ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗВЁЗД ТИПА δ ЩИТА НА ОСНОВЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Д. В. Иванова[1], А. И. Галеев[1,2], В. В. Шиманский[1], И. Ф. Бикмаев[1]

[1] *Казанский государственный университет, кафедра астрономии*
420008, Казань, ул. Кремлёвская, д. 18

[2] *Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет*
кафедра теоретической физики
420021, г. Казань, ул. Татарстан, д. 2
e-mail: dianai@mail.ru

Выполнено исследование выборки пульсирующих переменных звезд типа δ Щита. Определены и уточнены параметры атмосфер звёзд AO CVn, KW Aur и CP Boo на основе высокоточных спектроскопических данных. Определён химический состав этих звёзд.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках изучения фундаментальных параметров атмосфер, физических процессов и химического состава звезд различных типов нами выполняется исследование выборки пульсирующих переменных звезд типа δ Щита.

Звезды типа δ Щита (короткопериодические цефеиды) – одна из множества групп пульсирующих переменных нашей Галактики. Главная их особенность – принадлежность большинства звезд главной последовательности, также эти переменные обладают короткими периодами (0.02–0.30 сут) и очень малыми амплитудами переменности блеска (0.01–0.40 звездной величины). Прогресс в использовании современных приемников излучения привел к быстрому росту открытий новых объектов этого типа.

Таблица 1. Информация об исследуемых звёздах

HD номер	Название звезды	α_{2000}	δ_{2000}	m_V	$B-V$	Амплитуда	Период (сут.)	$V \sin i$ (км/с)	Спектр. класс
33959A	KW Aur	05 15	+32 41.3	5.01	0.22	0.08	0.0881	28	A9 IV
115604	AO CVn	13 18	+40 34.4	4.72	0.31	0.02	0.1217	15	F3 III
127986	CP Boo	14 33	+36 57.5	6.40	0.51	0.02	0.125	5*	F8 IV

* из статьи Берначча и Перинотто [5].

Звезды этот типа имеют пекулярный химический состав. Специальные исследования по определению содержаний химических элементов этих звезд проводились в 1980–1990-е годы Рачковской [11–13], позднее были проведены исследования отдельных звезд для достаточно большого числа химических элементов (Hui-Bon-Hoa [9], Erspamer and North [7], Ющенко и др. [14]). По результатам этих работ выделяют две группы короткопериодических цефеид: а) имеющие сильный избыток содержаний, достигающий 1–1.5 dex (20 CVn, δ Sct, γ Boo и др.); б) демонстрирующие химический состав, схожий с непульсирующими звездами аномального химсостава (Am-звездами), которые лежат в том же районе диаграммы Герцшпрунга–Рессела (δ Del, 44 Tau, ε Cep и т. д.) Но последние данные не указывают на очень четкое разделение звезд на две группы и возможное выделение подгруппы звезд с дефицитом содержаний элементов с номерами 20–40 (HD 127986, ρ Vir, 28 And). Но определенно говорить об особенностях химического состава и сравнении их с содержаниями элементов у Am-звезд можно будет, если будут проведены детальные исследования химического состава достаточно большого количества звезд. В настоящее время надежные определения химического состава звезд типа δ Щита есть только не более чем для 20 самых ярких объектов. Поэтому необходимо провести новое исследование с привлечением нескольких более слабых объектов.

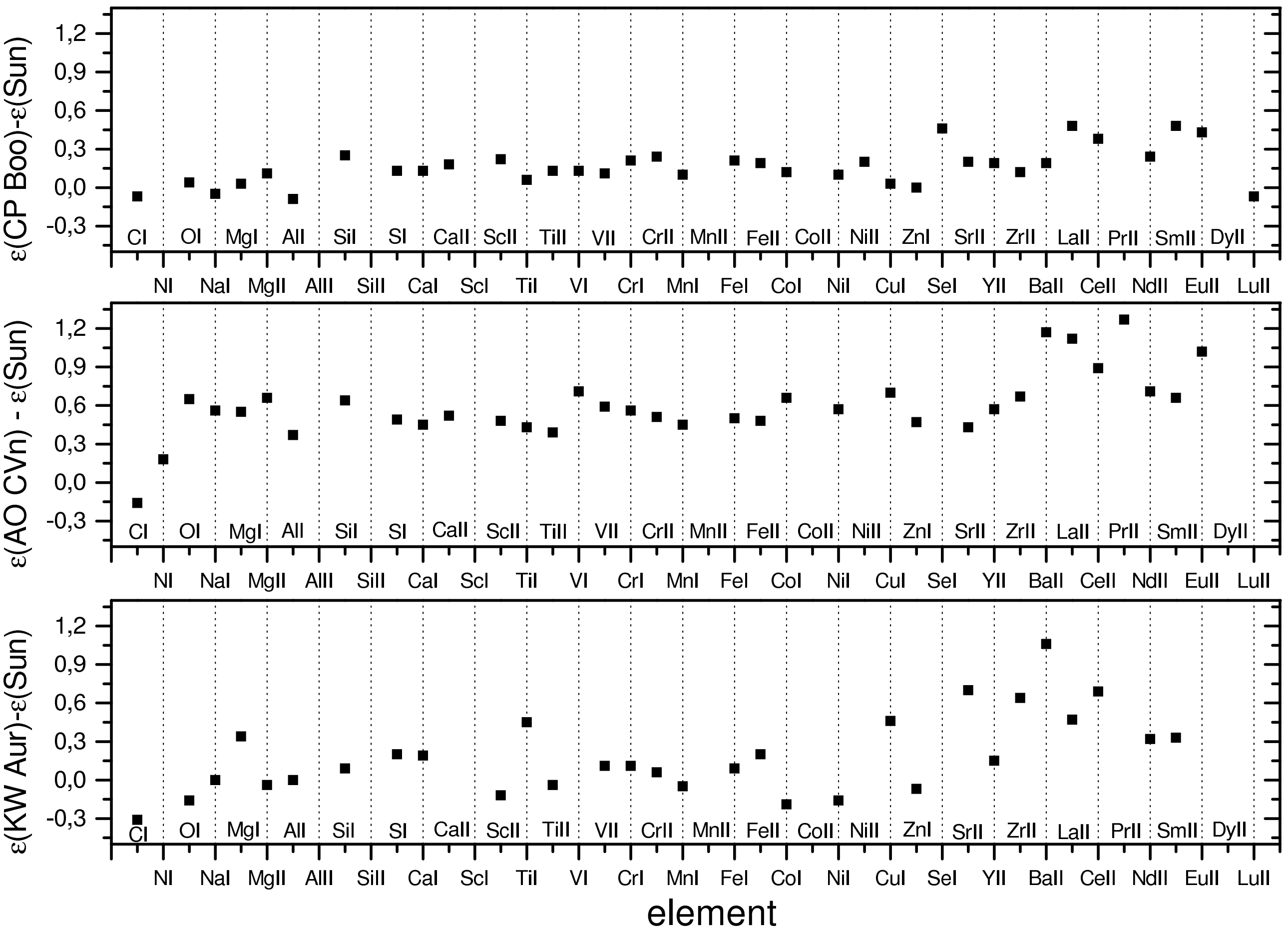

Рис. 1. Содержания химических элементов в звёздах AO CVn, KW Aur и CP Boo относительно Солнца

Задача нашего исследования звезд типа δ Щита состоит в определении и уточнении параметров атмосфер на основе высокоточных спектроскопических данных и определение химического состава. Определенную трудность для исследования звезд типа δ Щита представляют высокие скорости вращения, при этом спектральные линии ослабляются и блендируются, вследствие чего усложняется идентификация и измерение линий.

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

В данной работе были исследованы относительно яркие звезды, наблюдавшиеся 26–29 января 2006 года с помощью кудэ-эшеле-спектрометра [4] 1.5-м Российско-турецкого телескопа (РТТ150), установленного в Турецкой национальной обсерватории TUBITAK. Наблюдавшиеся на РТТ150 спектры охватывают диапазон длин волн 3900–8900 Å, среднее разрешение $\Delta\lambda/\lambda = 40\,000$, отношение сигнал/шум равно 100. Первичная обработка спектров: удаление космических частиц и дефектных пикселов, проведение непрерывного спектра, калибровка длин волн, а также измерение лучевых скоростей и эквивалентных ширин спектральных линий – производится посредством модифицированного программного пакета DECH20T [8]. Информация об исследуемых звездах, наблюдавшихся на РТТ150, дана в табл. 1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕР

Мы определили параметры трёх звёзд типа δ Щита – KW Aur, AO CVn и CP Boo. Параметры звёзд определялись фотометрическими и спектроскопическими методами. Фотометрические данные были взяты из литературы. Параметры определялись по калибровкам [3] (Стрёмгреновская фотометрия) (температура), калибровкам [10] (температура и поверхностная гравитация) (Женевская фотометрия), калибровкам Куруца, калибровкам Алонсо и др. [1].

Также мы определили параметры звёзд спектроскопическими методами. Сначала была определена скорость микротурбулентности с использованием линий Fe II. Температура определялась из условия независимости содержания от потенциала возбуждения для линий Fe I. Поверхностная гравитация определялась из сравнения содержания, полученного по ионам и атомам железа, титана и хрома. В таблице 2 приведены параметры звёзд, которые мы окончательно приняли.

Таблица 2. Параметры исследуемых звёзд

Название	$T_{эф}$	$\lg g$	[Fe/H]	ξ_t
KW Aur	7800	3.4	+0.10	2.8
AO CVn	7300	3.2	+0.45	3.2
CP Boo	6320	3.6	+0.16	1.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ

Содержание химических элементов в атмосферах звёзд определялось с помощью программы WIDTH по измеренным эквивалентным ширинам. В качестве моделей атмосфер использовались модели Куруца [6]. Для звезды AO CVn было исследовано 37 атомов и ионов, 29 химических элементов, для KW Aur – 33 атома и иона, 27 химических элементов, для CP Boo – 36 атомов и ионов, 28 химических элементов. На рисунке 1 приведены содержания химических элементов. Содержания приведены относительно солнечных, взятых из статьи Андерса и Гревесса [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами выполнено исследование трёх пульсирующих переменных звезд типа δ Щита – AO CVn, KW Aur и CP Boo. Определены и уточнены параметры атмосфер этих звёзд на основе высокоточных спектроскопических данных и определён их химический состав.

Работа поддержана грантом Ведущих научных школ РФ НШ-4224.2008.2.

[1] *Alonso A., Arribas S., Martinez-Roger C.* // Astron. and Astrophys. – 1996. – **313**. – P. 873.

[2] *Anders E., Grevesse N.* // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 1989. – **53**. – P. 197.

[3] *Balona L. A.* // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. – 1994. – **268**. – P. 119.

[4] *Bikmaev I., Sakhibullin N., Musaev F., Aslan Z.* 2005, `http://www.tug.tubitak.gov.tr/rtt150_coude.php`.

[5] *Bernacca P. L., Perinotto M.* // Contr. Oss. Astrof. Padora in Asiago – 1970. – **239** – P. 1.

[6] *Castelli F., Kurucz R. L.* // Modelling of Stellar Atmospheres: IAU Symp. N 210. – 2004. – A20.

[7] *Erspamer D., North P.* // Astron. and Astrophys. – 2003. – **398**. – P. 1121.

[8] *Galazutdinov G.* 2005, `http://www.kasi.re.kr/~gala/dech.htm`.

[9] *Hui-Bon-Hoa A.* // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. – 2000. – **144**. – P. 203.

[10] *Kobi D., North P.* // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. – 1990. – **85**. – P. 999.

[11] *Rachkovskaya T. M.* // Astron. Rep. – 1994. – **38**. – P. 556.

[12] *Rachkovskaya T. M.* // Bull. Crimean Astrophys. Obs. – 1995. – **90**. – P. 96.

[13] *Rachkovskaya T. M.* // Astron. Rep. – 2000. – **44**. – P. 227.

[14] *Yushchenko A., Gopka V., Kim C., et al.* Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. – 2005. – **359**. – P. 865.