

УДК 524.4+524.7+524.3-85

**Е. П. Шерета**

Научно-исследовательский институт «Астрономическая обсерватория»  
Одесского национального университета имени И. И. Мечникова  
ул. Маразлиевская 1-в, Одесса, 65014

### **Исследование карликов и гигантов скопления Гиад**

*Представлены результаты исследования химического состава атмосфер 12 звезд классов F5—K0 скопления Гиад. Исследование проведено на основе спектров, полученных на 1.93-м телескопе Обсерватории Верхнего Прованса (Франция), оснащенном эшелле-спектрометром ELODIE в диапазоне длин волн 440—680 нм. Определены эффективные температуры  $T_{\text{эф}}$  звезд, ускорение свободного падения  $l_{\text{gg}}$ , микротурбулентные скорости  $V_t$  и содержания Na, Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Y, La, Ce, Nd. Полученные содержания для звезд-карликов и гигантов скопления совпадают в пределах ошибок определения, за исключением содержания натрия.*

*ДОСЛІДЖЕННЯ КАРЛИКІВ І ГІГАНТІВ СКУПЧЕННЯ ГІАДИ, Шерета О. П. — Представлено результати дослідження хімічного складу атмосфер 12 зір класів F5—K0 скупчення Гіад. Дослідження проведено на основі спектрів, отриманих на 1.93-м телескопі Обсерваторії Верхнього Провансу (Франція), оснащеному ешелле-спектрометром ELODIE в діапазоні довжин хвиль 440—680 нм. Визначено ефективні температури  $T_{\text{эф}}$  зірок, прискорення вільного падіння  $l_{\text{gg}}$ , микротурбулентні швидкості  $V_t$  та вміст Na, Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Y, La, Ce, Nd. Отримані вмісти для зір-карликів та гігантів скупчення збігаються у межах похибок визначення, за виключенням натрію.*

*AN INVESTIGATION OF DWARFS AND GIANTS IN THE HYADES CLUSTER, by Shereta E. P. — We present some results of our investigation of atmospheric chemical composition for 12 stars of the Hyades cluster. Our sample includes stars of F5—K0 types. The study is performed on the basis of the spectra obtained at the 1.93-m telescope of the Observatory of Haute Provence (France) which is equipped with an echelle spectrometer ELODIE. The spectral resolution is  $R = 40000$ , S/N is about 50, and the*

wavelength range is from 440 to 680 nm. Our measurements of equivalent widths of lines are carried out for a wavelength range of 510 to 680 nm. We determined the main parameters of stars, namely, the effective temperature  $T_{eff}$ , gravity  $lgg$ , microturbulence velocity  $V_t$  and the contents of some chemical elements (Na, Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Y, La, Ce, Nd). The determination errors for the basic parameters of stellar atmospheres and element abundances are calculated. Our estimates of the abundances for the elements under consideration are the same for the dwarfs and giants within the determination errors, except for the Na abundance.

## ВВЕДЕНИЕ

Рассеянное звездное скопление Гиад имеет массу около  $(300 \text{--} 400)M_{\odot}$  и возраст около 600—800 млн лет [17]. По современным данным расстояние до скопления Гиады составляет  $46.7^{2.9}_{2.6}$  пк [14].

На основании данных работы де Брюин [7] для скопления Гиад мы построили диаграмму Герцшпрунга — Рассела (рис. 1). Кружками обозначены исследуемые звезды, ромбиками — звезды скопления, не вошедшие в настоящее исследование. Ветвь гигантов на диаграмме скопления представлена четырьмя звездами.

Известна важность исследования скопления Гиад для изучения структуры Галактики, определения шкалы расстояний, понимания химической эволюции Галактики и пр. Однако для этого скопления есть ряд нерешенных вопросов. Так, фотометрические и спектроскопические исследования дают различающиеся значения металличности для гигантов и карликов этого скопления [3]. Фотометрия показала повышенную металличность у звезд-гигантов по сравнению с карликами, тогда как звезды Гиад, как и любого скопления, имеют одинаковое происхождение, и следовательно, должны иметь сходный химический состав.

После завершения космического проекта HIPPARCOS (1997) подробное исследование характеристик Гиад было проведено Перриманом и др. [17]. В известной работе Польсона, Снедена и Кохрана [16] также приведены данные о параметрах и содержании ряда элементов в атмосферах звезд-карликов Гиад.

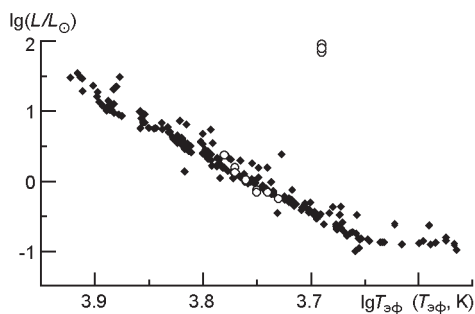


Рис. 1. Диаграмма Герцшпрунга — Рассела для скопления Гиад: кружки — исследуемые звезды

Приведенные результаты говорят о том, что в целом химический состав Гиад достаточно однороден, как и предполагалось [8], поскольку звезды Гиад образовались из одного газопылевого облака. Однако есть заметные отклонения от средних значений. Поскольку рассеянное скопление не является замкнутой системой, то из-за диссипации скоплений трудно восстановить прошлую картину развития и строения как самого скопления, так и галактического диска. Определение однородности химического состава является важным фактором в исследовании эволюции и структуры галактического диска [6].

Заметим, что несмотря на общность, звезды скопления могут иметь и индивидуальные отличия, обусловленные, например, обогащением в результате аккумуляции насыщенного металлами вещества протопланетного диска звезды. В процессе формирования планеты и изменения ее массы происходит смешение поверхностных слоев звезды с массой обогащенного металлами вещества, а результат такого обогащения будет изменяться от звезды к звезде [9]. Поэтому интересным является также определение возможного наличия планет у звезд-карликов Гиад [16].

Для анализа химической однородности звезд важно также исследовать элементы, образованные в процессах нейтронного захвата. Появление этих элементов в протозвездном облаке, из которого произошли Гиады, обусловлено  $r$ - и  $s$ -процессами (быстрым и медленным захватом нейтронов). Согласно современным представлениям основным источником, производящим элементы  $s$ -процесса при солнечных металличностях, являются звезды асимптотической ветви гигантов AGB, а элементы  $r$ -процесса производятся массивными звездами сверхновыми II типа.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕР

Спектры исследуемых звезд в диапазоне длин волн 440—680 нм получены на 1.93-м телескопе Обсерватории Верхнего Прованса (Франция), оснащенном эшелле-спектрометром ELODIE [5] со спектральным разрешением  $R = 40000$ . Измерение эквивалентных ширин линий проведено в диапазоне длин волн 510—680 нм. Первичная обработка спектров (экстракция изображений, учет космических частиц, деление на плоское поле и т. д.) была выполнена непосредственно в процессе наблюдений.

Для дальнейшей обработки спектров использовалась программа DECH 20 Г. А. Галазутдинова [1], с помощью которой производилось проведение непрерывного спектра, измерение глубин и эквивалентных ширин спектральных линий. Эквивалентные ширины линий были измерены после аппроксимации их профилей гауссианой.

**Эффективная температура.** Эффективная температура определялась методом, основанным на разной степени чувствительности к

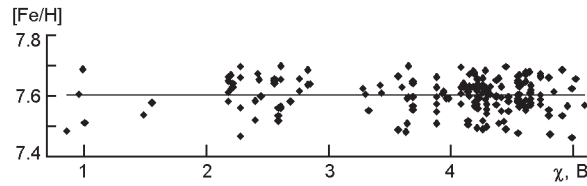


Рис. 2. Диаграмма «содержание химического элемента — потенциал возбуждения нижнего уровня нейтрального железа для звезды HD 26767 ( $T_{\text{эф}} = 5795$  К)

температуре линий химических элементов, имеющих отличающиеся значения потенциала возбуждения нижнего уровня.

Для определения  $T_{\text{эф}}$  мы использовали калибровки интенсивностей, полученные В. В. Ковтюхом [12]. Калибровка основана на выборке из 181 звезд-карликов классов  $F—K$ . Внутренняя точность данного метода около 10 К для карликов и  $\pm 25$  К для гигантов. Отсутствие зависимости содержания, определяемого по линиям нейтрального железа от потенциала нижнего уровня (рис. 2) подтверждает адекватность оценки эффективной температуры.

**Ускорение свободного падения.** Для звезд-карликов ускорение свободного падения определялось по стандартной формуле

$$\lg g = 4 \lg T_{\text{эф}} - 0.4 M_{\text{bol}} + \lg(M/M_{\odot}) - 12.5,$$

где болометрическая звездная величина равна

$$M_{\text{bol}} = V - 5 - 5 \lg BC.$$

Данные о параллаксе и визуальной звездной величине  $V$  взяты из базы данных SIMBAD, болометрическая поправка  $BC$  — из работы [10].

Для определения ускорения свободного падения для гигантов использовалось условие ионизационного равновесия, предполагающее равенство содержаний, определенных по линиям нейтрального и однократно ионизованного железа. Ошибка определения ускорения свободного падения  $\lg g = 0.3$  dex.

**Микротурбулентная скорость.** Микротурбулентная скорость  $V_t$  определялась эмпирическим путем из условия независимости содержания нейтрального железа, определенного по конкретной линии от эквивалентной ширины этой линии. Ошибка определения микротурбулентной скорости 0.2 км/с.

Из рис. 3, построенного по линиям нейтрального железа для звезды HD 283704, видно, что зависимости содержания железа от эквивалентной ширины нет. В качестве параметра металличности  $[\text{Fe}/\text{H}]$  мы использовали оценки содержания железа по линиям Fe I.

В табл. 1 приведены оценки основных параметров исследуемых звезд. Здесь, в частности,  $M_v$  — абсолютная звездная величина в видимой части спектра,  $Sp$  — спектральный класс звезды.

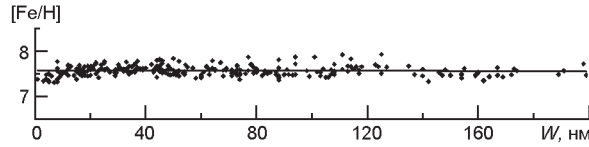


Рис. 3. Диаграмма «содержание химического элемента — эквивалентная ширина линий» для звезды HD 283704 ( $V_t = 1.0$  км/с)

Таблица 1. Основные характеристики исследуемых звезд

Номер HD	$Sp$	$p$	$V$	$T_{эф}$	$V_t$	$lg g$	[Fe/H]	$M_v$	$M_{bol}$
<b>Карлики</b>									
26756	G5	0.02191	8.19	5647	1.4	4.5	0.16	4.91	5.02
284574	K0V	0.01596	9.49	5414	1.0	4.6	0.22	5.18	5.34
28099	G2V	0.02142	8.1	5748	1.2	4.4	0.08	4.58	4.67
240648	K0	0.01878	8.85	5615	2.4	4.5	0.11	4.99	5.11
29419	F5	0.0226	7.51	5962	1.2	4.3	0.07	4.18	4.23
283704	G5	0.01708	9.19	5504	1.0	4.6	0.06	5.08	5.21
25825	G0	0.02141	7.11	5944	1.0	4.4		4.36	4.41
35768	F8	0.01158	8.51	6054	1.5	4.1	0.00	3.75	3.79
26767	G0	0.02219	8.03	5795	1.0	4.4	0.12	4.62	4.69
<b>Гиганты</b>									
27371	K0III	0.02117	3.54	4945	1.6	2.5	0.01	-0.38	-0.05
28307	K0III	0.02066	3.47	4946	1.4	2.5	0.03	-0.23	0.10
28305	G9.5III	0.02104	3.54	4912	1.6	2.4	0.04	-0.53	-0.19

**Определение химического состава.** Определение химического состава выполнено в приближении ЛТР. Содержания элементов Na, Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Y, La, Ce, Nd определялись по измеренным эквивалентным ширинам линий с использованием солнечных сил осцилляторов по программе Куруца WIDTH9 [11], осуществляющей модельный расчет эквивалентной ширины. Были использованы модели атмосфер Куруца [13]. Выбор модели осуществлялся интерполяцией моделей по  $T_{эф}$  и  $lg g$ . В первом приближении модель по металличности принималась «солнечной».

Полученные оценки содержаний элементов представлены в табл. 2.

**Погрешности определения химического состава.** Наши численные эксперименты показали, что ошибка определения индивидуального значения содержания химического элемента не превышает 0.1 dex для Fe I, 0.14 dex для Fe II, Na I, Mg I, Al I, Si I, Ca I, Ti I, V I, Cr I, Mn I, Co I, Ni I и 0.15 dex для Y II, Ce II, La II, Nd II. В целом ошибка определения содержания элементов обусловлена ошибками определения эффективной температуры, ускорения свободного падения, турбулентной скорости, а также выбора параметра металличности модели атмосферы. Кроме этого, погрешности определения химического

**Таблица 2.** Значения содержаний элементов в атмосферах исследуемых звезд [A/H] для карликов и гигантов

Номер HD	Na I	Mg I	Al I	Si I	Ca I	Ti I	V I	Cr I	Fe I	Fe II	Co I	Ni I	Y II	La II	Ce II	Nd II
<b>Карлики</b>																
26767	0.11	0.12	0.11	0.13	0.10	0.07	0.04	0.13	0.12	0.13	0.05	0.10	0.19	0.09	-0.06	-0.15
26756	0.09	0.08	0.16	0.22	0.01	0.04	0.15	0.08	0.16	0.09	0.00	0.15	0.09	-0.06	-0.10	0.21
284574	0.14	0.06	0.18	0.20	0.14	0.24	0.30	0.12	0.22	0.24	0.03	0.22	0.04	0.03	0.08	0.06
29419	0.08	0.12	0.00	0.12	0.09	-0.03	0.00	0.04	0.07	0.12	-0.02	0.02	0.08	-0.06	-0.11	-0.05
35768	0.06	-0.13	-0.13	0.08	0.04	-0.08	-0.03	-0.01	0.00	0.02	-0.07	-0.05	0.11	-0.02	0.02	0.00
240648	0.12	0.02	0.08	0.11	0.14	0.27	0.23	0.25	0.11	0.06	0.27	0.11	-0.02	0.23	0.19	0.22
25825	0.05	0.11	0.00	-0.01	0.05	-0.10	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.06	-0.05	-0.01	0.02	-0.18	-0.06
283704	0.04	0.08	0.08	0.09	0.06	0.04	0.18	0.14	0.06	0.09	0.09	0.06	0.09	0.07	-0.04	0.25
28099	0.08	0.12	0.13	0.12	0.09	-0.03	0.00	0.07	0.08	0.09	-0.02	0.02	0.00	-0.06	-0.11	-0.10
<b>Гиганты</b>																
27371	0.35	0.11	0.08	0.12	0.03	0.04	0.09	0.07	0.01	0.00	0.13	0.04	0.13	0.16	0.06	-0.03
28305	0.31	0.17	0.19	0.18	0.12	0.05	0.11	0.17	0.04	0.04	0.14	0.11	0.01	-0.14	-0.04	-0.11
28307	0.29	0.14	0.12	0.14	0.05	0.01	0.09	0.08	0.03	0.05	0.06	0.03	-0.08	-0.05	-0.12	-0.11

состава могут быть вызваны также неоднозначностью проведения уровня континуума. Особенно это может сказаться на определении эквивалентных ширин линий для звезд-гигантов, имеющих более низкие температуры по сравнению с карликами. Так, в табл. 3 приведены ошибки содержаний для карлика HD 26767 и гиганта HD 28307, определенные по стандартной формуле

$$\sqrt{(T_{\text{эф}})^2 + (\text{lg} g)^2 + (V_t)^2 + ([\text{Fe}/\text{H}])^2 + (W)^2},$$

где  $T_{\text{эф}}$ ,  $\text{lg} g$ ,  $V_t$  — ошибки определения химического состава, связанные с ошибками эффективной температуры, ускорения свободного

**Таблица 3.** Погрешности определения содержания химических элементов для звезд HD26767 и HD28307

$T_{\text{эф}}$	$\text{lg} g$	$V_t$	$_{\text{tot}}$	$T_{\text{эф}}$	$\text{lg} g$	$V_t$	$_{\text{tot}}$
HD 26767				HD 28307			
0.001	0.005	0.005	0.11	0.005	0.001	0.005	0.13
0.001	0.030	0.001	0.11	0.070	0.065	0.075	0.17
0.005	0.005	0.001	0.11	0.020	0.025	0.025	0.11
0.005	0.005	0.005	0.11	0.015	0.015	0.030	0.13
0.001	0.005	0.005	0.11	0.001	0.001	0.001	0.14
0.001	0.001	0.005	0.11	0.005	0.005	0.005	0.11
0.001	0.005	0.001	0.11	0.010	0.010	0.010	0.12
0.001	0.010	0.001	0.11	0.005	0.001	0.030	0.11
0.005	0.001	0.005	0.12	0.005	0.005	0.010	0.15
0.015	0.085	0.015	0.14	0.000	0.025	0.005	0.14
0.005	0.025	0.010	0.11	0.005	0.001	0.015	0.11
0.001	0.001	0.001	0.12	0.105	0.005	0.005	0.01
0.055	0.001	0.005	0.12	0.010	0.005	0.005	0.11
0.001	0.001	0.005	0.10	0.001	0.005	0.005	0.11
0.030	0.001	0.005	0.11	0.001	0.005	0.001	0.11
0.015	0.010	0.005	0.11	0.001	0.005	0.001	0.11

**Таблица 4. Сравнение полученных параметров звезд с данными других исследований**

Номер HD	$T_{\text{эф}}$ , К	$\lg g$	[Fe/H]	$T_{\text{эф}}$ , К	$\lg g$	[Fe/H]
<b>Карлики</b>	Наши данные			Данные [15]		
26767	5795	4.4	0.12	5900	4.4	0.12
26756	5647	4.5	0.16	5650	4.5	0.06
284574	5414	4.6	0.22	5350	4.5	0.13
29419	5962	4.3	0.07	6100	4.4	0.13
35768	6054	4.1	0.00	6300	4.3	0.08
240648	5615	4.5	0.11	5600	4.5	0.15
25825	5944	4.4	-0.03	6100	4.5	0.15
283704	5504	4.6	0.06	5500	4.5	0.09
28099	5748	4.4	0.08	5800	4.4	0.10
<b>Гиганты</b>	Наши данные			Данные [14]		
27371	4945	2.5	0.01	4930	2.90	-0.02
28305	4912	2.4	0.04	4820	2.77	0.04
28307	4946	2.5	0.03	4960	3.17	0.04

падения и микротурбулентной скорости, [Fe/H] — ошибка выбора параметра металличности (0.1 dex),  $W$  — ошибка измерения эквивалентной ширины спектральной линии элемента (0.03 dex). Как видно, наибольший вклад в общую ошибку определения химического состава дает ошибка, связанная с выбором модели звездной атмосферы. Суммарная ошибка определения содержания не превышает 0.12 dex.

Сравнение полученных параметров с данными других исследований приведены в табл. 4. Спектры, используемые в работе [16] для определения параметров звезд-карликов, имеют спектральное разрешение  $R = 60000$  и отношение сигнала к шуму  $S/N = 100...200$ , для гигантов [15] спектральное разрешение составляло  $R = 40000$ , отношение сигнала к шуму — около  $S/N = 100$ . В целом наши данные достаточно неплохо согласуются с данными работ [15, 16]. В то же время необходимо отметить, что для звезды HD 25825 разница металличностей составляет 0.18 dex. При этом совпадение по двум другим параметрам для этой же звезды находится в пределах ошибок определения, что возможно, говорит о недостаточно точно определенной микротурбулентной скорости либо о более низком отношении сигнала к шуму в спектре этой звезды.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Большинство рассматриваемых элементов показывает небольшой избыток содержания, что соответствует возрасту скопления.

На рис. 4 показано содержание химических элементов для звезд-карликов и гигантов скопления соответственно. Линией на двух графиках представлены усредненные значения содержания элементов для карликов и гигантов.

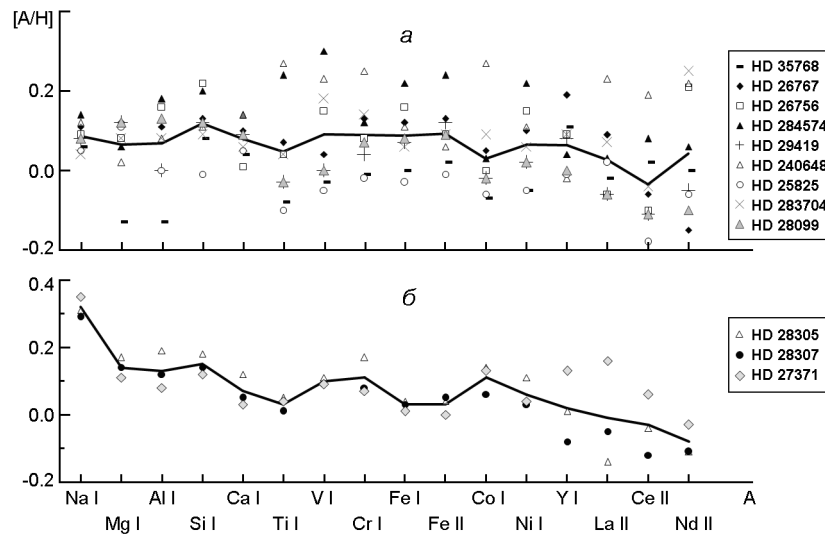


Рис. 4. Содержание химических элементов в атмосферах звезд скопления Гиад: а — карлики, б — гиганты

В табл. 5 приведены средние значения по всем элементам для карликов и гигантов, и разброс относительно усредненного содержания каждого из определяемых химических элементов. Из рис. 4 и табл. 5 видна относительная однородность содержания по каждому из элементов, наблюдаемая как для звезд-карликов, так и для гигантов.

Для звезд HD 240648 и HD 284574 значительные отклонения от среднего значения (выходящие за пределы ошибок определения) для нескольких элементов, возможно, обусловлены более низким отношением сигнала к шуму в спектрах этих звезд, что приводит к снижению точности определения содержания химических элементов для этих звезд.

Избыток натрия, выявленный у звезд-гигантов, может быть обусловлен выносом из более глубоких слоев вещества, обогащенного натрием, образованным в цепочке горения водорода NeNa-цикла [2].

Элементы нейтронного захвата как для карликов, так и для гигантов показывают несколько больший разброс относительно среднего значения и небольшой дефицит содержания. Это связано, вероятно, с большей чувствительностью линий этих элементов к проведению уровня континуума и выбору параметров звезды, в частности ускорения свободного падения.

Полученные оценки содержания нейтрального железа для двух звезд-гигантов HD 28305 и HD 28307 совпадают с полученными ранее [15]. Хотя звезда-карлик HD 28099 согласно сети SIMBAD считается переменной, однако для нее был получен результат, сходный с результатами для остальных звезд выборки.

Разброс металличностей для карликов не превышает ошибок определения. На основе исследования нашей выборки звезд мы не мо-



**Таблица 5.** Средние значения  $[A/H]$  и разброс у содержания элементов для звезд карликов и гигантов

Химический элемент	Карлики		Гиганты	
	$\langle[A/H]\rangle$		$\langle[A/H]\rangle$	
Na I	0.09	0.01	0.32	0.04
Mg I	0.06	0.01	0.14	0.02
Al I	0.07	0.02	0.13	0.01
Si I	0.12	0.01	0.15	0.00
Ca I	0.08	0.01	0.07	0.02
Ti I	0.05	0.02	0.03	0.03
V I	0.09	0.03	0.10	0.02
Cr I	0.09	0.02	0.11	0.01
Fe I	0.09	0.02	0.03	0.02
Fe II	0.09	0.02	0.03	0.02
Co I	0.03	0.02	0.11	0.03
Ni I	0.06	0.02	0.06	0.03
Y II	0.06	0.02	0.02	0.07
La II	0.03	0.02	-0.01	0.07
Ce II	-0.03	0.04	-0.03	0.07
Nd II	0.04	0.03	-0.08	0.10

жем ничего сказать определенного об обогащении вещества звезд веществом протопланетных дисков и о наличии планетных систем у выбранных звезд [9].

## ВЫВОДЫ

Для звезд HD026756, HD025825, HD026767, HD027371, HD28099, HD029419, HD035768, HD240648, HD283704, HD 284574, HD27371, HD 28305, HD 28307 определены параметры атмосфер: эффективная температура  $T_{\text{эф}}$ , ускорение свободного падения  $lgg$ , турбулентная скорость  $V_t$  и металличность  $[Fe/H]$ .

Полученные содержания Na, Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Y, La, Ce, Nd в среднем избыточны примерно на 0.1 dex, что согласуется со значениями, полученными ранее для звезд скопления Гиад [4, 15, 16].

Получены избыточные содержания Na для звезд-гигантов, что соответствует эволюционной теории [2].

Оценки параметров звезд хорошо согласуются с данными других исследователей (см. табл. 4) [15, 16].

Автор благодарна за оказанную помощь в проведении данного исследования Т. В. Мишениной, Т. И. Горбаневой, В. В. Ковтюху.

1. Галазутдинов Г. А. Система обработки звездных эшеле-спектров. — Нижний Архиз, 1992.—52 с.— (Препринт / Спец. астрофиз. обсерватория; № 92).

2. Денисенков П. А. Природа аномалий содержания натрия в желтых сверхгигантах // Астрофизика.—1989.—**31**.—С. 293.
3. Клочкова В. Г., Панчук В. Е. К вопросу о металличности Гиад // Письма в Астрон. журн.—1985.—**11**, № 9.—Р. 692—695.
4. Мишенина Т. В., Комаров Н. С., Канцен Л. Э. Химический состав атмосфер трех звезд-гигантов скопления Гиад // Изв. Спец. астрофиз. обсерватория АН СССР (Астрофиз. исследования).—1991.—**31**.—С. 82—90.
5. Baranne A., Queloz D., Adrianzyk G. A spectrograph for accurate radial velocity measurements // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.—1996—**119**.—P. 373—390.
6. Castellani V., Degl'Innocenti S., Prada Moroni P. G. Stellar models and Hyades: the Hipparcos test // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—2001.—**320**.—P. 66—72.
7. de Bruijne J. H. J., Hoogerwerf R., de Zeeuw P. T. A Hipparcos study of the Hyades open cluster Improved color-absolute magnitude and Hertzsprung-Russell diagrams // Astron. and Astrophys.—2001.—**367**.—P. 111—147.
8. De Silva De G. M., Sneden C., Paulson D. B., et al. Chemical Homogeneity in the Hyades // Astrophys. J.—2006.—**131**.—P. 455—460.
9. Dotter A., Chaboyer B. Stellar pollution and [Fe/H] in the Hyades // Astrophys. J.—2003.—**596**.—P. L101—L104.
10. Flower P. J. Transformations from theoretical Hertzsprung-Russell diagrams to color-magnitude diagrams: effective temperatures, B-V colors, and bolometric corrections // Astrophys. J.—1996.—**469**.—P. 355—365.
11. Kovtyukh V. V., Andrievsky S. M. Do we really obtain reliable elemental abundances for supergiant stars? // Astron. and Astrophys.—1999.—**351**.—P. 597—606.
12. Kovtyukh V. V., Soubiran C., Belic S. L., Gorlova N. I. High precision effective temperatures for 181 F-K dwarfs from line-depth ratios // Astron. and Astrophys.—2003.—**411**.—P. 559—564.
13. Kurucz R. L. Atlas 9 stellar atmosphere programs and 2 km/s grid. — Cambridge: Smithsonian Astrophys. Observ., 1993.—CD-ROM N 13.
14. Lastennet E., Valls-Gabaud D., Lejeune T., Oblak E. Consequences of Hipparcos parallaxes for stellar evolutionary models. Three Hyades binaries: V818 Tauri, 51 Tauri, and  $\eta$ 2 Tauri // Astron. and Astrophys.—1999.—**349**.—P. 485—494
15. McWilliam A. High-resolution spectroscopic survey of 671 GK giants. I. Stellar atmosphere parameters and abundances // Astrophys. J.—1990.—**74**.—P. 1075—1128.
16. Paulson D. B., Sneden C., Cochran W. D. Searching for planets in the Hyades. IV. Differential abundance analysis of Hyades dwarfs // Astron. J.—2011.—**125**.—P. 3185—3195.
17. Perryman M. A. C., Brown A. G. A., Lbreton Y., et al. The Hyades: distance, structure, dynamics, and age // Astron. and Astrophys.—1998.—**331**.—P. 81—120.
18. Soubiran C., Katz D., Cayrel R. On-line determination of stellar atmospheric parameters  $T_{eff}$ ,  $\log g$ , [Fe/H] from ELODIE echelle spectra. II. The library of F5 to K7 stars // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.—1998.—**133**.—P. 221—226.

Статья поступила в редакцию 12.04.12