунок иллюстрирует выбор значения микротурбулентной скорости и дает представление о диапазоне эквивалентных ширин, для которого была определена  $v_{\text{turb}}$

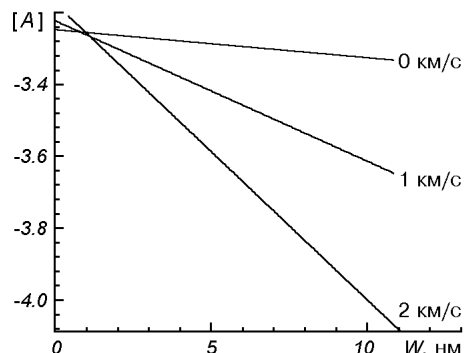


Таблица 2. Среднее содержание химических элементов Fe, Cr, Ti, Mn в разных степенях ионизации

Ион	$\lg\{N/N_T\}$	$\varepsilon$
Fe I	-3.27	0.26
Fe II	-3.30	0.41
Cr I	-3.72	0.29
Cr II	-4.10	0.38
Mn I	-5.46	0.19
Mn II	-5.10	0.55
Ti I	-5.34	1.10
Ti II	-6.46	0.68

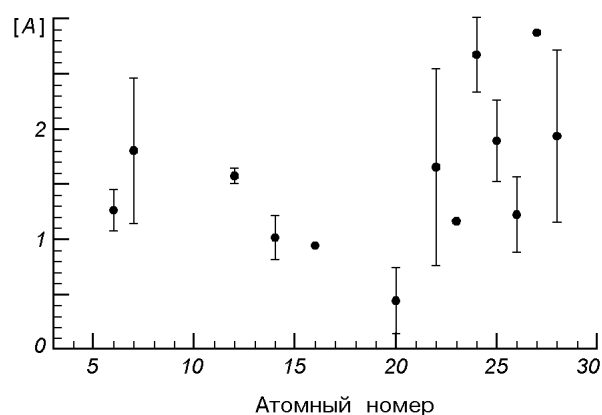


Рис. 2. Среднее содержание и ошибки его определения в виде графика отклонений от солнечного содержания (то есть металличность [A] в шкале Курца). Также на рисунке указан коридор ошибок для тех химических элементов, содержание которых было определено более, чем по одной спектральной линии

по «классической» методике, а именно: содержание химических элементов в атмосфере звезды было рассчитано для различных микротурбулентных скоростей: 0, 1, 2 км/с, и в качестве искомой принималась такая скорость, для которой зависимость содержания элемента от эквивалентной ширины линий была бы минимальной и лучше выполнялось бы ионизационное равновесие. Пример такой зависимости для линий Fe I представлен на рис. 1. Также из этого рисунка можно получить представление о диапазоне эквивалентных ширин, для которого определена  $v_{\text{turb}}$ . Как видно, минимальная зависимость содержания элемента от эквивалентной ширины линий соответствует микротурбулентной скорости 0 км/с. Аналогичные зависимости для Cr, Ti и Mg дали такое же значение  $v_{\text{turb}}$ .

Определение индивидуального содержания химических элементов, при котором теоретические эквивалентные ширины совпадают с наблюдаемыми, осуществлялось с помощью программы WIDTH9 [8]. В табл. 2 приведены средние значения и ошибки определения содержания Fe, Cr, Ti, Mn в разных степенях ионизации. Как видно, ионизационное равновесие в пределах ошибок выполняется для всех перечисленных элементов.

Отклонение среднего содержания от солнечного и ошибки его определения для химических элементов, спектральные линии которых удалось измерить, представлены на рис. 2.

Последний этап в определении содержания химических элементов состоял в том, что был рассчитан синтетический спектр звезды, который сравнивался с наблюдаемым, при этом синтетический спектр был свернут с инструментальным профилем (гауссиана). Полуширина гауссианы (ширина линии на половине максимума) определялась как  $FWHM = \lambda/R$ , где  $\lambda$  —

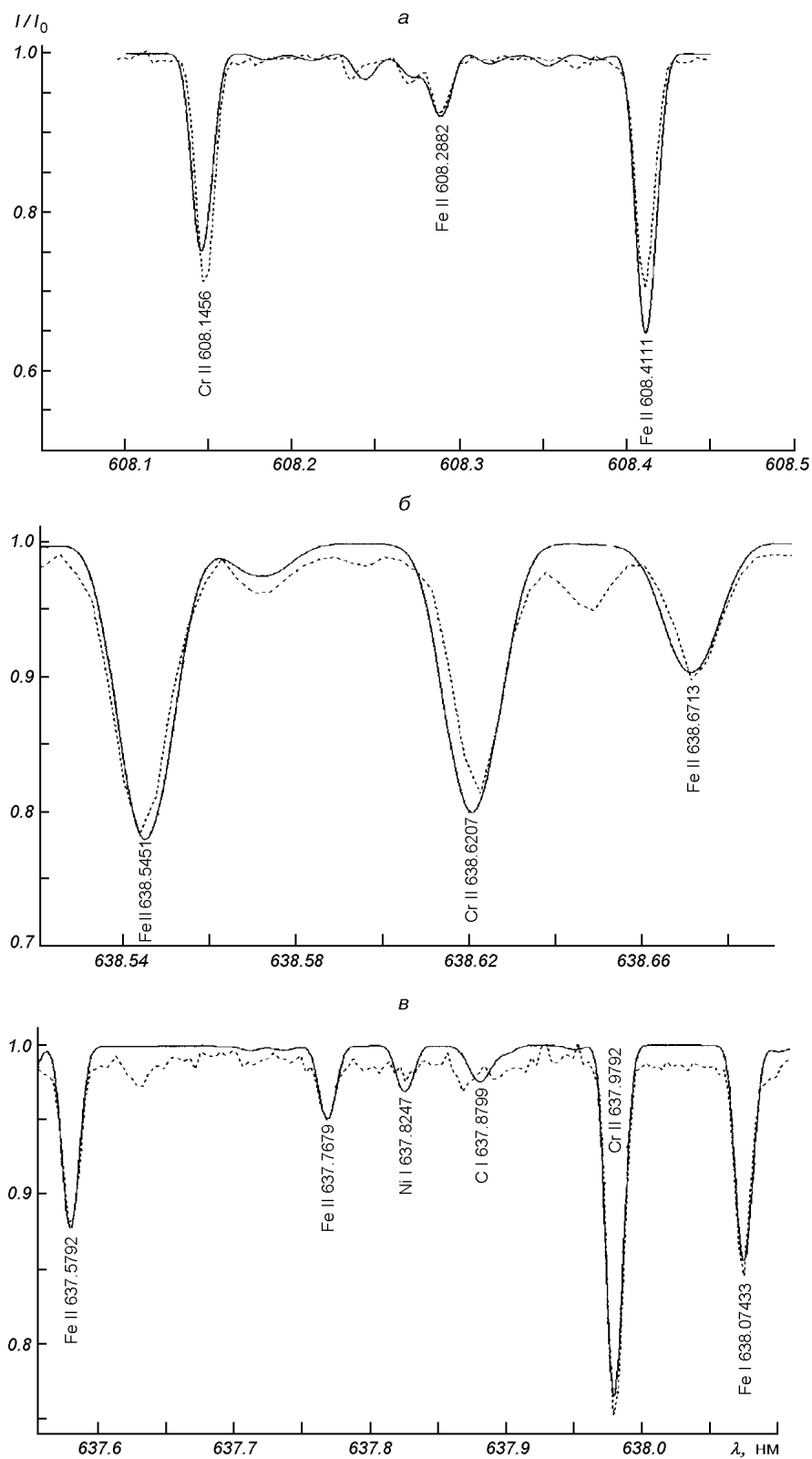


Рис. 3. Сравнение синтетического и наблюдаемого спектров при значении  $v \sin(i) = 4$  км/с. Штриховой линией показан наблюдаемый спектр, сплошной — синтетический

средняя длина волны исследуемого участка,  $R$  — спектральное разрешение. Для представленных ниже спектральных участков значение  $FWHM = 7.6...8$  пм. Кроме этого, расчет синтетического спектра был выполнен для ряда значений скорости вращения звезды  $v \sin(i)$  с целью ее определения.

Расчет синтетического спектра проводился с помощью новой версии программы синтеза из комплекса программ STARSP [17]. Учет вращения в этой программе производится непосредственно при расчете синтетического спектра: программа рассчитывает удельные интенсивности излучения в различных точках диска звезды и затем производит интегрирование по диску.

На рис. 3 представлены фрагменты наблюдаемого спектра в сравнении с синтетическим, рассчитанным с учетом индивидуального содержания химических элементов. Для блендированных линий вместо индивидуального в расчетах принималось найденное среднее содержание. Наилучшее согласие наблюдаемого спектра с синтетическим было получено при значении  $v \sin(i) = 4$  км/с.

Различия между синтетическим и наблюдаемым спектром, которые видны на рис. 3, *a*, могут указывать на стратификацию содержания химических элементов с глубиной. Поскольку звезда пекулярна, то предположение о постоянном содержании химических элементов по всей атмосфере может быть неверным. Было бы целесообразно провести подобный анализ распределения. Однако в нашем распоряжении находился только один спектр звезды с недостаточно корректно проведенным континуумом, что не позволило нам проверить предположение о стратификации содержания с глубиной.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнено предварительное определение содержания химических элементов в атмосфере HD 52696 с помощью метода моделей атмосфер. По причине не совсем корректно проведенного континуума расчеты проводились только для тех химических элементов, спектральные линии которых удалось измерить.

Полученные данные об избытке Sr находятся в согласии с предыдущими исследованиями CP-звезды HD 52696 [5, 14].

Скорость вращения звезды составляет  $v \sin(i) = 4$  км/с.

Автор признателен профессору астрономии Мичиганского университета Чарльзу Каули, стимулировавшему данную работу, за помощь и полезное обсуждение вопроса.

1. Галазутдинов Г. А. Система обработки эшелле-спектров DECH. — Ставрополь, 1992.— 32 с.—(Препринт/АН СССР. Специальная астрофизическая обсерватория; № 92).
2. Сахибуллин Н. А. Методы моделирования в астрофизике. I. Звездные атмосферы. — Ташкент: Фэн, 1997.—327 с.
3. Хан С. А. Определение параметров атмосферы звезды по ее фотометрическим характеристикам // Кинематика и физика небес. тел.—2002.—18, № 3.—С. 282—286.
4. Hauck B., Mermilliod M. Uvby $\beta$  photoelectric photometric catalogue // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.—1998.—129, N 3.—P. 431—433.
5. Houk N., Smith-Moore M. Michigan catalogue of two-dimensional spectral types for the HD stars. — Michigan Spectral Survey, 1988.—Vol. 4: -26 to -12 degrees.
6. Krautter J. The distribution of the interstellar dust in the galactic plane within 3 kpc // Astron. and Astrophys.—1980.—89, N 1-2.—P. 74—79.
7. Kupka F., Piskunov N. E., Ryabchikova T. A. et al. VALD-2: Progress of the Vienna Atomic Line Data Base // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.—1999.—138, N 1.—P. 119.
8. Kurucz R. L. Atlas 9 stellar atmosphere programs and 2 km/s grid. — Cambridge: Smithsonian Astrophys. Observ., 1993.—CD-ROM N 13.



9. *Kurucz R. L.* Opacities for stellar atmospheres: Abundance sampler. — Cambridge: Smithsonian Astrophys. Observ., 1993.—CD-ROM N 14.
10. *Lucke P. B.* The distribution of color excesses and interstellar reddening material in the solar neighborhood // *Astron. and Astrophys.*—1978.—**64**, N 3.—P. 367—377.
11. *Maitzen H. M., Vogt N.* Photoelectric photometry of peculiar and related stars. II.  $\Delta\alpha$ -photometry of 339 southern Ap-stars // *Astron. and Astrophys.*—1983.—**123**, N 1.—P. 48—60.
12. *Masana E., Jordi C., Maitzen H. M., Torra J.* CP2 stars as viewed by the  $H\beta$  system // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1998.—**128**, N 2.—P. 265—275.
13. *Piskunov N. E., Kupka F., Ryabchikova T. A. et al.* VALD: The Vienna Atomic Line Data Base // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1995.—**112**, N 3.—P. 525—535.
14. *Renson P., Gerbaldi M., Catalano F. A.* General catalogue of Ap and Am stars // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1991.—**89**, N 3.—P. 429—434.
15. *Star catalog with positions and proper motions of 258.997 stars for the epoch and equinox 1950.0* / Smithsonian Astrophysical Observatory Staff. — Smithsonian Institution, 1966.
16. *The Hipparcos and Tycho Catalogues.* — ESA, 1997; ESA SP-1200.
17. *Tsybal V.* STARS: A software system for the analysis of the spectra of normal stars // *ASP Conf. Ser.*—1996.—**108**.—P. 198—199.

Поступила в редакцию 24.01.02