ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АТМОСФЕРАХ ЗВЕЗД ДВИЖУЩЕЙСЯ ГРУППЫ HR 1614

Л. И. Антипова[1], Ю. В. Пахомов[2], А. А. Боярчук[3]

Институт астрономии РАН
119017 Москва, ул. Пятницкая, 48
[1] *e-mail:* antipova@inasan.ru
[2] *e-mail:* pakhomov@inasan.ru
[3] *e-mail:* aboyar@inasan.ru

Представлены предварительные результаты исследования содержаний более 20 элементов в атмосферах красных гигантов и карликов, принадлежащих движущейся группе HR 1614.

ВВЕДЕНИЕ

Движущаяся группа звезд HR 1614 была открыта Эггеном в 1971 г. [3]. При обзорном исследовании около 400 красных карликов из них были выделены нескольких десятков звезд с близким пространственным движением. Тогда же было отмечено, что значительная часть из этих звезд имеет металличность, несколько превышающую металличность звезд Гиад. В следующей работе из этих звезд автором была выделена группа из 44 звезд с галактическими скоростями (U, V), близкими к средним значениям (0, –60) км/с; было также отмечено, что содержания металлов у 60% из них превышают солнечные [4]. Характерным для этих звезд является также дефицит излучения в ультрафиолетовой области спектра и довольно сильные молекулярные полосы поглощения. Эту группу звезд, имеющих близкое движение и некоторые другие общие характеристики, назвали именем одной из них – HR 1614 (HD 32147), имеющей самый большой и хорошо определенный параллакс ($0.106''$).

В работе [5] было показано, что звезды данной группы лежат в удлиненной трубе, вытянутой по галактической орбите. Предполагается, что они представляют собой остаток ассоциации, разрушенной галактическим дифференциальным вращением. Возраст группы, оцененный по изохронам, составляет около $4 \cdot 10^9$ лет.

Данная работа посвящена результатам проведенного спектрального анализа четырех звезд, принадлежащих движущейся группе HR 1614 (два гиганта и два карлика). Объекты исследования перечислены в табл. 1.

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Спектральные наблюдения выбранных звезд проводились на эшеле-спектрографе 2.16-м телескопа станции Xinglong Национальных астрономических обсерваторий Китая. Приемником излучения служила ПЗС-матрица размером 1024×1024. Разрешение спектрографа $R = 40\,000$, отношение сигнала к шуму $S/N > 150$. Обработка полученных спектрограмм проводилась с помощью пакета MIDAS.

Параметры атмосфер исследуемых звезд были определены нами согласно методике, основанной на анализе элементов группы железа, разработанной в нашей группе и подробно описанной в работе [2]. По

Таблица 1. Список звезд движущейся группы HR 1614, исследованных в данной работе

HD	HR	m_v	Спектр. класс
12235	582	5.90	G2 IV
37147	1614	6.22	K3 V
117267	5078	6.42	K0 III
146388	6065	5.71	K3 III

Таблица 2. Параметры атмосфер звезд программы, выведенные в данной работе из анализа спектров (спектр.), см. текст и для сравнения аналогичные величины, полученные по данным фотометрии (фотомет.)

HD	Спектр. класс	$T_{эф}$	lg g	V_t	[Fe/H]	метод
117267	K0 III	4543	1.62	1.46	+0.22	спектр.
		4500	2.27			фотомет.
146388	K3 III	4557	1.91	1.51	+0.10	спектр.
		4438	2.16			фотомет.
12235	G2 IV	5942	4.16	1.45	+0.26	спектр.
		5940	4.12			фотомет.
37147	K3 V	4300	2.60	1.20	–0.14	спектр.
		4850	4.40	0.80	+0.24	фотомет.

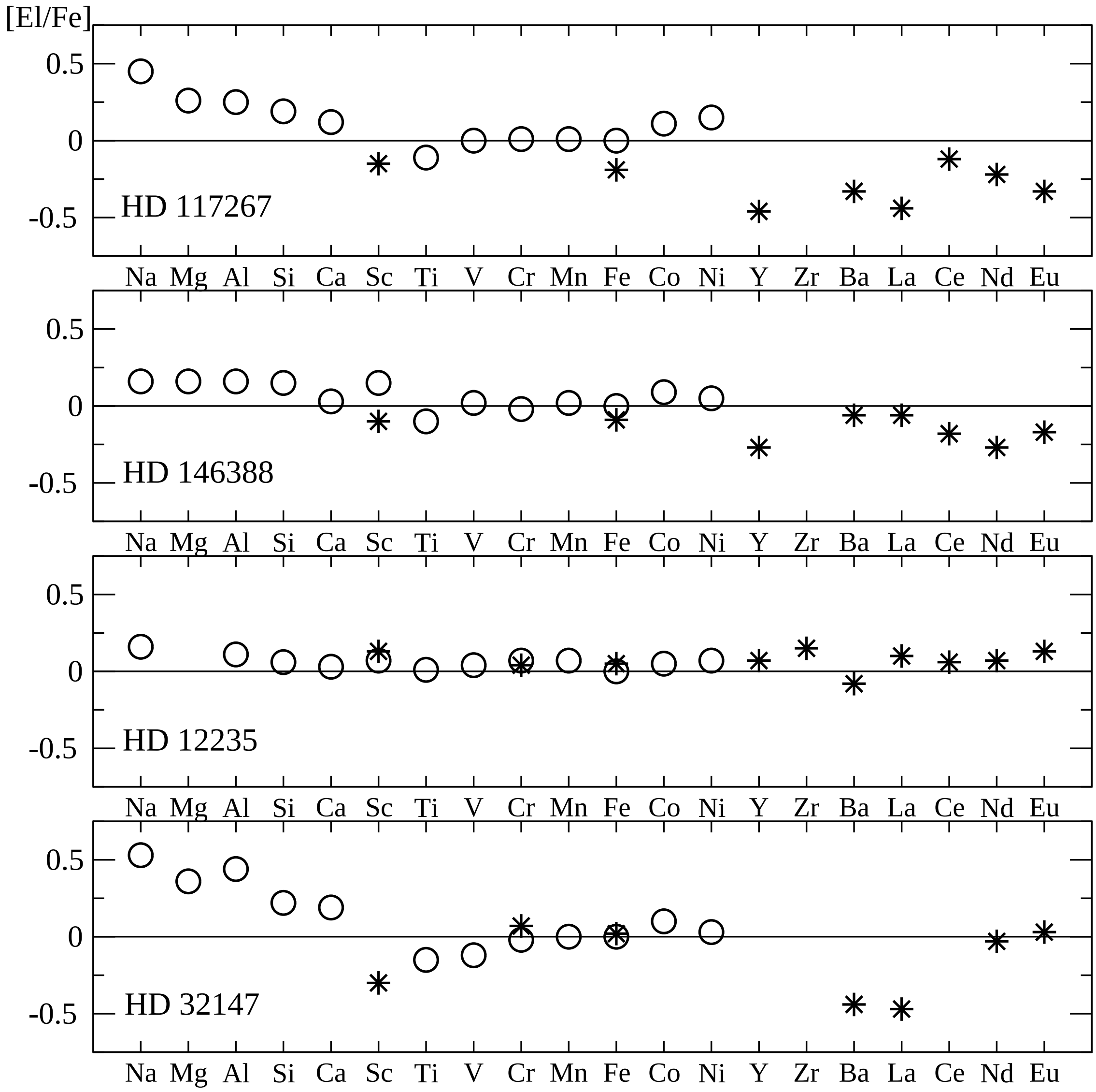

Рис. 1. Содержания химических элементов в атмосферах исследованных звезд

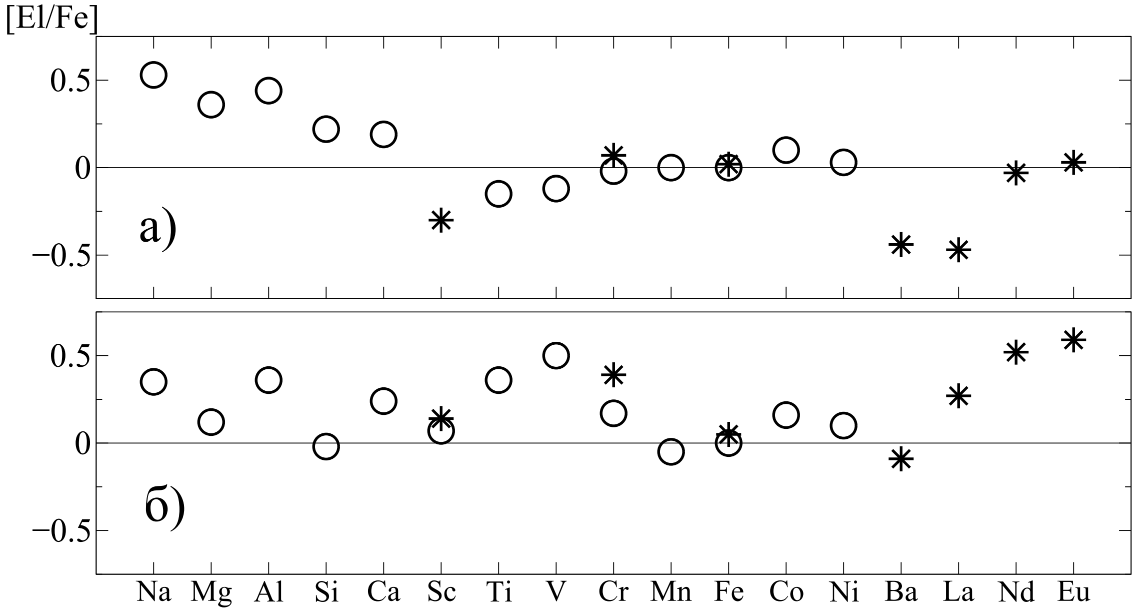

Рис. 2. Содержания химических элементов в атмосфере HD 32147, вычисленные с помощью моделей атмосфер, соответствующих параметрам атмосфер, определенным из спектрального анализа по спектроскопическим (*а*) и по фотометрическим данным (*б*) (см. табл. 2)

этим параметрам с помощью программы ATLAS9 для каждой звезды были вычислены соответствующие модели атмосфер, а далее с помощью программы WIDTH9 по измеренным эквивалентным ширинам спектральных линий определялись содержания химических элементов. Найденные параметры атмосфер приведены в табл. 2, а содержания химических элементов для каждой из звезд программы показаны на рис. 1. Из рисунка видно, что в общем содержания химических элементов у всех исследованных здесь звезд весьма схожи. У гигантов, как обычно, наблюдаются несколько повышенные содержания Na, Mg, Al, Si, а также несколько пониженные содержания элементов *s*-процесса, что свойственно для гигантов с повышенной металличностью, например для гигантов Гиад [1]. То же наблюдается и у HD 32147 – довольно холодного красного карлика. Этих аномалий нет только у звезды HD 12235 – относительно горячего, по сравнению с другими рассмотренными здесь звездами, карлика с температурой несколько выше солнечной, а потому не имеющей развитой конвекции, которая могла бы вынести на поверхность звезды атомы Na, Mg, Al, Si, образовавшиеся в ее глубинах на стадии главной последовательности.

Возникает вопрос: какие же данные дают более достоверные результаты – вычисленные на основе фотометрических или спектроскопических параметров атмосферы? С одной стороны, выведенные из фотометрических данных параметры атмосферы дают значение металличности для звезды HD 32147, практически совпадающее со значениями металличности для всех других изученных нами звезд, а также с аналогичными значениями, полученными другими исследователями данной движущейся группы звезд. Температура звезды также соответствует температуре карликов класса K3. Неясным остается только происхождение аномалий избытков содержаний некоторых элементов группы железа. Известно, что элементы группы железа образуются в одном ядерном процессе, и их содержания не меняются во все время эволюции звезды. С другой стороны, содержание [Fe/H], выведенное на основании спектроскопических параметров атмосферы, резко отличается от аналогичных значений для других звезд этой движущейся группы. Однако, заметим, что, как следует из рис. 2, *а*, использование спектроскопических параметров атмосферы дает внешне правдивые данные об относительных содержаниях элементов группы железа, совпадающие, как было отмечено выше, с тем, что наблюдается в других звездах данной группы: относительные содержания элементов железного пика не показывают разброса более 0.1 dex. Аномалии других элементов близки к тому, что наблюдается в атмосферах остальных звезд программы (см. выше). Т. е. можно заключить, что использование спектроскопических параметров атмосферы изученных здесь звезд дает одинаковые содержания химических элементов, что должно, вообще говоря, наблюдаться для группы звезд одного возраста и места происхождения. Однако, полученные для карлика класса K3 HD 32147 значение ускорения силы тяжести характерно не для карлика, а для гиганта, а полученное значение температуры скорее подходит для звезд более позднего класса, чем K3. И, наконец, слишком низкое по сравнению с другими звездами содержание [Fe/H], если оно верно, должно свидетельствовать о том, что эта звезда не может принадлежать движущейся группе HR 1614.

Таким образом, имеется большое противоречие в полученных данных, и неясно, что на самом деле справедливо для HD 32147. В таких случаях надо прежде всего искать ошибку. Чтобы быть уверенными в исходных данных, мы сравнили исследуемый спектр звезды с ее же спектром, полученным на другом инструменте и в другой обсерватории. Провели сравнение эквивалентных ширин линий в обоих спектрах, никаких систематических отличий не было обнаружено – ни в общем по спектрам, ни по отдельным элементам. Был сделан вывод, что исследованный спектр не является "дефектным".

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вопрос о происхождении полученных разногласий требует дальнейшего обсуждения. Некоторые возможные причины возникновения наблюдаемых "аномалий":

а) В литературе звезда HD 32147 активно обсуждается как возможный "host-planets" – звезда с планетной системой, в атмосферу которой попадают обломки от космического мусора – "строительного материала", из которого образуются планеты. Попадая в атмосферу карлика, они из-за отсутствия конвекции не перемешиваются с веществом атмосферы и вследствие этого могут давать аномалии некоторых элементов.

б) Не все ясно с происхождением и химическим содержанием старых скоплений с повышенной металличностью.

в) Одной из возможных причин могут быть холодные звезды с пятнами.

г) Возможно, обнаружатся и другие причины происхождения наблюдаемых "аномалий".

Работа выполнена частично при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (коды проектов 09-02-00528-а, 08-02-92203-ГФЕН_а), Программы поддержки ведущих научных школ (грант НШ-4354.2008.2), Программы Президиума РАН "Происхождение и эволюция звезд и галактик", грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-1992.2008.2, Фонда содействия отечественной науке и Федерального агентства по науке и инновациям.

[1] *Боярчук А. А., Антипова Л. И., Боярчук М. Е., Саванов И. С.* Анализ содержаний химических элементов в атмосферах трех красных гигантов Гиад // Астрон. журн. – 2000. – **77**. – С. 96–108.

[2] *Боярчук А. А., Антипова Л. И., Боярчук М. Е., Саванов И. С.* Сравнительный анализ содержаний химических элементов в атмосферах красных гигантов различных возрастных групп // Астрон. журн. – 2001. – **78**. – С. 349–357.

[3] *Eggen O. J.* Luminosities Temperatures and Kinematics of K-Type Dwarfs // Astrophys. J. Suppl. Ser. – 1971. – **22**. – P. 389–418.

[4] *Eggen O. J.* Intermediate-band photometry of late-type stars. VII. The HR 1614 group of overabundant stars // Astrophys. J. – 1978. – **222**. – P. 203–208.

[5] *Eggen O. J.* HR 1614 and the dissolution of a supercluster // Astron. J. – 1992. – **104**. – P. 1906–1915.