

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕР МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗВЕЗД

II. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АТМОСФЕР ЗВЕЗД β CrB, 68 Tau, 49 Ari МЕТОДОМ КРИВЫХ РОСТА

К. И. Козлова

Приводятся результаты анализа атмосфер звезд β CrB, 68 Tau, 49 Ari методом кривых роста. Определены турбулентные скорости, температуры возбуждения и ионизации, электронные плотности и относительное содержание элементов.

Results are given of a curve-of-growth analysis of the atmospheres of the stars β CrB, 68 Tau and 49 Ari. The turbulent velocities, excitation and ionization temperatures, electron densities, and abundances of elements are determined.

Статья является продолжением исследования [1] металлических звезд, выполняемого по спектрограммам с дисперсией 15 Å/мм. Методика обработки та же, что в работах [1—3]. Описание наблюдательного материала и методики обработки наблюдений дается в работе [1]. Задача данной работы состоит в проведении количественного анализа атмосфер промежуточной звезды β CrB и двух металлических звезд 68 Tau, 49 Ari методом кривых роста и в определении относительного содержания элементов в их атмосферах.

Звезда β CrB исследовалась многими авторами: изучался непрерывный спектр [4—8], отождествлялись линии по спектрам с большой дисперсией [9], проводился количественный анализ атмосферы [10, 11], изучались линии лития [12, 13] и др. У звезд 68 Tau и 49 Ari ранее изучался непрерывный спектр [4—6], у 68 Tau отождествлялись спектральные линии по спектрограммам с большой дисперсией [14].

В табл. 1 приведены некоторые данные об исследуемых звездах.

В табл. 2 даны результаты измерений спектрограмм и отождествления спектральных линий, использовавшихся при построении кривых роста,

ТАБЛИЦА 1
Данные об исследуемых звездах

Звезда	Номер по HD	m_p	Sp (K) [1, 2]	$v \sin i$, км/сек.	Исследуемая область спектра, Å	Число использованных спектрограмм
β CrB	137909	3 ^m 7	F0.0	28	4620—3758	4
68 Tau	27962	4.2	A2.7	18	4622—3730	4
49 Ari	18769	5.9	A7.2	—	4418—3809	4

ТАБЛИЦА 2

Эквивалентные ширины $\lg(W_\lambda/\lambda \cdot 10^6)$ отождествленных линий

Длина волны, Å	Номер мультиплета	$\lg(W_\lambda/\lambda \cdot 10^6)$			Длина волны, Å	Номер мультиплета	$\lg(W_\lambda/\lambda \cdot 10^6)$		
		β CrB	68 Tau	49 Ari			β CrB	68 Tau	49 Ari
		Fe I							
4466.57	2	—	0.99	—	4198.31	152	1.89	1.33	1.66
4427.31	2	1.82	0.60	—	4191.44	152	1.76	1.09	1.30
3930.30	4	1.72	1.39	1.65	4187.80	152	1.65	1.24	1.50
3927.92	4	1.47	1.40	1.54	4187.04	152	—	1.13	1.53
3922.91	4	1.42	1.29	1.27	3859.21	175	—	1.05	1.42
3920.26	4	1.24	1.26	1.26	3785.95	177	1.54	1.27	—
3899.71	4	1.36	1.16	1.09	3821.83	222	1.16	0.89	1.20
3895.66	4	1.42	1.24	1.17	3998.06	276	1.42	—	—
3859.91	4	1.44	1.34	1.50	3983.96	277	1.38	0.90	1.31
3824.44	4	1.51	1.43	1.55	4021.87	278	—	0.98	1.11
3745.90	5	—	1.62	—	3956.68	278	1.63	1.27	1.60
4152.17	18	1.57	0.76	1.08	3952.61	278	1.59	0.84	—
4139.94	18	0.89	0.94	1.04	3863.74	280	1.34	1.09	1.28
3917.18	20	1.54	—	1.15	3910.84	284	0.90	—	0.78
3865.53	20	1.35	1.40	1.30	4476.02	350	1.73	—	—
3849.97	20	1.29	1.32	1.66	4466.55	350	1.75	—	—
3840.44	20	—	1.50	—	4454.38	350	—	1.05	—
3825.88	20	1.23	1.44	1.30	4443.20	350	—	1.09	—
3820.43	20	1.47	1.42	—	4422.57	350	1.88	0.84	—
3767.19	21	—	1.51	—	4044.20	350	1.68	—	—
3763.79	21	1.45	1.67	—	4245.26	352	1.33	0.88	1.06
3758.24	21	1.67	1.67	—	4181.76	354	1.65	1.16	1.39
3876.04	22	1.10	—	—	4175.64	354	1.40	0.83	1.13
3850.82	22	1.29	0.89	1.61	4156.80	354	1.63	—	1.37
4602.94	39	—	0.95	—	4213.65	355	1.04	0.70	0.82
4592.66	39	1.56	1.30	—	4154.50	355	1.56	—	1.34
4531.15	39	—	0.70	—	4121.81	356	1.15	0.74	1.08
4415.12	41	1.80	1.37	1.66	4134.68	357	1.32	0.94	1.14
4404.75	41	1.74	0.97	1.55	4062.45	359	1.58	0.85	1.25
4383.55	41	1.87	1.51	1.81	4044.61	359	—	0.71	1.14
4294.13	41	1.36	1.37	1.31	3935.82	362	—	1.24	1.27
4325.77	42	1.75	—	—	3942.44	364	1.28	0.91	1.33
4307.91	42	1.80	1.41	1.66	4367.58	414	1.77	1.12	—
4271.76	42	1.58	1.45	1.69	4365.90	415	1.11	—	—
4250.79	42	1.61	—	1.30	4239.74	416	1.50	0.72	1.15
4202.03	42	1.45	1.35	1.46	4219.41	419	1.22	1.03	1.26
4147.67	42	1.36	0.74	1.19	3903.90	429	1.32	0.93	—
4143.87	43	1.58	—	1.60	3871.75	429	0.98	0.92	1.00
4132.06	43	1.84	1.33	—	3918.64	430	1.58	1.18	1.54
4071.74	43	1.51	1.33	1.40	4270.91	482	—	0.87	0.51
4045.82	43	1.82	1.53	1.69	4267.83	482	0.90	0.86	0.47
4005.25	43	1.80	—	1.26	4006.63	488	1.08	—	1.14
3902.95	45	1.40	—	—	3867.22	488	0.97	0.81	0.84
3815.84	45	1.72	1.40	1.65	4298.04	520	1.22	0.70	0.93
4528.62	68	1.87	1.35	—	4017.16	527	1.52	0.80	1.09
4494.57	68	1.74	1.13	—	4607.66	554	1.58	1.05	—
4459.12	68	1.71	1.29	—	4504.84	555	1.00	—	—
4447.72	68	1.56	0.65	—	4080.87	557	1.22	—	0.87
4442.34	68	1.48	0.85	—	4080.23	558	1.27	—	1.03
4430.62	68	—	0.80	—	4076.64	558	1.73	0.96	1.75
4315.09	71	—	1.38	1.64	4073.76	558	1.16	0.50	0.99
4282.40	71	1.37	—	1.31	4070.77	558	1.44	0.98	1.36
4009.72	72	1.20	0.68	1.06	4085.31	559	1.60	—	1.06
3852.57	73	0.92	0.72	0.97	3947.00	561	1.22	—	1.19
4271.16	152	1.50	1.20	1.42	3955.35	562	1.34	—	1.22
4260.48	152	1.71	1.40	1.53	4285.45	597	1.08	0.73	0.97
4250.12	152	1.60	1.19	1.52	3947.78	604	1.43	0.90	1.19
4222.22	152	1.26	0.99	1.21	3805.35	608	0.92	—	—
					3765.54	608	—	1.47	—
					4040.65	655	1.05	—	—

Т А Б Л И Ц А 2 (продолжение)

Длина волны, Å	Номер мультиплета	lg (W _λ /λ · 10 ⁶)			Длина волны, Å	Номер мультиплета	lg (W _λ /λ · 10 ⁶)		
		β CrB	68 Tau	49 Ari			β CrB	68 Tau	49 Ari
4464.68	22	1.85	1.16	—	4434.96	4	1.67	0.98	—
4265.92	23	0.78	—	0.40	4425.44	4	1.40	0.88	—
4239.72	23	1.50	0.72	—	4318.65	5	1.23	0.66	0.66
4235.14	23	—	0.86	1.10	4302.53	5	1.61	1.19	1.39
4462.02	28	1.79	1.17	—	4298.97	5	1.74	1.19	1.30
4458.26	28	1.60	0.78	—	4283.01	5	—	1.04	1.03
4457.55	28	1.25	0.62	—	4585.92	23	1.56	—	—
4457.05	28	1.40	—	—	4581.41	23	1.65	0.86	—
4052.47	48	1.50	—	1.04	4578.56	23	1.36	—	—
					4526.94	36	—	0.81	—
		Mg I					Co I		
3838.29	3	—	—	1.23	3909.93	3	0.96	0.68	0.79
3829.36	3	1.51	—	0.80	3906.29	17	1.62	1.14	1.53
4167.27	15	1.39	—	1.40	3957.93	18	1.30	0.90	1.15
		Mg II					Si I		
4428.00	9	1.54	—	—	3873.95	18	1.88	0.95	0.93
4390.59	10	1.76	—	1.30	4110.53	29	1.66	—	—
4013.80	22	1.25	—	0.80	3995.31	31	1.35	—	1.11
		V I					Si II		
4444.21	21	1.71	1.44	—	3997.90	32	1.42	1.25	1.42
4408.51	22	1.66	0.73	1.32	3845.47	34	1.17	1.02	1.38
4406.64	22	1.64	—	0.96	3898.48	58	1.24	—	1.54
4379.24	22	0.95	0.77	1.00	4543.81	142	1.28	1.04	—
4132.02	22	1.88	1.33	1.42	4533.98	150	1.95	1.60	—
4309.60	28	0.66	0.94	1.30	4471.55	150	1.67	1.05	—
4407.64	51	1.50	0.76	1.03			Si I		
4232.46	111	1.07	—	1.15	3905.53	3	1.29	1.47	1.55
4298.03	120	1.22	0.70	1.15			Si II		
		V II					Ce II		
4002.94	9	1.39	0.83	1.03	3862.59	1	0.84	1.48	1.23
3916.42	10	—	1.20	1.46	3856.02	1	1.53	1.68	1.65
4178.39	25	1.71	—	0.80	3853.66	1	1.33	1.08	1.15
4039.57	32	1.18	—	1.00	4130.88	3	1.58	1.42	1.44
4023.39	32	0.50	1.02	1.12	4128.05	3	1.82	1.40	1.45
4005.71	32	1.28	0.87	1.65			Ce II		
4528.51	56	1.87	1.36	—	4562.36	1	—	0.86	—
		Zr II					Nd II		
4258.05	15	1.58	1.22	1.01	4306.72	1	1.29	0.87	1.30
4211.90	15	1.06	—	0.67	4560.96	2	1.38	0.69	—
4156.24	29	—	—	1.42	4418.78	2	1.64	1.30	—
3991.14	30	1.22	0.70	1.14	4560.28	8	1.46	—	—
4208.99	41	1.42	0.85	1.20	4142.40	10	1.44	0.70	1.17
4149.22	41	1.18	1.16	1.15	4014.90	157	1.22	0.85	0.91
4150.97	42	1.24	—	—	4015.88	256	1.00	1.01	—
4050.32	43	0.92	—	—			Nd II		
4179.81	99	1.70	—	—	4412.26	9	1.65	0.63	1.66
		Ca I					Gd II		
4226.73	2	1.62	1.40	1.58	4303.57	10	—	—	1.30
4455.89	4	1.56	—	—	4061.08	10	0.96	0.60	0.73
4454.78	4	1.83	1.20	—	4246.88	14	1.71	0.78	1.20
4435.69	4	1.97	0.81	—	4133.36	19	1.29	0.72	—
					3780.39	19	1.09	1.04	—
							Gd II		
					4322.20	15	—	0.87	—
					4251.73	15	1.21	—	0.80

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Длина волны, Å	Номер мультиплетта	lg (W _λ /λ · 10 ⁶)			Длина волны, Å	Номер мультиплетта	lg (W _λ /λ · 10 ⁶)		
		β CrB	68 Tau	49 Ari			β CrB	68 Tau	49 Ari
4390.95	32	1.84	—	1.71:					
4597.91	44	—	0.81	—					
		La II							
3921.54	40	—	0.68	0.99					
4238.38	41	1.38	0.74	1.21					
4025.87	42	—	0.69	—					
4286.97	75	0.92	0.64	0.90					
		Sr II							
4215.52	1	1.82	1.52	1.64					
4077.71	1	1.89	1.60	1.75					
4161.80	3	1.70	0.91	1.31					
		Y II							
4398.02	5	1.56	0.89	1.15:					
4309.62	5	1.63	1.18	1.31					
4199.27	5	—	1.16	1.48					
3982.59	6	1.40	—	—					
3950.36	6	1.14	1.10	1.40					
3818.74	7	—	0.70	—					
3788.70	7	—	1.05	—					
4177.54	14	1.59	—	1.58					
		Al I							
3961.52	1	1.09	—	0.56:					
3944.01	1	1.44	1.46	1.58					
		Eu II							
4205.05	1	1.91	0.97	1.11					
4129.73	1	1.87	—	1.25					
4435.58	4	1.97	0.81	—					
3930.50	5	—	—	1.32:					
		Sc II							
4246.83	7	1.71	0.78	1.29					
3989.06	8	1.01	—	1.00					
4374.46	14	1.58	—	1.78					
4354.61	14	—	—	1.25					
4325.01	15	1.56	0.85	1.39					
4320.75	15	1.75	1.08	1.08					
4314.08	15	1.66	—	1.37					
4294.80	15	0.86	—	1.25					
		Ni I							
4604.99	98	1.35	0.95	—					
		Sm II							
3871.79	18	0.98	0.92	1.54					
4577.69	23	—	0.93	—					
4064.58	24	—	0.85	1.30					
4424.34	45	1.78	0.69	—					
4280.79	46	1.51	0.78	0.71					
		Ba II							
4554.00	1	1.74	1.43	—					

определении температур возбуждения и ионизации и при оценках относительного содержания элементов в атмосферах исследуемых звезд.

Для звезд β CrB и 68 Tau строились три кривые роста: по Fe I, по нейтральным и по ионизованным элементам, а для 49 Ari — ввиду меньшего числа измеренных линий — одна общая кривая. В качестве теоретической кривой роста использовалась кривая Унзоляда; силы осцилляторов брались те же, что в [1—3].

ТАБЛИЦА 3

Турбулентные скорости v_t (км/сек.) для исследуемых звезд

Элементы	β CrB	68 Tau	49 Ari
Fe I	4.5	3.0	} 4.8
Нейтральные	4.5	3.0	
Ионизованные	6.0	3.5	
Среднее	5.0	3.2	4.8

Полученные по кривым роста значения турбулентных скоростей (средних хаотических) приведены в табл. 3.

Оценка температур возбуждения (T_v) производилась обычным образом: по кривым роста определялось общее число поглощающих атомов в атмосфере ($lg N_i/g_i$), затем строились зависимости $lg N_i/g_i$ от потенциала возбуждения нижнего уровня (ϵ_i), по которым находились значения величин $\theta_v = \frac{5040^\circ}{T_v}$ (см. [1]). Полученные значения T_v приведены в табл. 4. На рис. 1 и 2 в качестве примера показаны кривые ро-

ста, а также зависимости $\lg N_i/g_i$ от ϵ_i для элементов Fe I, Fe II, Cr I, Cr II, Ti I, Ti II у звезды β CrB.

ТАБЛИЦА 4

Температуры возбуждения T_v (°K)

Элемент	β CrB	68 Tau	49 Ari	Элемент	β CrB	68 Tau	49 Ari
Fe I	5700	6200	5900	Ti II	5800	6600	5700
Fe II	5900	6700	6300	Mn I	6300	7800	6100
Cr I	5300	7100	6100	Ca I	5800	5600	—
Cr II	5500	7200	6000	Si II	9600	10000	9700
Ti I	5200	6900	6300	La II	—	6200	—

Электронные плотности в атмосферах звезд определялись по линиям серии Бальмера, центральные глубины и эквивалентные ширины (W_λ) которых приводятся в табл. 5. Вероятная относительная ошибка определений W_λ составляет в среднем около 2.5% для H_5-H_9 и около 8% для $H_{10}-H_{17}$.

ТАБЛИЦА 5

Центральные глубины R_0 и эквивалентные ширины W_λ (Å) измеренных водородных линий

Линия	Длина волны, Å	β CrB		68 Tau		49 Ari	
		R_0	W_λ	R_0	W_λ	R_0	W_λ
H_5	4340.47	0.79	16.1	0.87	18.9	0.90	20.0
H_6	4101.74	0.86	17.8	0.85	18.3	0.86	19.2
H_7	3970.07	0.78	15.6	0.84	17.0	0.88	19.2
H_8	3889.05	0.70	9.0	0.76	14.0	0.85	15.6
H_9	3835.98	0.74	9.2	0.78	12.3	0.85	12.2
H_{10}	3797.90	0.69	6.0	0.78	10.2	0.80	10.0
H_{11}	3770.63	0.60	4.1	0.71	7.1	0.76	8.0
H_{12}	3750.15	0.53	2.8	0.65	5.2	0.70	6.3
H_{13}	3739.97	0.48	2.8	0.58	2.8	—	—
H_{14}	3721.94	0.43	1.7	0.34	1.5	—	—
H_{15}	3711.97	0.34	1.1	0.28	1.5	—	—
H_{16}	3703.86	0.35	0.9	0.22	0.8	—	—
H_{17}	3697.15	0.33	0.5	—	—	—	—
H_{18}	3691.55	0.23	0.6	—	—	—	—

Значения $\lg n_e$ определялись методом Инглиса—Теллера [15] и модифицированным методом Унзо́льда * с учетом всех необходимых поправок [16]. Результаты этих определений таковы:

Метод	β CrB	68 Tau	49 Ari
Инглиса—Теллера	13.00	12.94	—
Унзо́льда	14.22	14.25	14.30

Температуры ионизации (T_{ii}) вычислялись по комбинации формул Больцмана и Саха (см. [1—3]). Полученные значения T_{ii} даны в табл. 6.

* Как известно, у звезд более поздних, чем F0, водородные линии являются мало чувствительным критерием для определения электронной плотности; мы использовали метод Унзо́льда применительно к β CrB для сохранения единства методики.

Нами проведено определение относительного содержания отдельных элементов ($\lg N_r$) для исследуемых звезд и стандартной звезды 2 Нуга, результаты которого приводятся в табл. 7, где неуверенные значения от-

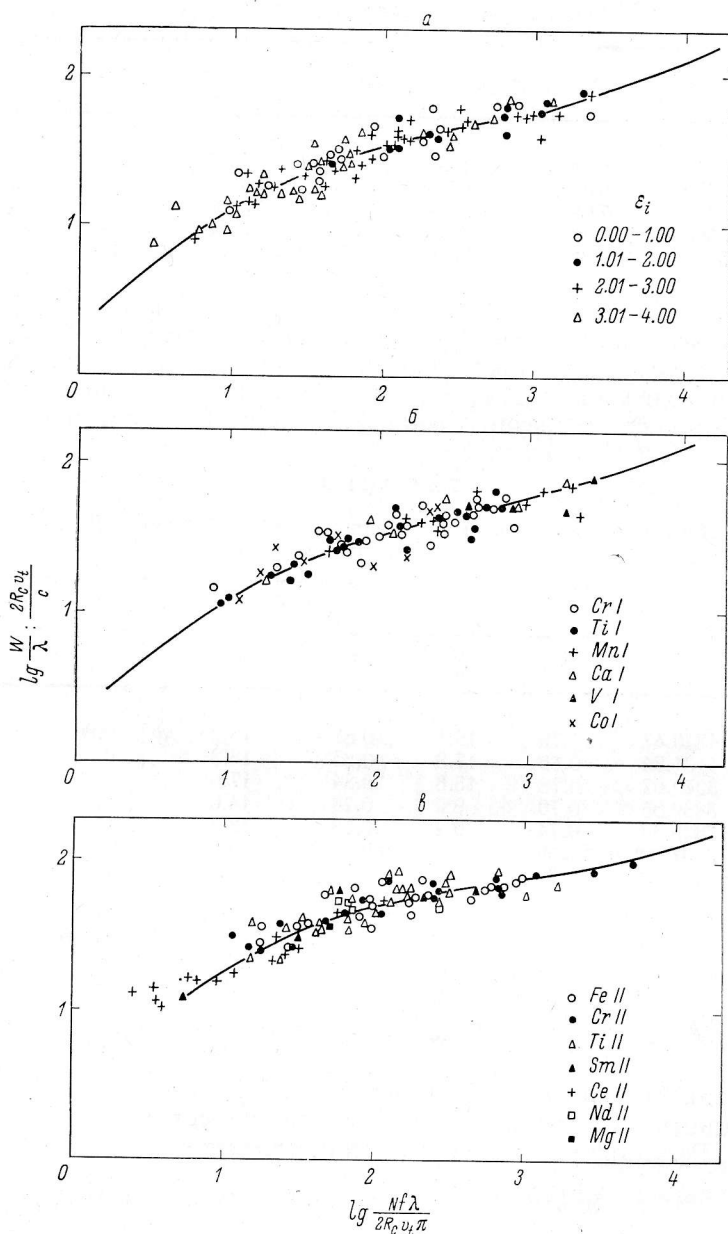


Рис. 1. Кривые роста для звезды β СгВ.

а — по Fe I, б — по нейтральным элементам, в — по ионизованным элементам.

мечены двоеточием, а значения, полученные с помощью формулы Саха, — скобками. При получении величины $\lg N_r$ было достаточно учитывать лишь две соседние стадии ионизации; суммы по состояниям брались из [18]. Сравнение относительных содержаний элементов для каждой исследуемой

звезды с таковыми для стандартной звезды 2 Нуа показано на рис. 3 и в табл. 7, где даны величины

$$[N_{\text{элемент}}/\text{Fe}] = \lg(N_r/N_{\text{Fe}})_{\text{зв}} - \lg(N_r/N_{\text{Fe}})_{\text{станд}}$$

(N_r/N_{Fe}) — отношение числа атомов рассматриваемого элемента к числу атомов железа. Для Ва и более тяжелых элементов проводилось сравнение со средним космическим содержанием по числу атомов [19]; на рис. 3 эти значения нанесены большими темными кружками. Химический состав стандартной звезды 2 Нуа был определен Н. М. Чунаковой по данным [3] при помощи той же методики. Звезда 2 Нуа по химическому составу оказалась типичной нормальной звездой класса А7. Содержание железа,

ТАБЛИЦА 6

Температуры ионизации $T_{\text{и}}$ (°К)			
Элемент	β CrB	68 Tau	49 Ari
Fe	7900	8100	8600
Cr	6000	6500	6000
Ti	5600	6700	5100

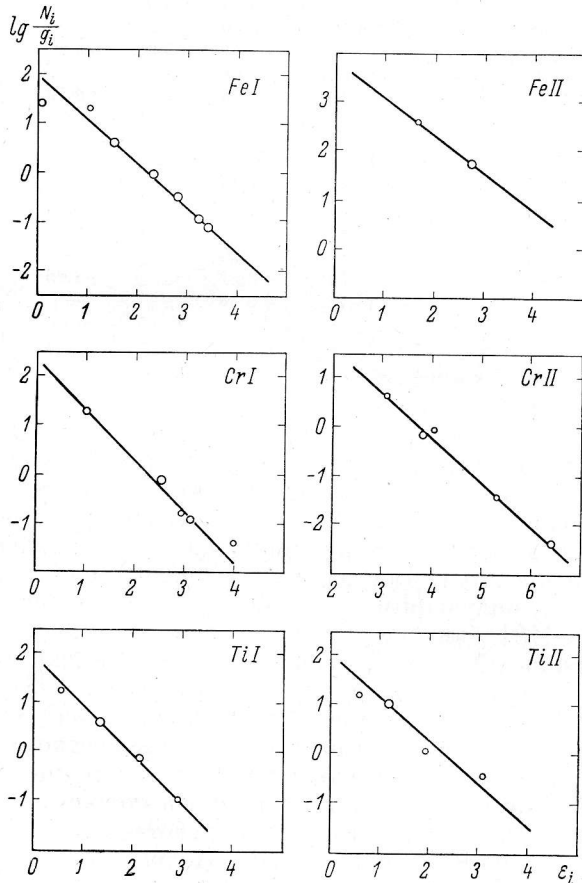


Рис. 2. К определению температур возбуждения ($T_{\text{в}}$) для звезды β CrB.

Размеры кружков характеризуют число линий, вошедших в среднее (большой — 20, средний — 10, малый — 2).

полученное по линиям Fe I, совпадает здесь с содержанием, полученным по Fe II; отношения Ti/Fe, Cr/Fe и Mn/Fe нормальны [20].

Как показано в [20], относительное содержание элементов может считаться нормальным, если значение $[N_{\text{элемент}}/\text{Fe}]$ остается по модулю меньше,

Т А Б Л И Ц А 7

Относительное содержание некоторых элементов для исследуемых звезд и стандартной звезды 2 Нya

Элемент	β CrB			68 Tau		49 Ari		2 Нya	
	$\lg N_r$	$[N_{\text{элемент}}/\text{Fe}]$	$[N_{\text{элемент}}/\text{Fe}]$ по [20]	$\lg N_r$	$[N_{\text{элемент}}/\text{Fe}]$	$\lg N_r$	$[N_{\text{элемент}}/\text{Fe}]$	$\lg N_r$	$\lg (N_r/N_{\text{Fe}})$
Mg	18.00	+0.40	—	17.10	-0.14	17.10	-0.25	16.55	-0.85
Al	16.40	-0.65	—	15.70:	-0.99	16.12	-0.68	(16.00)	-1.40
Si	18.20	-0.30	-0.36	17.70	-0.44	17.94	-0.31	17.45	+0.05
Ca	(17.40)	-0.55	-0.03	(15.90)	-1.69	(16.29)	-1.41	(16.90)	-0.50
Sc	15.93	+0.12	+0.54	13.90	-1.79	14.70	-1.10	15.00	-2.40
Ti	17.00	+0.10	-0.07	16.08	-0.66	16.21	-0.65	15.25	-2.15
V	16.00	+0.15	—	14.75	-0.74	15.00	-0.60	14.80	-2.60
Cr	17.30	+0.75	+0.20	15.75	-0.44	15.60	-0.70	15.50	-1.90
Mn	(16.30)	-0.10	+0.62	(15.20)	-0.84	(15.62)	-0.53	(15.35)	-2.05
Fe	18.45	0.00	0.00	18.09	0.00	18.20	0.00	17.40	0.00
Co	16.13	-0.32	—	15.65	-0.44	15.93	-0.27	(15.40)	-2.00
Ni	(17.94)	+0.49	—	(16.04)	-1.05	—	—	(16.40):	-1.00
Sr	16.35	+0.50	+0.63	14.44	-1.05	15.21	-0.40	14.80	-2.60
Y	14.70	—	—	14.41	—	14.71	—	—	—
Zr	16.14	+0.59	—	14.40	-0.79	14.73	-0.57	14.50	-2.90
Ba	15.20	+1.85	—	13.90	+0.55	—	—	14.20:	-3.20
La	14.95	+2.20	—	14.07	+1.68	14.15	+1.65	13.90	-3.50
Ce	15.19	+2.14	—	13.68	+1.00	14.56	+1.40	—	—
Nd	—	—	—	14.67	+1.78	14.06	+1.26	—	—
Sm	—	—	—	14.50	+1.20	—	—	—	—
Eu	15.80	+3.85	>+2.70	14.00:	+2.41	13.45	+1.85	—	—
Gd	15.44	+3.40	—	14.77	+2.58	—	—	—	—

чем 0.5. Поэтому будем считать реальными лишь те отклонения, которые превышают указанную величину.

Из рис. 3 видно, что в промежуточной звезде β CrB содержание редкоземельных элементов повышено приблизительно в 200 раз по сравнению со средним космическим содержанием; элементы Cr, Ni, Sr, Zr показывают избыток (примерно в 3—5 раз), а Ca и Al — дефицит; в отношении остальных элементов химический состав нормален. Для сравнения на рис. 3 нанесены светлыми кружками данные по относительному содержанию элементов в β CrB, полученные Вольфом [20], который использовал силы осцилляторов из [18], близкие к нашей системе, и находил для отдельных элементов величины $[N_{\text{элемент}}/\text{Fe}]$, взяв в качестве стандарта среднее относительное содержание для пяти нормальных звезд. Можно видеть, что согласие вполне удовлетворительное, и это также может характеризовать точность нашего определения относительного химического состава.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что по относительному химическому составу β CrB является не промежуточной, а типичной пекулярной Ар-звездой группы Sr—Eu—Cr. В работах [21, 22] также отмечалось, что по химическому составу β CrB подобна Ар-звездам, в частности звезде HD 133029.

Относительное содержание элементов в металлических звездах 68 Tau и 49 Ari во многом сходно. По сравнению со средним космическим содержанием обе звезды обнаруживают избыток редкоземельных элементов и недостаток элементов Al, Si, Ti, V, Cr, Co и Zr и имеют дефицит Ca и Sc в 13—15 раз. Кроме того, у 68 Tau наблюдается дефицит Ni и Sr примерно в 12 раз и избыток Ba. Недостаток большинства элементов у 68 Tau и 49 Ari может получиться также в том случае, если Fe содержится в избытке.

Полученные результаты определения химического состава 68 Тау и 49 Аг1 согласуются с известным свойством металлических звезд [23], которое состоит в том, что тяжелые и редкоземельные элементы, а также Ва и Fe у них всегда в избытке, а содержание элементов Са и Sc понижено от 2 до 30 раз.

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы: 1) по относительному содержанию элементов β CrB значительно отличается от металлических звезд;

2) β CrB является типичной пекулярной Ар-звездой группы Sr—Eu—Cr, у которой содержание Sr, Cr и редкоземельных элементов повышено, Са — понижено, а содержание Sc, Ti, Mn — нормально;

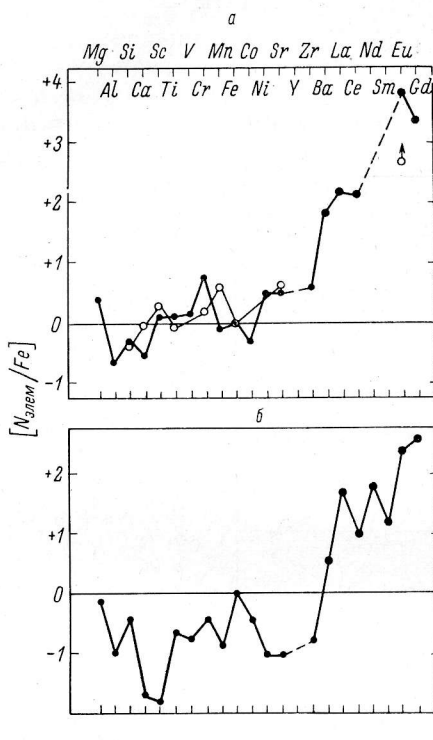


Рис. 3. Содержание элементов по отношению к железу у звезд β CrB (а), 68 Тау (б) и 49 Аг1 (в).

3) 68 Тау и 49 Аг1 — типичные металлические звезды с пониженным содержанием Са, Sc и избытком редкоземельных элементов, а также, вероятно, и железа.

Автор выражает благодарность И. В. Ушмаевой за помощь при обработке наблюдательного материала, С. В. Рублеву и Ю. В. Глаголевскому за просмотр рукописи и ценные замечания.

Литература

1. К. И. Козлова, *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), **3**, 83, 1971.
2. Ю. В. Глаголевский, *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), **3**, 62, 1971.
3. Ю. В. Глаголевский, Н. М. Чунакова, *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), **3**, 70, 1971.
4. К. И. Козлова, *Изв. АН КазССР, Сер. Астрофизика*, **17**, 41, 1964.
5. Ю. В. Глаголевский, *Изв. АН КазССР, Сер. Астрофизика*, **16**, 40, 1963.
6. C. Veer-Menniger, *Ann. Astrophys.*, **26**, 289, 1963.
7. D. Barbier et D. Chalonge, *Ann. Astrophys.*, **4**, 1, 1941.
8. Т. Н. Кузнецова, *Изв. Глав. астр. обс. в Пулкове*, **24**, № 180, 102, 1966.
9. W. A. Hiltner, *Astrophys. J.*, **102**, 438, 1945.
10. M. Nass, *Mem. Soc. astr. ital.*, **29**, 263, 1958.
11. *Abundance determination in stellar spectra*. London—New York, 1966, pp. 232, 247.

12. R. Rosanna, M. Nask, Mem. Soc. astr. ital., 34, 233, 1963.
13. Н. С. Полосухина, Астр. цирк, № 549, 1, 1970.
14. K. O. Wright et al., Publ. Dom. astrophys. Obs., Victoria, 12, No. 7, 173, 1964.
15. И. М. Копылов, Изв. Крымск. астрофиз. obs., 26, 232, 1966.
16. И. М. Копылов, Изв. Крымск. астрофиз. obs., 35, 11, 1966.
17. И. М. Копылов, Изв. Крымск. астрофиз. obs., 30, 69, 1963.
18. Ч. Корлис, У. Бозман. Вероятности переходов и силы осцилляторов 70 элементов. Изд-во «Мир», М., 1968.
19. Р. У. Аллен. Астрофизические величины. М., 1960, стр. 41—44.
20. S. C. Wolf, Astrophys. J. Suppl. Ser., 15, No. 134, 21, 1967.
21. L. W. Sargent, A. Rev. Astr. Astrophys., 2, 297, 1964.
22. M. Nask, Vistas in Astronomy, 7, 107, 1965.
23. M. Nask, Sky Telesc., 36, No. 2, 92, 1968.

Ноябрь 1970 г.
