

УДК 524.31.01-36

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ СВЕРХГИГАНТЫ HD 14662 (F7Ib).

Самедов З. А.^{1,2*}, Гадирова У. Р.²

1. Бакинский Государственный Университет, Баку, 1070 Азербайджан

e-mail: Zahir.01@mail.ru

2. Шемахинская Астрофизическая Обсерватория НАНА, Шемаха, 5600 Азербайджан

e-mail: ulkerjadirova@gmail.com

Методом моделей атмосфер исследованы атмосферы сверхгиганты HD14662 (F7Ib). Сравнивая наблюдаемые и теоретические значения фотометрических индексов β , $[c_1]$ и Q определены эффективная температура и ускорение силы тяжести звезды. Найдены следующие значения эффективной температуры и ускорения силы тяжести: $T_{\text{eff}}=6250\pm 200$ K, $\log g=1,5\pm 0.2$.

Теоретические значения индексов β , $[c_1]$ и Q были высчитаны с помощью моделей атмосфер Куруча. По линиям FeI исследован параметр (скорость) микротурбулентности ξ_t . Найдено, что $\xi_t=5$ км/с (FeI) для звезды HD14662.

Определено химический состав звезд. Химический состав определено на основе сравнения вычисленных и наблюдаемых эквивалентных ширин спектральных линий. Вычисления эквивалентных ширин спектральных линий проводились с помощью программы DASA, разработанной Кр.АО. Определено содержание множество элементов в атмосфере звезд и сопоставлено их содержаниями на Солнце. В атмосфере звезды HD 14662 содержание большинства элементов близко к солнечному, найден дефицит С, избыток Na.

Ключевые слова: звезды: фундаментальные параметры-звезды:
химический состав - звезды: индивидуальные: HD 14662 (F7Ib)

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей работе методом моделей атмосфер исследованы атмосферы сверхгиганты HD 14662 (F7Ib). Определены эффективная температура, ускорение силы тяжести, микротурбулентная скорость и содержания элементов в атмосферах звезд.

Согласно современным представлениям о звездной эволюции, сверхгиганты классов А и F уже могли пройти фазу глубокого перемешивания. В этом случае продукты термоядерных реакций, протекающих в недрах звезды, должны быть вынесены в атмосферу и изменить первоначальное содержание некоторых элементов в ней. Таким образом, исследование химического состава атмосфер сверхгигантов актуально с эволюционной точки зрения.

Звезда HD 14662 (HR 690, V 440 Per), спектральный класс F7Ib, видимая звездная величина $m_v=6^m,25$. Звезда расположена на галактической широте $b=-5.2^\circ$, галактической долготе $l=135.9^\circ$ [1] и на расстоянии от галактической плоскости $z=-80$ пк. Это- визуально-двойная звезда, угол разрешения $10''$ и звездная величина второго компонента $m_v=8^m,1$ [2]. Звезда HD 14662 исследована Грей, Лак и Андриевски [3-5]. Грей нашел, что эффективная температура $T_{\text{eff}}=6180$ K, ускорение силы тяжести $\log g=1.7$. Лак нашел, что $T_{\text{eff}}=5962-6157$,

$\log g = 2.2 - 1.9$, Андриевски нашел, что $T_{\text{eff}} = 6040$, $\log g = 2.0$. Для микротурбулентной скорости найдено: $\xi_t = 5.1$ км/с [3], $\xi_t = 4.4 - 5.3$ км/с [4].

Целью нашей работы является определение параметров звезды более точными методами и содержание многих элементов в атмосфере звезды. Детальное изложение примененной нами методики описано в книге Л.С.Любимкова [6].

1. НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Нами использован спектральный материал в области $\lambda \lambda$ 3700-5000 Å, полученный в фокусе Кудэ 2-метрового телескопа ШАО с разрешением 0,3 Å и дисперсией (обратной) 8-12 Å/мм. Для обработки в каждой области спектра использованы по 4 спектрограммы. Составлен атлас и определены эквивалентные ширины линий W_λ [7].

2. ПАРАМЕТРЫ АТМОСФЕРЫ. ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕМПЕРАТУРА И УСКОРЕНИЕ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Определение эффективной температуры T_{eff} звезд и ускорения силы тяжести на их её поверхностях $\log g$ проводилось методом моделей атмосфер, описанном в [8]. При этом рассматривались следующие критерии:

1. Сравнение наблюдаемых и теоретически вычисленных значений индекса β .
2. Сравнение наблюдаемых и теоретических значений индекса $[c_1]$.
3. Сравнение наблюдаемых и теоретических значений индекса Q .

В узкополосной четырехцветной фотометрической системе $uvby$ и фотометрической системе UBV индексы $[c_1]$ и Q определяются формулами $[c_1] = c_1 - 0,2(b - u)$ и $Q = (U - B) - 0,72(B - V)$ соответственно. Система $uvby$ была дополнена величиной β для измерения интенсивности линий H_β . Путем сравнения значений вышеуказанных индексов, найденных из наблюдений с теоретическими значениями, были определены значений $\log g$ и T_{eff} . Теоретические значения использованных параметров взяты нами из моделей Куруца [9]. Наблюдаемые начения c_1 , $b - u$ и β взяты из Хаук [10]. Наблюдаемые значения $U - B$ и $B - V$ взяты из Мермиллиод и Сзабадос [11,12]. Q взяты из [4]. Диаграмма для определения T_{eff} и $\log g$ представлена на рис. 1. На основании рис. 1 были приняты следующие значения параметров атмосферы:

$T_{\text{eff}} = 6250 \pm 200 \text{ K}$, $\log g = 1,5 \pm 0,2$

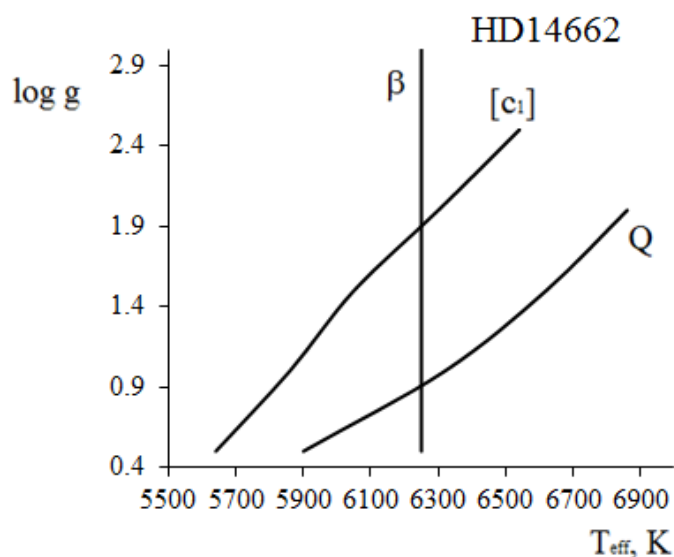


Рис.1: $\log g - T_{\text{eff}}$ диаграмма

В таблице 1 приведены предшествующие оценки T_{eff} и $\log g$. Как видно, результаты определения эффективной температуры и ускорения силы тяжести согласуются друг с другом.

Таблица 1. Предшествующие оценки T_{eff} и $\log g$.

Звезда	T_{eff} . К	$\log g$	Автор
HD14662	6180	1,7	Грей [3]
	5962-6157	2,2-1,9	Лак [4]
	6040	2,0	Андриевски [5]
	6250±200К	1,5±0.2	Наши исследования

3. МИКРОТУРБУЛЕНТНАЯ СКОРОСТЬ

Для анализа химического состава необходимо знать еще одну величину-скорость микротурбулентности ξ_t . Как было показано в [6], для определения скорости микротурбулентности ξ_t необходимо иметь список линий какого-либо атома или иона в широком диапазоне эквивалентных ширин W_λ и скорость микротурбулентности ξ_t подбирается так, чтобы определяемые содержания элемента не показывали хода с ростом W_λ . Самыми многочисленными в спектрах исследуемой звезды оказались линии нейтрального железа FeI. Используемые нами спектральная область для звезды HD 14662 имеет только сильные линии FeII TiII. Поэтому при определении микротурбулентной скорости в атмосфере звезды HD 14662 мы используем линии FeI.

Как показали Любимков и Самедов [13], параметр микротурбулентности ξ_t в атмосферах F-сверхгигантов может расти с высотой. Чем сильнее линия, тем заметнее действие этого эффекта. Однако для сравнительно слабых линий этой зависимостью можно пренебречь и считать параметр ξ_t в атмосфере постоянным. Поэтому при определении ξ_t мы используем только достаточно слабые линии.

Применив полученные нами модели, мы рассчитали содержание $\log \epsilon(\text{FeI})$ для нескольких значений ξ_t . Как видно из рис. 2 на которых нанесены содержания элементов в зависимости от эквивалентных ширин, корреляция между $\log \epsilon$ и W_λ отсутствует при $\xi_t = 5 \text{ км/с}$ для линий FeI.

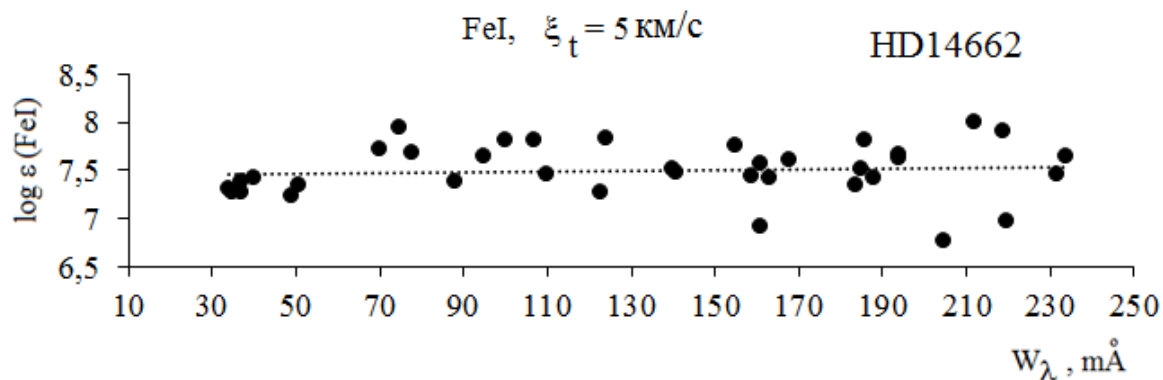


Рис.2. Содержание железа, определенное по линиям FeI в зависимости от эквивалентной ширины при $\xi_t = 5$ км/с.

В таблице 2 приведены предшествующие оценки ξ_t .

Таблица 2. Предшествующие оценки ξ_t . T_{eff}

Звезда	ξ_t , км/с	Автор
HD14662	5,1	Грей [3]
	4,4-5,3	Лак [4]
	5	Наши исследования

4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

На основе модели атмосферы с параметрами $T_{eff}=6250K$, $\log g=1,5$, $\xi_t=5$ км/с в атмосфере звезды HD14662 были определены содержания химических элементов. Здесь, как обычно,

$$\log \varepsilon(el) = \frac{\log N(el)}{\log N(H)} + 12$$

, $\lg \varepsilon(el) = \lg \frac{N(el)}{N(H)} + 12$ так что для водорода в этой шкале $\log N(H) = 12$ $\lg(H) = 12..$

При анализе химического состава мы рассматривали, по возможности относительно слабые линии. Эти линии образуются в глубоких слоях, которые вполне можно считать плоскопараллельными слоями, находящимися в состоянии ЛТР. Они также малочувствительны к ошибкам в микротурбулентности и в затухании.

На рис. 3 представлена разница в химическом составе исследуемых звезды и Солнца: $\Delta \log \varepsilon = \log \varepsilon_* - \log \varepsilon_{\odot}$.

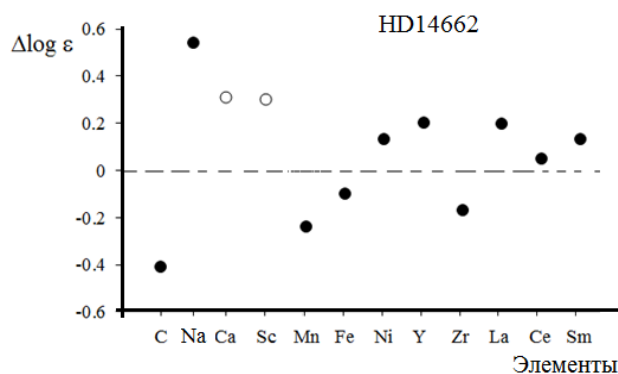


Рис. 3. Содержания химических элементов в атмосферы звезды HD14662 относительно солнечного химического состава.

Видно, что в атмосфере звезды HD 14662 содержание большинства элементов близко к солнечному, найден дефицит C, избыток Na. Содержания элементов Ca, Sc, Gd были определены по одной линии. Грей [3] определили содержание элементов в атмосфере звезды HD14662, найден $[M/H] = 0.01$.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перечислим основные результаты. Полученные в данном исследовании.

1. Методом моделей атмосфер определены эффективная температура и ускорение силы тяжести звезды HD14662 (F7Ib). Найдены следующие значения эффективной температуры и ускорения силы тяжести: $T_{\text{eff}}=6250\pm200$ K, $\log g=1,5\pm0.2$.

2. По линиям FeI исследован параметр (скорость) микротурбулентности. Найдено, что $\xi_t=5\text{км/с}$ (FeI) .

3. Определены содержания некоторых химических элементов в атмосферы исследуемый звезды. В атмосфере звезды HD 14662 содержание большинства элементов близко к солнечному, найден дефицит C, избыток Na.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы выражаем благодарность сотруднику Крымской Астрофизической обсерватории д.ф.-м.н. Л.С.Любимкову как за предоставленную в наше распоряжение комплексную вычислительную программу и модели атмосфер Куруча, так и за полезные советы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Luck R.E., Bond H.E., Supergiants and the Galactic metallicity gradient. II - Spectroscopic abundances for 64 distant F- to M-type supergiants // *Astrophysical Journal Supplement Series*, 1989, v.71, p.559-581.
2. Biesbroeck G., Micrometric measures of double stars // *Astrophys. J. Suppl.*, 1974, v.28, p.413-448.
3. Gray R.O., Graham P.W., Hoyt S.R. The physical basis of luminosity classification in the late A- , F- , and early G- type stars. II basic parametres of program stars and role of microturbulence // *The Astronomical Journal*, April, 2001, v. 121, 2159-2172
4. Luck R.E., Andrievsky S.M., Fokin A., and Kovtyukh V.V., Phase-dependent variation of the fundamental parameters of Cepheids. IV. s-Cepheids // *The Astronomical Journal*, 2008, v.136, p.98–110.
5. Andrievsky S.M., Lepine J.R.D., Korotin S.A., Luck R.E., Kovtyukh V.V., Maciel W.J. Barium abundances in Cepheids // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2013, v. 428, p. 3252-3261.
6. Любимков Л.С., Химический состав звезд: метод и результаты анализа // Одесса, НПФ «Астропринт», 1995, 323 с.
7. Халилов А. М., Гасанова А.Р., Самедов З. А., Эквивалентные ширины линий поглощения в спектре сверхгиганта HD14662 (F7Ib) // *Азербайджан Астрономический Журнал*, 2011, №4, т. 6, ст. 16-21.
8. Любимков Л.С., Рачковская Т.М., Поклад Д.Б., Определение фундаментальных параметров сверхгигантов классов F и G // *Астрофизика*, 2009, т.52, с.217-237.
9. Kurucz R.L., CD-ROM No.13, ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs and 2 km/s grid // Cambridge, Mass.: Smithsonian Astrophys.Obs., 1993.
10. Hauck B., Mermilliod M., uvby β photometric catalogue // *Astron. and Astrophys., Suppl. Ser.*, 1998, vol.129, p. 431-433.
11. Mermilliod J.C., Compilation of Eggen's UBV data, transformed to UBV (unpublished), // *Catalogue of Eggen's UBV data.*, 1986.
12. Szabados L. Photoelectric UBV photometry of Northern Cepheids. II. *Mitt. Sternw. Ungar. Akad.*, 1980, v. 76, p. 1.
13. Любимков Л.С., Самедов З.А., О переменности микротурбулентности в атмосферах сверхгигантов спектрального класса F, // *Астрофизика*, 1990, т.32, с.49-61.

Article received 2017-07-04