

УДК 524.316.1-36

Содержание элементов в атмосферах К-гигантов 9 Волопаса и ρ Волопаса

М. Е. Боярчук, М. Я. Орлов, А. В. Шаврина

По спектрограммам с дисперсией 0.6 нм/мм методом моделей атмосфер определены содержания элементов в атмосферах двух К-гигантов: 9 Boo и ρ Boo. В атмосфере 9 Boo содержания магния, алюминия, кремния, скандия, кальция, титана, железа, кобальта, никеля, бария близки к солнечному. Обнаружены избытки натрия (+0.5 dex), ванадия (+0.4 dex), хрома (+0.4 dex) и дефицит марганца (-0.4 dex). Атмосфера ρ Boo характеризуется небольшим дефицитом содержания исследованных элементов (в среднем -0.2 dex).

THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE ATMOSPHERES OF K GIANTS 9 BOOTIS AND ρ BOOTIS, by Boyarchuk M. E., Orlov M. Ya., Shavrina A. V.— The abundances of chemical elements in the atmospheres of K giants 9 Boo and ρ Boo are determined from the high-dispersion spectrograms by the method of model atmospheres. For 9 Boo the abundances of Mg, Al, Si, Sc, Ca, Ti, Fe, Co, Ni, Ba are nearly the same as the solar ones. Na, V and Cr are overabundant (+0.5, +0.4, +0.4 dex, respectively) and Mn is underabundant (-0.4 dex). The atmosphere of ρ Boo is characterized by the deficiency of elements studied (-0.2 dex on the average).

Звезда 9 Boo=HD 121 710 — один из немногих К-гигантов с высоким содержанием лития [3]. Для определения содержания других элементов в ее атмосфере мы выполнили детальный анализ спектрограмм с дисперсией 0.6 нм/мм, полученных в фокусе куде 2.6-м телескопа Крымской астрофизической обсерватории АН СССР (пластинки Kodak 103aF, 103aD, 103aO, $\lambda\lambda$ 680—470 нм). Звезда отнесена к спектрально-

Таблица 1. Характеристики 9 Boo и ρ Boo

Характеристика	9 Boo	ρ Boo
α_{1950}	13 ^h 54.3 ^m	14 ^h 29.7 ^m
δ_{1950}	+27°44'	+30°35'
l^{II}	38.12°	47.30°
b^{II}	75.54°	67.81°
Sp	K3 III	K3 III
V	5.00	3.57
B - V	+1.44	+1.28
U - V	+1.72	+1.43
I - K	+1.51	+1.36
R - I	+0.76	+0.65
M_V	+0.1	-0.1

му классу K3 III, но в [3] отмечается, что она может быть более позднего (K4) подкласса. Это несколько ограничивает выбор линий, свободных от молекулярного блендирования. Для сравнения мы исследовали спектрограммы звезды ρ Boo=HD 127 665 (K3 III) с такой же дисперсией, что и для 9 Boo. Всего измерено девять спектрограмм 9 Boo и семь спектрограмм ρ Boo. Оказалось, что ошибки определения содержания элементов для 9 Boo не превышают ошибок для ρ Boo, что свидетельствует об отсутствии влияния блендирования молекулярными линиями в атмосфере первой, более холодной звезды на эквивалентные ширины выбранных атомных линий. Некоторые характеристики 9 Boo и ρ Boo приведены в табл. 1. Измерены эквивалентные ширины примерно 400 линий в спектре каждой звезды*. Использовались значения сил осцилляторов в системе сводных данных Крымской астрофизической обсерватории.

Анализ проводился методом моделей атмосфер. Параметры моделей выбирались так же, как и в [1]. На основании литературных данных [3, 6] мы приняли эффективную температуру 4000 К для 9 Boo и 4200 К для ρ Boo. Чтобы выбрать значение ускорения силы тяжести

* Список линий с эквивалентными ширинами может быть предоставлен заинтересованным специалистам.

на поверхности звезды g , мы рассчитали содержания железа, скандия, титана, хрома по линиям нейтральных и ионизованных атомов для ряда значений $T_{\text{эф}}$ и $\lg g$. Оказалось, что при выбранных значениях $T_{\text{эф}}$ ионизационное равновесие не описывается при разумных значениях $\lg g$, соответствующих массе звезды $M > 0.5 M_{\odot}$. При увеличении $T_{\text{эф}}$ до 4200 К для ρ Boo и 4400 К для 9 Boo ионизационному равновесию соответствует $\lg g = 1.5$ для обеих звезд. С найденными величинами $T_{\text{эф}}$ и $\lg g$ для разных значений микротурбулентной скорости ξ_t в пределах 2.0—3.5 км/с рассчитаны содержания железа по 120—130 линиям Fe I и выбраны $\xi_t = 2.3$ км/с для 9 Boo и $\xi_t = 2.0$ км/с для ρ Boo, при которых нет заметной зависимости содержания от эквивалентной ширины.

Таблица 2. Содержание элементов в атмосферах 9 Boo и ρ Boo

Z	Элемент	9 Boo		ρ Boo		
		Количество линий, стадия ионизации	[9 Boo/ \odot]	Количество линий, стадия ионизации	[ρ Boo/ \odot]	
					Настоящая работа	[6]
11	Na	6, I	+0.48	6, I	-0.08	—
12	Mg	2, I	-0.17	3, I	+0.03	—
13	Al	2, I	+0.14	2, I	-0.21	—
14	Si	12, I	0.00	10, I	-0.49	—
20	Ca	21, I	-0.09	21, I	-0.25	—
21	Sc	9, I	+0.35	9, I	+0.02	-0.1
22	Ti	11, II	+0.17	11, II	-0.10	-0.4
		28, I	+0.03	33, I	-0.29	-0.3
23	V	6, II	+0.19	13, II	-0.04	-0.4
		34, I	+0.42	36, I	+0.07	-0.1
24	Cr	18, I	+0.34	25, I	-0.12	-0.2
25	Mn	4, II	+0.63	7, II	+0.02	0.0
		8, I	-0.39	8, I	-0.42	-0.4
26	Fe	122, I	-0.03	129, I	-0.30	-0.5
		14, II	+0.07	18, II	-0.42	-0.5
27	Co	11, I	-0.19	11, I	-0.46	-0.3
28	Ni	41, I	+0.22	45, I	-0.16	-0.6
56	Ba	4, II	+0.16	5, II	-0.05	-0.2

Расчеты моделей атмосфер проводились по программам SAM1C [4] с учетом конвекции (параметр $l=1.5$) и молекулярного поглощения (α , γ , γ' -системы TiO, красная система CN, колебательно-вращательные полосы H₂O, CO, OH, вращательные линии H₂O). Влияние атомных линий не учитывалось, что не должно привести к заметным систематическим различиям при определении химического состава атмосфер исследуемых звезд. Это подтверждается сравнением результатов расчета содержания элементов по моделям SAM1C и известным моделям Джонсона с $T_{\text{эф}}=4000$ К (солнечный химический состав) и $T_{\text{эф}}=4250$ К (дефицит металлов около 0.6 dex).

Расчеты содержания элементов выполнялись по программам WIDTH5, WIDTH6, основанным на программе ATLAS [5]. Как и в [1], учитывалось затухание вследствие столкновений с постоянной γ_6 Ван-дер-Ваальса, увеличенной в 1.4 раза [2]. Для линий Co I и Mn I мы учли влияние сверхтонкой структуры, используя значения $\Delta\lambda_{fs}$, предоставленные Р. И. Костыком.

В табл. 2 приведены содержания элементов (относительно солнечного), определенные по линиям нейтральных и ионизованных элементов. Средние квадратичные ошибки определения содержания по линиям различных элементов составляют 0.10—0.15 dex. Учитывая возможные ошибки сил осцилляторов и измеренных эквивалентных шириин, а также несовершенство моделей атмосфер, мы оцениваем точность анализа величиной 0.2—0.3 dex.

У 9 Воо содержания магния, алюминия, кремния, скандия, кальция, титана, железа, кобальта, никеля, бария близки к солнечному. Можно говорить о реальности избытка натрия (+0.5 dex), ванадия (+0.4 dex), хрома (+0.4 dex) и дефицита марганца (—0.4 dex). Атмосфера ρ Воо характеризуется небольшим дефицитом содержания исследованных элементов (в среднем —0.2 dex), что согласуется с результатами анализа этой звезды в [6].

1. Боярчук М. Е., Орлов М. Я., Шаврина Л. В. Химический состав атмосферы К-гиганта α Ser // Астрофизика.— 1986.—25, вып. 3.— С. 429—433.
2. Костык Р. И. Постоянная затухания и поле скоростей в фотосфере Солнца.— Киев, 1981.—46 с.— (Препринт / АН УССР. Ин-т теорет. физики; ИТФ-81-20Р).
3. Хяни Л. Звезда 9 Воо — К-гигант с высоким содержанием лития // Письма в Астрон. журн.— 1984.—10, № 2.— С. 130—134.
4. Kipper T., Sitska J. Rosseland mean opacities for late-type stars // Atmospheres of late-type stars.— Tallinn, 1981.— P. 15—23.
5. Kurucz R. L. Model atmospheres for G, F, A, B and O stars // Astrophys. J. Suppl. Ser.— 1979.—40, N 1.— P. 1—340.
6. Pilachowski C. A. The chemical compositions of the mild barium stars // Astron. and Astrophys.— 1977.—54, N 2.— P. 465—474.

Крым. астрофиз. обсерватория АН СССР, Научный, Поступила в редакцию 27.10.86,
Глав. астрон. обсерватория АН УССР, Киев после доработки 09.12.86