

УДК 524.35-325.4

## ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ И СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ВЫБОРКИ МАГНИТНЫХ СР-ЗВЕЗД

© 2007 Д. О. Кудрявцев<sup>1</sup>, И. И. Романюк<sup>1</sup>, Е. А. Семенко<sup>1</sup>, Г. А. Соловьев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167, Россия

<sup>2</sup>Ставропольский государственный университет, ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь, 355009, Россия

Поступила в редакцию 26 сентября 2006; принята в печать 4 декабря 2006

По спектрам, полученным на Основном звездном спектрографе (ОЗСП) 6-м телескопа с разрешением  $R \sim 15000$  и отношением сигнал/шум 200–300, для 32-х магнитных СР-звезд определены лучевые скорости и проекции скоростей вращения на луч зрения ( $v_e \sin i$ ). Величины  $v_e \sin i$  находятся в пределах от 18 км/с (нижняя граница, определяемая инструментальным профилем) до 65 км/с. Измерения звезд-стандартов указывают на отсутствие систематических различий в лучевых скоростях между нашими и литературными данными. Найдено или подтверждено, что 8 из 32-х магнитных звезд являются двойными, еще 4 заподозрены в двойственности. Для 27-ми звезд с известными параллаксами определены также компоненты тангенциальной скорости.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Химически пекулярные (СР) звезды составляют примерно 15% от общего количества звезд спектральных классов В–А, принадлежащих Главной последовательности [1]. Из более чем 6000 известных СР-звезд [2] примерно половина принадлежит к подклассу так называемых магнитных Ар- и Вр-звезд, другую половину составляют немагнитные Ат-звезды и звезды типа  $\lambda$  Волопаса.

По-видимому, все Ар- и Вр-звезды обладают магнитными полями, однако наблюдения с зеemannовскими анализаторами были выполнены только примерно для 10% из них. Наиболее полный на 2004 год список включал сведения о магнитных полях примерно 250 звезд [3]. За последние два года в результате выполнения программ по поиску новых магнитных звезд в САО [4] и на телескопах Европейской южной обсерватории [5] количество известных СР-звезд, обладающих сильными полями, увеличилось и составляет сейчас порядка 350–400 объектов. Надо сказать, что имеется еще около сотни объектов этого типа, у которых поле не было обнаружено. Но, как правило, это были либо случаи единичных измерений с относительно низкой точностью, либо измерялись звезды с быстрым вращением.

Такое малое количество найденных магнитных звезд, несмотря на интенсивные поиски в течение полувека, связано в первую очередь с тем, что влияние поля на профили спектральных линий очень мало, и на обычных, незеемановских,

спектрах практически невозможно отличить магнитную звезду от немагнитной. Поэтому трудно подобрать звезды-кандидаты для результативных наблюдений по поиску магнитных полей. Кроме того, такие исследования требуют больших затрат наблюдательного времени крупных телескопов.

И все же список магнитных звезд крайне необходимо расширять. На данный момент, помимо основного вопроса — как возникают сильные магнитные поля у СР-звезд, существует еще один, не менее важный — как эволюционируют магнитные поля у звезд? До недавних пор наличие сильного, хорошо структурированного магнитного поля было установлено только для звезд Главной последовательности. Сейчас регулярные измерения проводятся и для звезд, которые еще не вышли на Главную последовательность. Таким образом, изучая звезды разных возрастов, мы можем проследить, как меняется напряженность и структура магнитных полей. В связи с этим наблюдается особый интерес к исследованию звезд — членов скоплений и группировок разного возраста. Кроме всего прочего, в данном случае мы также можем изучать объекты, формирование и начальное развитие которых проходило в примерно одинаковых условиях.

На 6-м телескопе САО РАН выполняется большая программа поиска новых магнитных звезд. Мы предложили новую эффективную методику поиска, позволившую за относительно короткое время (около 5 лет) обнаружить более 70-ти таких объектов. Таким образом, наши наблюдения делают команду САО одним из мировых лидеров по

количеству открытых магнитных звезд. Результаты измерений магнитных полей опубликованы в работах [4, 6, 7].

Вращение, а также собственные движения звезд, наряду с такими фундаментальными параметрами как температура и химический состав, имеют ключевое значение при решении вопросов, связанных с присутствием аномально сильных магнитных полей в атмосферах CP-звезд. Имеются многочисленные доказательства того, что все CP-звезды принадлежат Главной последовательности [8]. Наблюдательные данные, полученные на спутнике HIPPARCOS, в очередной раз это подтвердили [9].

Однако до недавних пор магнитные поля можно было измерять только у достаточно ярких объектов (как правило, ярче 7–8 звездной величины), находящихся в ближайших окрестностях Солнца на расстояниях не более 100–200 пк, поэтому речь и о связи со структурой галактического магнитного поля идти не могла.

Прогресс в технике наблюдений, особенно заметный в последние 15–20 лет, привел к тому, что в настоящее время магнитные измерения проводятся регулярно для объектов 10–11 величины и слабее, что расширяет область пространства с известными магнитными звездами до 500–600 пк. Это означает, что можно не только значительно пополнить список магнитных CP-звезд, но и приступить к решению новых задач, например, начать поиск связи строения нашей локальной области Галактики и ее магнитного поля со структурой магнитных полей отдельных звезд.

Наш наблюдательный материал — земановские спектры, полученные в ходе выполнения большой программы поиска новых магнитных звезд, — частично позволяет это сделать. В первую очередь можно определить лучевые скорости ( $V_r$ ) и проекции скорости вращения на луч зрения ( $v_e \sin i$ ) относительно слабых новых магнитных звезд, находящихся на достаточном удалении от Солнца. Часть наблюдавшихся нами объектов входят в скопления и другие группировки разного возраста, что делает их изучение особенно полезным для исследования проблемы эволюции звездных магнитных полей.

## 2. НАБЛЮДЕНИЯ

Наблюдения выполнены в 2001–2005 гг. на Основном звездном спектрографе БТА с ПЗС-матрицами размером  $1060 \times 1040$  и  $2000 \times 2000$  элементов. Основной целью программы было измерение магнитных полей, поэтому наблюдения проводились с анализаторами круговой поляризации разной конструкции [10–12]. Приборы и методика наблюдений описаны в работе Елькина

и др. [7]. Обработка данных и получение искомым величин магнитных полей осуществлялись с помощью контекста long среды ESO MIDAS и программ, написанных Кудрявцевым [13]. Для измерения лучевых скоростей и скоростей вращения нами также были написаны небольшие программы для MIDAS, в основном с целью ускорить процесс измерения большого количества спектров.

Так как установка ПЗС-матрицы на камеру спектрографа всегда выполняется по-разному, для стандартизации наблюдений и контроля за работой аппаратуры мы при выполнении программы поиска новых магнитных звезд каждую ночь наблюдали также яркие немагнитные звезды. Положение “нуль-пункта” в системе наших измерений магнитных полей фиксируется очень надежно и непрерывно контролируется. Обработка материала позволяет получать информацию не только о магнитных полях, но также и о лучевых скоростях и скоростях вращения вновь обнаруженных магнитных звезд. При этом хорошо изученные яркие немагнитные звезды можно, с определенными оговорками, использовать в качестве стандартов и для этих целей.

Следует иметь в виду, что нижний предел величины проекции скорости вращения на луч зрения  $v_e \sin i$ , который достигается по нашим спектрам с умеренным разрешением, примерно равен 18 км/с. Так как существенная часть магнитных звезд вращается медленно, для них мы получим только инструментальный профиль спектральных линий. Конечно же, вращение таких объектов надо изучать по спектрам с высоким разрешением, позволяющим находить  $v_e \sin i$  с большей точностью.

Заметим, однако, что подавляющее большинство новых магнитных звезд мало изучены. В лучшем случае известен только тип пекулярности, да и тот определен не всегда надежно, нет сведений ни о температуре, ни о химическом составе, ни о скорости вращения. Поэтому наши первые количественные оценки величины  $v_e \sin i$  несомненно могут быть полезными при статистических исследованиях больших выборок магнитных химически пекулярных звезд.

## 3. ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ НОВЫХ МАГНИТНЫХ ЗВЕЗД

Лучевые скорости определялись стандартным образом, путем сравнения измеренных длин волн линий в спектре объекте с расчетными значениями, взятыми из Венской базы данных атомных линий (VALD) [19, 20]. Определение проводилось по суммарному спектру, сложенному из спектров левой и правой циркулярной поляризации. Для калибровки спектров по длине волны в качестве источника спектра сравнения использовалась Th-Ag-лампа с полым катодом.

В первый час после открытия забрала телескопа из-за возникающей разности температур (как правило, вне башни телескопа существенно холоднее, чем в подкупольном пространстве) имеет место быстрый температурный дрейф шкалы длин волн в спектрографе ОЗСП. Мы это учли во время наблюдений. Вся работа по определению лучевых скоростей выполнялась только спустя 1 час после начала работы телескопа.

В процессе наблюдений мы получали спектры стандартных звезд, у которых не было обнаружено поле. Это необходимо для учета инструментальных эффектов. Однако эти же звезды могут быть использованы и как стандарты лучевых скоростей.

В качестве таких стандартов были выбраны четыре объекта:

1. Арктур ( $\alpha$  Boo) — звезда с узкими и резкими линиями, спектральный класс K2, сведений о двойственности не имеется, в базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = -5.2$  км/с;
2. Процион ( $\alpha$  CMi) — звезда с узкими и резкими линиями, спектральный класс F5, хорошо известная спектральная двойная ADS 6251 с белым карликом в качестве вторичного компонента, период вращения 40.65 лет, амплитуда переменности лучевой скорости порядка 1 км/с; средняя лучевая скорость  $V_r = -3.2$  км/с (согласно базе данных SIMBAD); мы сочли возможным использовать эту звезду в качестве стандарта  $V_r$  так как переменность лучевой скорости в период наших наблюдений (4–5 лет) существенно меньше ошибок измерений;
3.  $\alpha$  Per — красный сверхгигант класса F5I с уширенными линиями, сведений о двойственности не имеется, для лучевой скорости в базе данных SIMBAD приведена величина  $V_r = -2.4$  км/с. Хотя точности измерений (из-за широких линий) по этой звезде и ниже, чем по Арктуру и Проциону, но это очень удобный объект для исследования — на широте БТА ее можно наблюдать практически круглый год.
4. HD 158974 — звезда-гигант с резкими линиями, спектральный класс G8III, сведений о двойственности не имеется, лучевая скорость в базе данных SIMBAD  $V_r = -26.4$  км/с.

Измерения  $V_r$  проводились по наиболее глубоким линиям. Для трех стандартов из нашего списка (Арктур, Процион и  $\alpha$  Per) наблюдаемые

**Таблица 1.** Параметры атмосфер звезд-стандартов

Стандарт	$T_{\text{эфф}}$	$\log g$
Арктур	4300	1.94
Процион	6540	3.97
$\alpha$ Per	6240	0.58

спектры сравнивались с синтетическими, что значительно облегчило процесс отождествления линий. Основные параметры, использованные при построении синтетических спектров, приведены в табл. 1. При расчетах использовались модели Курца [14], а синтетический спектр рассчитывался программой SYNTH3 [15]. Особенности химического состава не учитывались, содержание элементов — солнечное.

С выбором линий в спектрах магнитных звезд имеется трудность, связанная с отсутствием данных об эффективных температурах,  $\log g$  и химическом составе. Последнее особенно важно, так как мы имеем дело с химически пекулярными звездами. В итоге мы не имеем возможности построить синтетический спектр с целью отождествления максимального количества спектральных линий. В силу того, что спектральный диапазон во время всех наблюдений у нас один и тот же (примерно 4410–4630 Å) и достаточно хорошо изучен, мы отобрали линии, которые встречаются почти во всех измеряемых спектрах. Определение лучевой скорости мы проводили по линиям железа. Полный список всех используемых линий приведен в табл. 2. Информация о длинах волн взята из Венской базы данных атомных линий [19, 20]. Отметим, что не все линии из списка использовались для измерений во всех спектрах. Это связано с тем, что такие параметры как скорость вращения, температура и отношение сигнал/шум в спектрах менялись от звезды к звезде.

Результаты наших измерений лучевой скорости звезд-стандартов приведены в табл. 3. В ней указаны: юлианская дата наблюдений, отношение сигнал/шум, тип используемой ПЗС-матрицы, результат измерений лучевой скорости  $V_r$  и ошибка среднего.

Исследования стандартных звезд показали правильность примененного нами подхода. Во время выполнения настоящей работы мы увидели, например, что неучет быстрого температурного дрейфа после открытия забрала может привести к систематическим ошибкам лучевой скорости вплоть до 7–8 км/сек. Чтобы этого избежать, как мы и

**Таблица 2.** Список линий, по которым осуществлялись измерения лучевых скоростей

Элемент	$\lambda, \text{\AA}$	Элемент	$\lambda, \text{\AA}$
FeII	4413.6010	FeII	4491.4050
FeI	4415.1225	FeI	4494.5632
FeII	4416.8300	FeII	4507.1020
FeI	4427.3099	FeII	4508.2880
FeI	4430.1891	FeI	4514.1839
FeI	4433.2187	FeII	4515.3390
FeI	4442.3390	FeII	4520.2240
FeII	4445.2610	FeII	4522.6340
FeII	4446.2370	FeII	4526.4040
FeI	4447.7173	FeI	4528.6142
FeII	4451.5510	FeII	4538.7730
FeII	4453.2050	FeII	4541.5240
FeII	4455.2660	FeI	4547.8474
FeI	4459.1176	FeII	4555.8930
FeII	4461.7060	FeII	4576.3400
FeI	4466.5518	FeII	4582.8350
FeI	4469.3756	FeII	4583.8370
FeII	4472.9290	FeII	4593.8270
FeI	4476.0770	FeI	4602.9410
FeI	4482.2527	FeI	4607.6470
FeI	4484.2198	FeI	4611.2840
FeI	4485.6756	FeI	4613.2027
FeII	4489.1830	FeII	4620.5210

указывали выше, наблюдения проводились только после выравнивания температур подкупольного пространства и окружающей атмосферы, когда изменения шкалы длин волн успешно отслеживаются с помощью калибровочных спектров Th–Ar лампы.

Такой подход принес положительные результаты. Анализ наблюдений, проведенных с разными ПЗС–матрицами и анализаторами поляризации, показывает, что систематических погрешностей в пределах ошибок измерений не найдено. Средние значения полученных нами лучевых скоростей всех четырех стандартных звезд с высокой точностью совпадают с литературными.

**Таблица 3.** Лучевые скорости стандартных звезд

JD, 245+	С/Ш	ПЗС	$V_r \pm \sigma, \text{км/с}$
<u>Арктур</u>			
2127.216	1000	1160 × 1040	-6.0 ± 3.6
2130.227	1000	1160 × 1040	-7.0 3.3
2417.220	1000	1160 × 1040	-4.6 1.9
2660.580	1000	1160 × 1040	-6.7 3.0
2805.252	1000	2000 × 2000	-5.8 2.0
2830.240	800	2000 × 2000	-1.8 2.8
3274.150	2000	2000 × 2000	-4.6 1.2
3279.145	2000	2000 × 2000	-5.0 1.3
3365.680	1500	2000 × 2000	-4.8 2.0
3395.670	6000	2000 × 2000	-5.3 1.0
3490.379	5000	2000 × 2000	-5.2 1.8
3518.412	4000	2000 × 2000	-5.2 1.6
3519.416	2000	2000 × 2000	-5.4 1.8
3520.463	5000	2000 × 2000	-5.2 2.0
$\langle V_r \rangle = -5.2 \pm 0.5 \text{ км/с}$			
SIMBAD: $-5.2 \pm 0.9 \text{ км/с}$			
<u>Процион</u>			
2661.512	500	1160 × 1040	-5.6 2.1
3096.292	2000	2000 × 2000	-1.8 1.0
3097.250	2000	2000 × 2000	-2.3 1.0
3273.597	3000	2000 × 2000	-3.3 0.8
3278.606	3000	2000 × 2000	-3.2 0.8
$\langle V_r \rangle = -3.2 \pm 0.7 \text{ км/с}$			
SIMBAD: $-3.2 \pm 0.9 \text{ км/с}$			
<u><math>\alpha</math> Пер</u>			
2662.119	300	1160 × 1040	-5.9 3.2
2689.138	300	2000 × 2000	-1.8 2.1
2690.140	300	2000 × 2000	+3.1 2.2
2917.395	1200	1160 × 1040	-6.0 2.9
2918.212	1200	1160 × 1040	-5.5 3.5
3310.429	500	2000 × 2000	-2.1 1.1
$\langle V_r \rangle = -3.0 \pm 1.5 \text{ км/с}$			
SIMBAD: $-2.4 \pm 0.9 \text{ км/с}$			
<u>HD 158974</u>			
2128.210	300	1160 × 1040	-24.5 1.9

Таблица 3. (Продолжение)

JD, 245+	С/Ш	ПЗС	$V_r \pm \sigma$ , км/с
2191.145	300	1160 × 1040	-23.1 2.0
2625.100	500	2000 × 2000	-30.5 2.0
2812.323	500	2000 × 2000	-25.7 2.2
2832.437	300	2000 × 2000	-24.0 1.6
2834.373	300	2000 × 2000	-22.4 1.8
2835.327	400	2000 × 2000	-27.7 1.9
3275.285	300	2000 × 2000	-30.2 2.9
3304.125	700	2000 × 2000	-29.8 2.1
3308.300	600	2000 × 2000	-29.7 1.7

$\langle V_r \rangle = -26.7 \pm 1.0$  км/с  
 SIMBAD:  $-26.4 \pm 2$  км/с

Лучевые скорости вновь обнаруженных 32-х магнитных звезд представлены в табл. 4, где приведены: юлианская дата наблюдений, лучевая скорость звезды и ошибка ее определения, отношение сигнал/шум каждого из полученных спектров.

Для 27-ми звезд из нашего списка в каталоге HIPPARCOS [21] имеются сведения о параллаксе и собственных движениях  $\mu_\alpha$  и  $\mu_\delta$ . Для этих звезд мы определили компоненты пространственной скорости в прямоугольной системе координат ( $U$ ,  $V$ ,  $W$ ). Эти величины указаны ниже в комментариях к отдельным звездам.

#### 4. ОЦЕНКА СКОРОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Для определения скорости вращения магнитных CP-звезд необходимо использовать спектры с высоким разрешением (не хуже  $0.1 \text{ \AA}$ ) и отношением сигнал/шум (не хуже 100). Наиболее точно скорость вращения определяется методом сравнения профилей наблюдаемых в спектре линий с синтетическими профилями. Однако для большинства объектов из нашего списка нет оценок параметров атмосферы ( $T_{\text{eff}}$ ,  $\log g$ ), необходимых для построения адекватной модели. Выходом из такой ситуации может служить использование Фурье-анализа профилей. Однако этот метод для разных скоростей вращения (ширин профилей линий) может давать сильно различающиеся ошибки и лучше всего подходит для измерения величины  $v_e \sin i$  у быстровращающихся звезд. Поэтому для получения скоростей вращения мы использовали метод, основанный на измерениях полуширины спектральных профилей ( $FWHM$ ).

Таблица 4. Лучевые скорости новых магнитных звезд

JD, 245+	$V_r \pm \sigma$ , км/с	С/Ш
<u>HD 2957</u>		
3274.377	+10.8 ± 3.4	140
3275.367	+11.6 3.4	110
3278.417	+11.0 2.8	170
3364.142	+10.3 3.3	180
3365.135	+11.1 3.3	140
<u>HD 5601</u>		
3274.371	+12.3 2.3	220
3275.375	+11.5 3.4	220
3278.429	+9.8 4.0	260
<u>HD 6757</u>		
2545.477	-6.3 3.0	100
2625.296	-6.1 2.8	90
2626.258	-6.1 3.4	100
2689.168	-7.4 3.3	100
2690.146	-6.6 1.6	100
<u>HD 9147</u>		
2918.313	-36.6 3.1	100
3274.341	-17.5 2.8	200
3279.317	-19.0 3.2	220
3364.158	-46.0 2.3	240
3365.154	-44.7 2.9	230
<u>HD 19712</u>		
3273.406	+17.9 4.2	230
3274.392	+14.3 5.5	220
3275.383	+15.1 3.9	160
3362.275	+16.3 4.1	270
3363.250	+19.2 3.6	250
3364.269	+25.0 4.5	340
3365.188	+17.9 4.0	310
3395.240	+15.3 5.3	290
3396.200	+17.5 3.8	220
<u>HD 27404</u>		
2918.404	+3.8 6.5	160
3274.427	+10.2 4.9	170

Таблица 4. (Продолжение)

JD, 245+	$V_r \pm \sigma$ , км/с	С/Ш
3275.462	+11.9 6.2	250
3362.304	+14.3 6.1	190
	<u>HD 34162</u>	
2191.505	+35.5 3.0	80
2624.358	+40.8 5.0	80
2625.367	+36.9 3.0	90
2626.362	+36.6 3.3	80
2917.456	+35.7 3.2	120
2918.433	+34.5 3.8	110
	<u>HD 34719</u>	
3273.605	+37.8 5.6	320
3274.462	+39.1 7.2	210
3275.425	+15.1 10.1	270
3278.475	+34.6 9.1	300
4567.383	+14.5 9.7	450
	<u>HD 36955</u>	
3273.529	+29.1 6.7	160
3274.510	+25.4 5.8	180
3275.510	+28.1 5.8	140
	<u>HD 38823</u>	
1892.492	-11.4 3.3	100
2624.441	-5.3 3.1	120
2625.452	-9.9 2.7	130
2626.409	-6.1 2.3	110
2689.241	-9.7 2.5	90
	<u>HD 39082</u>	
3308.602	+22.8 7.0	270
3310.494	+26.3 5.1	140
3362.379	+27.9 4.9	120
3363.388	+23.8 6.3	440
	<u>HD 39658</u>	
2624.600	-1.6 4.4	100
2625.640	-4.8 2.3	80
2626.308	-9.7 5.7	90
2661.537	-6.8 4.2	70
2662.542	-3.7 2.2	80

Таблица 4. (Продолжение)

JD, 245+	$V_r \pm \sigma$ , км/с	С/Ш
2689.212	-6.8 3.4	45
	<u>HD 40711</u>	
1892.580	-14.9 2.9	50
2123.563	-17.6 8.9	50
	<u>HD 40759</u>	
2917.580	+34.5 2.4	130
2918.545	+32.5 3.7	130
3363.435	+32.3 3.3	250
	<u>HD 41403</u>	
2625.477	+2.2 3.3	140
2626.422	+2.0 2.6	110
2689.262	-1.0 3.3	150
2917.596	+0.5 3.4	130
2918.595	+0.5 3.7	70
3275.592	+1.8 3.3	230
3278.584	+0.3 3.4	220
	<u>HD 43819</u>	
3273.592	+8.4 1.5	360
3274.492	+8.7 1.6	260
3278.479	+9.9 1.8	360
	<u>HD 47756</u>	
3275.604	+19.6 3.1	290
3278.567	+19.5 3.4	280
3308.583	+22.1 2.3	240
3363.566	+20.7 3.1	270
3364.305	+21.8 2.8	230
3365.538	+20.8 2.7	330
	<u>HD 49040</u>	
3096.358	+20.7 3.6	100
3097.315	+20.1 2.8	98
3273.458	+20.6 3.4	100
3274.475	+20.8 3.1	103
3310.400	+21.0 3.0	97
3363.604	+22.5 3.0	186
3364.581	+19.0 3.0	220
	<u>HD 66350</u>	

Таблица 4. (Продолжение)

JD, 245+	$V_r \pm \sigma$ , км/с	С/Ш
3310.598	+27.5 3.5	170
3363.582	+30.4 3.2	130
3364.342	+25.9 4.6	200
3365.586	+30.1 3.5	180
<u>HD 115606</u>		
2333.467	-18.4 4.7	100
2417.252	-20.0 3.9	90
3097.398	-20.4 3.0	100
<u>HD 142554</u>		
2417.454	-32.9 3.5	90
2805.272	-30.4 5.5	130
2807.305	-31.6 4.4	80
2830.312	-32.6 3.7	130
<u>HD 149822</u>		
3363.668	+15.9 3.4	130
3365.646	+24.2 10.5	370
3395.606	+21.6 6.2	330
3490.442	+20.8 8.9	250
3518.446	+21.4 8.1	350
<u>HD 151199</u>		
3365.665	-50.0 3.2	420
3395.622	-53.3 5.1	370
3518.472	-53.3 5.0	560
3520.481	-51.2 7.2	380
<u>HD 158450</u>		
2805.373	-18.0 1.5	150
2807.379	-16.7 4.0	70
2812.415	-16.9 2.2	70
<u>HD 169842</u>		
3096.536	-29.0 4.0	180
3279.171	-26.3 5.8	170
3304.144	-29.3 6.0	220
3518.505	-32.3 6.1	
3519.458	-37.4 6.4	
<u>HD 170973</u>		
2805.359	-11.3 2.1	340

Таблица 4. (Продолжение)

JD, 245+	$V_r \pm \sigma$ , км/с	С/Ш
2807.521	-12.1 2.4	260
<u>HD 178892</u>		
2660.653	-13.3 6.3	50
2661.645	-14.8 2.6	25
2688.612	-17.3 3.8	80
2689.577	-14.7 5.4	70
2805.342	-21.2 4.8	180
2807.393	-22.0 5.6	140
2812.372	-21.0 5.6	130
2830.404	-23.2 5.0	200
2831.435	-22.9 4.9	200
2832.497	-22.3 5.1	170
2834.431	-19.7 4.2	170
2835.380	-20.7 5.1	240
<u>HD 184471</u>		
2807.475	-14.0 2.7	170
2832.519	-21.9 3.1	180
2835.483	-22.3 3.1	250
3096.561	-18.9 3.2	220
3279.220	-27.1 3.7	230
3304.181	-34.8 3.2	240
3308.179	-36.3 3.3	210
3362.154	-41.1 3.3	240
3364.124	-39.0 2.8	190
3365.120	-39.7 3.0	160
<u>HD 196606</u>		
3308.200	-9.7 4.5	360
3362.179	+0.4 3.5	420
3364.106	+0.8 4.5	390
3490.544	-25.5 3.0	260
3519.516	-54.5 4.0	450
<u>HD 205087</u>		
2805.524	-9.2 3.0	340
2830.537	-9.9 2.6	280
2832.535	-10.5 2.6	350
3362.216	-9.2 2.6	220

Таблица 4. (Продолжение)

JD, 245+	$V_r \pm \sigma$ , км/с	С/Ш
3364.110	-13.5 2.6	330
3365.108	-11.7 2.7	280
<u>HD 207188</u>		
3304.208	-8.1 3.7	180
3308.158	-8.0 3.6	200
3519.526	-8.3 5.9	200
<u>HD 343872</u>		
2127.242	-10.6 5.9	50
2128.241	-8.4 4.3	60
2130.393	-11.0 5.7	60

Мы планируем далее провести для некоторых звезд из нашего списка детальные исследования, включая определение скоростей вращения и химического состава с использованием моделей атмосфер.

Наши спектры получены в области 4450–4650 Å, наиболее удобной для измерения магнитных полей. Умеренное спектральное разрешение ( $R \sim 15000$ ) позволяет найти проекции скоростей вращения звезд, если величина  $v_e \sin i$  превышает ширину инструментального профиля, равную 18 км/с.

Так как речь идет о магнитных звездах, возможно магнитное уширение линий. При нашем спектральном разрешении оно будет оказывать влияние на профили при поверхностных полях более 2–3 кГс. Поэтому для этих звезд необходимо использовать линии с малыми факторами Ланде. Мы анализировали полуширины линий Fe II 4508.280 Å (фактор Ланде 0.4) и 4491.401 Å (фактор Ланде 0.5). Обе линии слабо блендированы и видны практически во всех спектрах, за редкими исключениями, когда линия 4491 Å была очень слабой. Учитывая вышесказанное, мы сочли возможным примерно оценить проекции скоростей вращения новых магнитных звезд, используя измерения полуширин линий. Оценка  $v \sin i$  была сделана по формуле

$$v_e \sin i = 43.47(FWHM) + 1.83 \text{ км/с,}$$

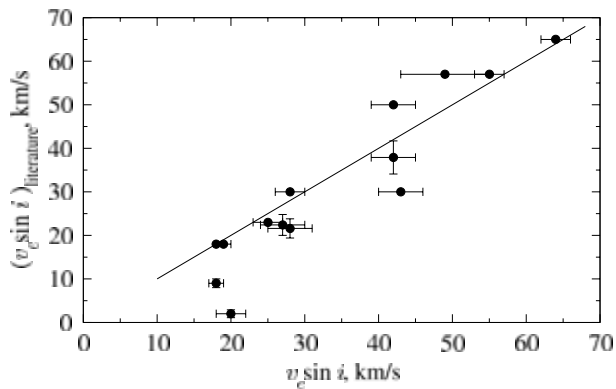
взятой из монографии Сахибуллина [22]. Здесь полуширина линий приводится в ангстремах.

Несмотря на то, что звезды, исследованные нами, в большинстве своем слабые ( $8-9^m$ ) и до этого изучены очень мало, нам все же удалось найти в литературе информацию о величинах  $v_e \sin i$  для

Таблица 5. Скорости вращения и пространственные скорости для 33-х магнитных звезд

HD	$v_e \sin i$ , км/с		$U$ , км/с	$V$ , км/с	$W$ , км/с
	Наст. работа	Др. данные			
2957	27 ± 3	24.4 ± 2.4 [30]			
5601	22 ± 2		7.2	9.4	-2.3
6757	≤ 18		-18.1	6.0	-3.6
9147	23 ± 2				
19712	42 ± 3		0.4	6.1	-8.1
27404	37 ± 3		5.9	-20.1	-0.7
34162	23 ± 2		14.6	-8.4	-24.0
34719	49 ± 6	57 [23]	5.5	-0.3	2.6
36955	37 ± 3				
38823	20 ± 2		-16.4	21.0	-0.3
39082	60 ± 2		13.6	2.0	2.3
39658	32 ± 5				
40711	20 ± 2	2 ± 0.9 [30]	-25.1	13.6	11.3
40759	25 ± 3		20.6	1.9	-7.4
41403	28 ± 3	21.6 ± 2.2 [30]	-9.0	20.9	-21.7
43819	≤ 19	18 [37]	-0.2	9.7	-1.9
47756	28 ± 2	30 [32]	11.1	5.7	0.8
49040	24 ± 2		20.0	-20.0	-7.9
66350	30 ± 2		14.6	-4.8	9.6
107612	42 ± 3	37.9 ± 3.8 [30]			
115606	22 ± 2		33.4	-6.9	-4.8
142554	27 ± 2				
149822	64 ± 2	65 [37]	-33.9	2.5	20.4
151199	55 ± 2	57 [37]	22.6	-5.7	-49.0
158450	20 ± 2		1.8	-11.9	3.8
169842	50 ± 7		17.9	-3.2	4.0
170973	≤ 18	18 [37]	6.5	16.3	-5.9
178892	≤ 18	9 ± 1 [38]	-17.7	-20.9	-5.7
184471	≤ 18		-13.9	-26.2	-12.2
196606	42 ± 3	50 [32]	1.5	-3.4	0.1
205087	25 ± 2	23 [37]	14.0	2.2	-4.2
207188	43 ± 3	30 [24]	8.3	8.5	3.0
343872	20 ± 2				





Сравнение измеренных и литературных величин  $v_e \sin i$  для 14-ти новых магнитных звезд. Сплошная линия —  $y(x) = x$ .

14-ти объектов нашей программы. Проекция скорости вращения указанных объектов распределены в достаточно широком диапазоне, что позволяет использовать эти данные для сравнения результатов наших измерений с литературными данными. Как видно на рисунке, согласие между нашими измерениями и значениями  $v_e \sin i$ , найденными другими авторами, достаточно хорошее.

В сводной табл. 5 представлены данные о скоростях вращения и пространственных скоростях магнитных звезд, рассматриваемых в данной работе.

## 5. КОММЕНТАРИИ К ОТДЕЛЬНЫМ ЗВЕЗДАМ

В комментариях анализируется степень согласия наших результатов с опубликованными данными других авторов, обсуждается возможное влияние магнитного поля на уширение профилей спектральных линий некоторых звезд, а также приведена другая полезная информация. Параллаксы приводятся в миллисекундах дуги, собственные движения  $\mu_\alpha$  и  $\mu_\delta$  — в миллисекундах дуги в год [21].

### *HD 2957 = HIP 2579*

Объект 8.5 звездной величины, в спектре пекулярности типа CgEu. Параллакс  $\pi = 2.39$  мс,  $\mu_\alpha = +5.36$  мс/год,  $\mu_\delta = +3.98$  мс/год.

В базе данных SIMBAD сведений о лучевой скорости не имеется.

Наши наблюдения были выполнены в течение двух наблюдательных сетов — в сентябре и декабре 2004 г. За 3 месяца переменности лучевой скорости обнаружено не было. Средняя величина  $V_r$  равна  $+11.0 \pm 1.4$  км/с.

### *HD 5601 = HIP 4488*

Звезда с аномальным содержанием кремния, видимая величина  $7.7^m$ , параллакс  $\pi = 3.91$  мс. Три наших наблюдения выполнены в сентябре 2004 г. В базе данных SIMBAD данные о лучевой скорости отсутствуют. Среднее значение лучевой скорости по трем нашим спектрам  $+11.2 \pm 2.1$  км/с. Переменность  $V_r$  не обнаружена.

Согласно нашим измерениям величина  $v_e \sin i$  равна  $22 \pm 2$  км/с.

Хенсберг и др. [25] нашли период вращения 1.11 сут. Наши измерения магнитного поля не позволяют подтвердить или опровергнуть этот результат.

Исходя из имеющейся информации о температуре звезды [26], можно попытаться оценить физические параметры HD 5601. Предполагая, что  $T_{\text{eff}} = 10400$  К и используя соотношение между эффективными температурами и радиусами звезд Главной последовательности, находим  $R = 2.6 R_\odot$ .

По известной формуле

$$v_e = 50.6 \frac{R}{P} \quad (1)$$

(здесь  $R$  определено в солнечных радиусах, а  $P$  — в сутках) и вышеуказанному периоду Хенсберга и др. [25] находим, что угол наклона оси вращения к лучу зрения  $i$  не превышает  $10^\circ$ .

Продольный компонент поля достигает величины более 2 кГс, что дает оценку поверхностного поля не менее 5 кГс. Учитывая небольшую скорость вращения, можно ожидать, что магнитное поле вносит заметный вклад в уширение линий.

### *HD 6757 = HIP 5385*

Звезда 7.7 звездной величины в видимом диапазоне, имеет в спектре пекулярности CgEuSi-типа. Параллакс  $\pi = 4.07$  мс, собственное движение:  $\mu_\alpha = -4.10$  мс/год,  $\mu_\delta = -11.08$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена как двойная система ADS 936AB. Сведения о лучевых скоростях отсутствуют. Наши измерения выполнены в 2002 и 2003 годах в течение 5 месяцев и показывают отсутствие вариаций лучевой скорости. Средняя величина  $V_r = -6.5 \pm 1.4$  км/с.

Спектр имеет узкие линии. Продольный компонент магнитного поля — от +2400 до +2900 Гс. Это указывает на сильное поверхностное поле — не менее 7–8 кГс. Можно ожидать, что линии дополнительно уширены еще и сильным поверхностным полем.

*HD 9147*

Относительно слабая ( $V = 9.4^m$ ) звезда с аномалиями стронция в спектре. Сведений о параллаксе не имеется.

В базе данных SIMBAD данные о лучевой скорости отсутствуют.

На протяжении года наблюдений 5 наших измерений показали переменность лучевых скоростей в пределах от  $-17$  до  $-46$  км/с. Нет сомнений в том, что обнаружена новая магнитная двойная звезда.

*HD 19712 = HIP 14736*

Достаточно близкая и яркая звезда ( $V = 7.4^m$ ) с пекулярностями SrEu-типа. Параллакс  $\pi = 6.01$  мс, собственное движение  $\mu_\alpha = +1.88$  мс/год,  $\mu_\delta = -7.87$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = 0.0 \pm 5.8$  км/с [27].

Судя по нашим измерениям, полученным на протяжении 5 месяцев (сентябрь 2004—январь 2005 года), лучевая скорость звезды не меняется, и ее средняя величина  $V_r$  равна  $+17.6 \pm 1.3$  км/с. Наблюдения стандартов, выполненные в те же ночи, не показывают каких-либо отклонений.

Существенные расхождения с данными, приведенными в работе [27], могут быть объяснены двойственностью звезды. Период обращения в этом случае должен быть большим — годы и десятилетия.

Звезда обладает сильным полем, продольный компонент которого меняется от  $-3800$  Гс до  $+1950$  Гс, что может указывать на присутствие поверхностного поля более 10 кГс.

Период вращения  $P = 2.1945$  сут. [28]. Измерения осложняются сильной переменностью профилей линий, на которых имеются детали, указывающие на неравномерное распределение элементов по поверхности. Мы определили величину  $v_e \sin i = 42$  км/с. Учитывая физические параметры звезды ( $T_e = 10150$  К [26]) и соотношения между температурой и радиусом звезды, по формуле (1) можно оценить, что экваториальная скорость вращения  $v_e = 60$  км/с, а угол  $i = 45^\circ$ .

*HD 27404 = HIP 20262*

Объект имеет звездную величину  $V = 8.0$ , в спектре пекулярности SiCr-типа. Параллакс  $\pi = 4.91$  мс, собственное движение:  $\mu_\alpha = +20.36$  мс/год,  $\mu_\delta = +29.68$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = +9.0 \pm 3.8$  км/с [27].

Наши 4 измерения, выполненные в течение года (с октября 2003 по декабрь 2004), имеют больший разброс. Однако средняя величина  $V_r = +10.0 \pm 3.3$  км/с в пределах ошибок совпадает с данными из литературы.

*HD 34162 = HIP 24515*

Относительно слабая ( $V = 8.7^m$ ) SrCrEu-пекулярная звезда. Линии в спектре узкие, параллакс  $\pi = 2.22$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = -5.09$  мс/год,  $\mu_\delta = -10.18$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = +32.1 \pm 3.6$  км/с [27].

На протяжении 2-х лет нами выполнено 6 измерений, которые показывают близкие результаты. Полученная нами средняя величина лучевой скорости  $V_r = +36.7 \pm 1.3$  км/с. В пределах ошибок измерений наши результаты совпадают с литературными.

*HD 34719 = HIP 24906*

Достаточно яркая ( $V = 6.6^m$ ) и близкая ( $\pi = 6.05$  мс) звезда с типом пекулярности SiHgCrEu. Член группы Плеяд. Собственное движение  $\mu_\alpha = +5.98$  мс/год,  $\mu_\delta = -12.94$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена величина  $V_r = +16.9 \pm 2$  км/с [29].

Профили линий очень сложные, видно расщепление на компоненты. Наши измерения дают две группы значений  $V_r$ : 1) примерно  $15-16$  км/с, совпадающее с литературными данными, 2) примерно  $35-39$  км/с.

Для прояснения ситуации необходимы дополнительные измерения. Нам представляется более верной первая величина.

*HD 36955 = BD -01°955*

Слабый ( $V = 9.6^m$ ) объект с типом пекулярности SrEuSr. Сведений о параллаксе не имеется, однако HD 36955 является членом скопления Collinder 70 в поясе Ориона. В таком случае расстояние до нее должно быть не менее 0.5 кпк. В базе данных SIMBAD данные о лучевой скорости отсутствуют.

Измерения спектров, полученных в течение трех суток наблюдений, дают среднюю величину  $V_r = +27.8 \pm 2.8$  км/с. Это соответствует лучевой скорости близлежащих звезд — членов ассоциации в Орионе.

*HD 38823 = HIP 27423*

Звезда имеет величину  $V = 7.3^m$  и тип пекулярности SrCr. Параллакс  $\pi = 8.78$  мс. Таким образом, это достаточно близкий объект. Собственное движение  $\mu_\alpha = -20.05$  мс/год,  $\mu_\delta = -0.26$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = +1.4 \pm 5.8$  км/с [27].

Наши 5 измерений, выполненные в течение 2-х лет (в декабре 2000, декабре 2002 и феврале 2003 г.г.), показывают большой разброс (от  $-5$  до  $-11$  км/с), а средняя величина лучевой скорости  $V_r = -8.5 \pm 1.2$  км/с. Различия оценок, полученных нами и в работе [27], существенно превышают ошибки измерений, поэтому имеются основания для того, чтобы заподозрить HD 38823 в двойственности.

Линии в спектре звезды узкие. Продольный компонент магнитного поля меняется от  $-2.5$  кГс до  $+1.3$  кГс. С учетом медленного вращения ( $v_e \sin i = 20 \pm 1$  км/с) магнитное уширение линий может играть существенную роль.

*HD 39082*

Объект имеет звездную величину  $V = 7.4^m$ , тип пекулярности SrCrEu, параллакс  $\pi = 6.52$  мс. В спектре широкие линии со сложными профилями, поэтому точность измерений довольно низкая. Собственное движение  $\mu_\alpha = +0.91$  мс/год,  $\mu_\delta = -1.22$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведено:  $V_r = +21.1 \pm 4.3$  км/с [27].

Среднее значение лучевой скорости по 4 нашим спектрам  $+25.2 \pm 1.2$  км/с, что в пределах ошибок совпадает с литературными данными.

*HD 39658 = BD +54°963*

Достаточно слабая ( $V = 8.8^m$ ), по-видимому, удаленная (сведений о параллаксе не имеется) звезда с пекулярностями типа SrEu.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = -10.2 \pm 6.4$  км/с [27].

Средняя лучевая скорость по 6-ти нашим спектрам равна  $-5.6 \pm 1.1$  км/с. Все измерения проведены в период с декабря 2002 г. по февраль 2003 г. Хотя они и дают систематически более положительную величину  $V_r$ , чем в работе [27], тем не менее эти различия не превышают ошибок измерений.

*HD 40711 = HIP 28501*

Достаточно слабая ( $V = 8.6^m$ ) и удаленная (параллакс  $1.84$  мс) пекулярная звезда типа SrCrEu. В работе [27] приведена величина лучевой скорости  $V_r = -20.1 \pm 2.7$  км/с. Собственное движение  $\mu_\alpha = +1.51$  мс/год,  $\mu_\delta = -0.68$  мс/год.

Средняя лучевая скорость по двум нашим спектрам равна  $-16.2 \pm 4.4$  км/с. В пределах ошибок наша оценка  $V_r$  совпадает с данными из литературы.

В работе [30] сообщается, что HD 40711 является членом двойной системы с периодом обращения  $1246 \pm 4$  суток и большим эксцентриситетом орбиты ( $0.83 \pm 0.01$ ). Поэтому исследования этой звезды представляют особый интерес.

*HD 40759 = HIP 28479*

Звездная величина объекта  $V = 8.6^m$ , параллакс  $\pi = 2.71$  мс, тип пекулярности SrEu. Собственное движение  $\mu_\alpha = -5.25$  мс/год,  $\mu_\delta = +1.41$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = +36.7 \pm 6.5$  км/с [27]. Член ассоциации Ori OB1.

Средняя скорость  $V_r$  по трем нашим спектрам равна  $+33.1 \pm 1.9$  км/с. Переменности  $V_r$  в пределах ошибок не выявлено.

*HD 41403 = HIP 28818*

Звезда имеет величину  $V = 7.6^m$ , тип пекулярности SrCrEu, параллакс  $\pi$  равен  $2.24$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = -13.89$  мс/год,  $\mu_\delta = -3.04$  мс/год. В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = +0.3 \pm 3.4$  км/с [27].

Средняя величина лучевой скорости по 7 нашим спектрам равна  $+0.9 \pm 0.4$  км/с. На протяжении двух лет наблюдений вариации лучевой скорости не обнаружены и наши измерения не противоречат литературным данным.

*HD 43819 = HIP 30019*

Яркая ( $V = 6.3^m$ ) звезда с кремниевыми аномалиями в спектре. Параллакс  $\pi = 5.15$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = -8.68$  мс/год,  $\mu_\delta = -4.80$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = +0.05.0$  км/с [31]. Средняя величина лучевой скорости по трем нашим спектрам  $+9.0 \pm 1.0$  км/с (3 зеемановских спектра были получены на 6-м телескопе в сентябре 2004 г.).

Имеется небольшая переменность профилей линий. Линии узкие, их ширина определяется инструментальным профилем, поэтому можно получить только верхнюю оценку  $v_e \sin i < 19$  км/с. Абт и др. [32] нашли  $v_e \sin i = 20$  км/с, что не противоречит нашим данным.

Майтцен [33] определил два возможных периода вращения: 0.93 суток и 1.077 сут. Адельман и др. [34] определили ее эффективную температуру  $T_{eff} = 11300$  К. По зависимости между эффективной температурой и радиусом звезд Главной последовательности находим радиус HD 43819  $R = 2.6R_{\odot}$ , а используя формулу (1), — экваториальную скорость вращения  $v_e = 130$  км/с (для периода 1.077 сут.). Таким образом, угол  $i$  не превышает  $10^\circ$ .

#### HD 47756 = HIP 31945

Яркая звезда ( $V = 6.5^m$ ), но находится на большом расстоянии от Солнца (параллакс 1.81 мс), член скопления NGC 2244. Спектральный класс V8IIIp, имеются SiCrSr-аномалии в спектре. Собственное движение  $\mu_\alpha = -2.71$  мс/год,  $\mu_\delta = -0.05$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = +35.0 \pm 10.0$  км/с [31]. Среднее значение лучевой скорости по 5-ти нашим спектрам равно  $+20.8 \pm 1.4$  км/с. Наши измерения выполнены в сентябре–декабре 2004 г., внутренняя сходимости результатов, как видно из табл. 4 — превосходная.

Большая разница между нашими и литературными данными может быть объяснена либо большой ошибкой результатов в работе [31], либо двойственностью системы. В пользу первого предположения говорит то, что лучевая скорость рассеянного скопления NGC 2244 равна  $+26.16 \pm 3.37$  км/с [35], что в пределах ошибок измерений совпадает с нашей величиной  $V_r$  для HD 47756.

#### HD 49040 = HIP 32626

Относительно слабая ( $V = 8.8^m$ ) СР-звезда SrCrEu-типа пекулярности. Член рассеянного скопления NGC 2281. Параллакс  $\pi = 0.91$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = -1.46$  мс/год,  $\mu_\delta = -7.68$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = +19.6 \pm 2.7$  км/с [27]. Средняя величина  $V_r$  по 7-ми нашим спектрам равна  $+20.7 \pm 0.4$  км/с.

Не видно никаких вариаций лучевой скорости как внутри наших измерений, так и при их сравнении с литературными данными. Лучевая скорость скопления  $V_r = +21.00$  км/с [35].

#### HD 66350 = HIP 39375

Относительно слабая ( $V = 8.7^m$ ) пекулярная звезда CrEu-типа. Параллакс  $\pi = 3.19$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = -4.15$  мс/год,  $\mu_\delta = 0.93$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = +26.4 \pm 3.0$  км/с [27]. Средняя величина по 4-м нашим спектрам равна  $+28.4 \pm 1.1$  км/с. Переменность лучевой скорости не обнаружена, наши данные хорошо совпадают с литературными.

#### HD 115606 = HIP 64886

Объект 8.6 звездной величины, пекулярность стронциевого типа. Параллакс  $\pi = 3.30$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = -30.61$  мс/год,  $\mu_\delta = 3.61$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = -22.4 \pm 2.0$  км/с [31]. Средняя величина  $V_r$  по трем нашим спектрам равна  $-19.6 \pm 1.9$  км/с. Переменность лучевой скорости не обнаружена. Все наши измерения систематически более положительные, чем в SIMBAD, тем не менее различия не превышают ошибок измерений.

#### HD 142554 = BD -04°4000

Тип пекулярности — CrEu. Довольно слабый объект ( $V = 9.9^m$ ), что позволяет предположить, что он находится на достаточно большом расстоянии, хотя сведений о параллаксе не имеется.

Сведений о лучевой скорости звезды в базе данных SIMBAD нет. Средняя величина  $V_r$  по 4-м нашим спектрам равна  $-31.9 \pm 1.6$  км/с. Переменность лучевой скорости не обнаружена.

#### HD 149822 = HIP 81337

Яркая ( $V = 6.4^m$ ) пекулярная звезда с аномалиями типа SiSr. Параллакс  $\pi = 7.47$  мс, собственное движение  $\mu_\alpha = -14.74$  мс/год,  $\mu_\delta = -30.35$  мс/год.

Линии в спектре широкие со сложными профилями, поэтому точность измерений низкая. В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = 0.0 \pm 2.0$  км/с [29]. Средняя величина по 5-ти нашим спектрам:  $+20.8 \pm 3.4$  км/с. По нашим измерениям переменности лучевой скорости не обнаружено, однако большое расхождение с данными, приведенными в SIMBAD, требует дополнительного исследования. Возможно, что звезда двойная.

*HD 151199 = HIP 81840*

Яркая ( $V = 6.2^m$ ) и близкая ( $\pi = 11.04$  мс) звезда стронциевого типа пекулярности. Собственное движение  $\mu_\alpha = +55.80$  мс/год,  $\mu_\delta = +80.28$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = -44.5 \pm 5.0$  км/с [31]. Средняя величина по 4-м нашим спектрам:  $-51.9 \pm 2.8$  км/с. Разброс измерений достаточно большой из-за асимметричности профилей линий.

Абт и Моррель [36] нашли  $v_e \sin i = 48$  км/с, Ройе и др. [37] — 55 км/с. Эффективная температура звезды  $T_e = 8800$  К, период вращения 6.143 сут. [28]. Используя соотношение между температурой и радиусом, а также формулу (1), находим, что экваториальная скорость  $v_e$  равна примерно 20 км/с, что меньше, чем ее проекция. Из этого следует, что значение периода вращения 6.143 сут. [28] ошибочно, период должен быть менее 3-х суток.

*HD 158450 = HIP 85618*

Относительно слабая ( $V = 8.6^m$ ) пекулярная звезда SrCrEu-типа. Параллакс равен 6.04 мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = -14.11$  мс/год,  $\mu_\delta = -21.19$  мс/год.

В базе данных SIMBAD отмечена как двойная или кратная система, приведена лучевая скорость  $V_r = -22.0 \pm 4.2$  км/с [27]. Средняя величина по трем нашим спектрам равна  $-17.2 \pm 1.4$  км/с. Различия между нашими измерениями и приведенными в SIMBAD довольно большие, что может быть объяснено двойственностью звезды.

*HD 169842 = HIP 90367*

Слабая ( $V = 9.1^m$ ) и далекая ( $\pi = 2.13$  мс) звезда типа SrCr. Собственное движение  $\mu_\alpha = +0.05$  мс/год,  $\mu_\delta = +1.80$  мс/год.

В базе данных SIMBAD сведений о лучевой скорости не имеется. Член скопления NGC 6633. Лучевая скорость скопления  $V_r = -25.43 \pm 3.79$  км/с [35]. Средняя величина по пяти нашим спектрам  $-30.8 \pm 2.9$  км/с. В спектре звезды наблюдаются достаточно широкие линии, поэтому точность измерений не очень высокая.

*HD 170973 = HIP 90858*

Величина  $V = 6.4^m$ , тип пекулярности звезды SrSiCr. Параллакс  $\pi = 2.73$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = +9.22$  мс/год,  $\mu_\delta = +3.24$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = -8.3 \pm 5.0$  км/с [31]. Средняя величина по двум нашим спектрам:  $-11.7 \pm 1.4$  км/с, что в пределах ошибок совпадает с литературными данными.

*HD 178892 = HIP 94155*

Звезда с очень сильным, достигающим до 8 кГс, магнитным полем. Как магнитная обнаружена нами на 6-м телескопе. Ее подробному исследованию посвящена работа [38]. Звездная величина объекта  $V = 8.9^m$ , пекулярность типа SrCrEu, параллакс  $\pi = 3.70$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = -2.00$  мс/год,  $\mu_\delta = -23.87$  мс/год.

Средняя величина  $V_r$  по 12-ти нашим измерениям равна  $-19.4 \pm 1.0$  км/с, однако наблюдается систематическая разница в величине лучевой скорости между определениями, проведенными в январе и июле 2003 г.

Наши измерения показывают, что профили линий инструментальные, следовательно,  $v_e \sin i < 18$  км/с. Линии значительно уширены магнитным полем. В работе Рябчиковой и др. [38] по спектрам с высоким разрешением, полученным на эшелле-спектрометре НЭС БТА, найдено, что  $v_e \sin i = 9$  км/с, а период вращения — около 8 суток.

*HD 184471 = HIP 96177*

Слабая ( $V = 9.0^m$ ) SrCrEu-звезда, параллакс  $\pi = 3.12$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = +2.82$  мс/год,  $\mu_\delta = -16.30$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = -34.9 \pm 6.6$  км/с [27]. Звезда является двойной системой с периодом обращения 429.2 сут. [30].

Наши 10 спектров, полученные в 2003–2004 гг., показывают сильную переменность лучевых скоростей: от  $-14$  до  $-41$  км/с. Таким образом, мы подтверждаем двойственность системы.

*HD 196606 = HIP 101765*

Яркая ( $V = 6.3^m$ ) пекулярная звезда с кремниевыми аномалиями. Параллакс  $\pi = 4.16$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = +8.98$  мс/год,  $\mu_\delta = -0.63$  мс/год.

В базе данных SIMBAD отмечена как звезда в двойной системе с лучевой скоростью  $V_r = -19 \pm 5$  км/с [29]. Звезда — оптическая двойная, второй компонент HD 196629 находится на расстоянии нескольких угловых минут. Наши измерения показывают сильную переменность лучевой скорости: от  $-55$  до  $+1$  км/с на масштабах сотни суток.

*HD 205087 = HIP 106355*

Яркая ( $V = 6.7^m$ ) пекулярная звезда с аномалиями SiSrCrEu-типа. Параллакс  $\pi = 5.39$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = +28.41$  мс/год,  $\mu_\delta = +3.66$  мс/год.

В базе данных SIMBAD приведена лучевая скорость  $V_r = -16 \pm 5$  км/с [29]. Средняя величина  $V_r$  по 6-ти нашим спектрам равна  $-10.7 \pm 0.7$  км/с, переменности лучевой скорости не обнаружено.

*HD 207188*

Объект имеет звездную величину  $V = 7.7^m$  и кремниевые аномалии в спектре. Параллакс  $\pi = 3.62$  мс. Собственное движение  $\mu_\alpha = +12.33$  мс/год,  $\mu_\delta = +1.21$  мс/год.

В базе данных SIMBAD звезда отмечена как двойная с переменной лучевой скоростью и средним значением  $V_r = -13.9$  км/с. Звезда визуально двойная, второй компонент находится на расстоянии  $7.5''$  и слабее на 2.6 зв. величины. Средняя величина  $V_r$  по трем нашим спектрам равна  $-8.1 \pm 2.1$  км/с.

*HD 343872 = BD +24°3675*

Звезда с сильным магнитным полем и очень большой переменной депрессией в непрерывном спектре на  $5200\text{\AA}$ . Звездная величина  $V = 9.9^m$ , в спектре — пекулярность Si, данные о параллаксе отсутствуют.

В базе данных SIMBAD сведений о лучевых скоростях нет. Три наши измерения в августе 2001 г. дают среднюю величину  $V_r = -10.0 \pm 1.8$  км/с. Линии достаточно резкие. Магнитное уширение линий существенно.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы определили лучевые скорости и скорости вращения 32-х новых магнитных CP-звезд. Это первый этап большой программы по исследованию пространственного распределения, кинематики и физики магнитных звезд в нашей Галактике. Исследованные звезды относятся к наиболее многочисленным CP-звездам с аномалиями Si, Si+ и SrCrEu. Абсолютные звездные величины этих объектов находятся в пределах от  $-1^m$  до  $+2^m$ . Ранее магнитные звезды такого типа наблюдались только в ближайших окрестностях Солнца (на расстоянии до 100–200 пк). В нашей новой выборке представлены более удаленные объекты.

Из 32-х новых магнитных звезд 14 имеют параллаксы менее 4 мс (что соответствует расстояниям более 250 пк) и еще для 5-ти объектов параллаксы не определялись на спутнике

HIPPARCOS [21]. Учитывая, что это слабые объекты 9–10 звездной величины, можно уверенно предположить, что они находятся на расстоянии более 250 пк.

Из общего количества (32 объекта) 8 звезд являются двойными и еще 4 заподозрены в двойственности. Таким образом, процент двойных несколько выше обычных 20% для магнитных звезд.

Проекции скоростей вращения на луч зрения  $v_e \sin i$  всех исследованных звезд находятся в пределах от 18 км/с (нижняя граница, обусловленная инструментальным профилем) до 65 км/с, что подтверждает хорошо известный факт медленного вращения магнитных звезд. Для 21-ой звезды величина  $v_e \sin i$  не превышает 30 км/с. Безусловно, эффекты наблюдательной селекции здесь играют важную роль — в нашу выборку не вошли звезды с очень широкими линиями (т.е. быстрым вращением), у которых магнитное поле мы не смогли измерить. Заметим, однако, что доля таких объектов среди новых магнитных звезд, найденных нами [4], не превышает 10%.

Шесть объектов являются членами рассеянных скоплений и ассоциаций разного возраста. Их детальное изучение представляет особый интерес для понимания происхождения и эволюции звездного магнетизма.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Г.А. Чунтонову за предоставление возможности работать с новыми анализаторами поляризации и помощь в подготовке к наблюдениям.

Работа была поддержана грантом Российского Фонда Фундаментальных исследований (РФФИ 06–02–16110а), грантом Президента РФ МК–1424.2005.2, Фондом содействия отечественной науке (Russian Science Support Foundation).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. I. I. Romanyuk, in *Proceedings of the International Meeting Magnetic Fields of Chemically Peculiar and Related Stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij and I. I. Romanyuk (Moscow, 2000), p. 18.
2. P. Renson, R. Fargiana and F. Catalano, *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **89**, 429 (1991).
3. И. И. Романюк, докторская диссертация, (Нижний Архыз, 2004).
4. D. O. Kudryavtsev, I. I. Romanyuk, V. G. Elkin and E. Paunzen, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **372**, 1804 (2006).
5. S. Bagnulo, J. D. Landstreet, E. Mason, et al., *Astronom. and Astrophys.* **450**, 777 (2006).

6. В. Г. Елькин, Д. О. Кудрявцев и И. И. Романюк, *Pis'ma Astronom. Zh.* **28**, 195 (2002).
7. В. Г. Елькин, Д. О. Кудрявцев и И. И. Романюк, *Pis'ma Astronom. Zh.* **29**, 455 (2003).
8. В. Л. Хохлова, *Итоги науки и техники. Астрономия* (ВИНИТИ, Москва, 1983), том. 24, с. 233.
9. O. Kochukhov and S. Bagnulo, *Astronom. and Astrophys.* **450**, 763 (2006).
10. И. Д. Найденов и Г. А. Чунтонов, *Сообщ. САО* **16**, 63 (1976).
11. G. A. Chountonov, in *Proceedings of the International Meeting Magnetic Fields of Chemically Peculiar and Related Stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij and I. I. Romanyuk (Moscow, 2000), p. 229.
12. G. A. Chountonov, in *Proceedings of the International Meeting Magnetic stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij, D. O. Kudryavtsev and I. I. Romanyuk (Moscow, 2004), p. 286.
13. D. O. Kudryavtsev, *Baltic Astronomy* **9**, 649 (2000).
14. R. L. Kurucz, CD-ROMs 1–23, *Smitsonian Astroph. Observ.*, (1993).
15. N. E. Piskunov, in *Proceedings of the International Meeting Stellar Magnetism*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij and I. I. Romanyuk (Nauka, St-Peterburg, 1992), p. 92.
16. J. P. Aufdenberg, H.-G. Ludwig and P. Kervella, *Astronom. J.* **633**, 424 (2005).
17. R. E. M. Griffin and A. E. Lynas-Gray, *Astronom. J.* **117**, 2998 (1999).
18. B.-C. Lee, G. A. Galazutdinov, I. Han, et al., *Publ. Astronom. Soc. Pacific* **118**, 636 (2006).
19. F. Kupka, T. A. Ryabchikova, N. E. Piskunov, et al., *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **138**, 119 (1999).
20. T. A. Ryabchikova, N. E. Piskunov, F. Kupka F. and W. W. Weiss, *Baltic Astronomy* **6**, 244 (1997).
21. ESA, The HIPPARCOS catalog, ESA SP-1200 (1997)
22. Н. А. Сахибуллин, *Методы моделирования в астрофизике. II. Определение фундаментальных параметров звезд* (Фэн, Казань, 2004), с. 235.
23. И. М. Копылов, *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)* **24**, 44 (1987).
24. H. Levato, S. Malaroda, N. Morrel, et al., *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **118**, 231 (1996).
25. H. Hensberge, H. M. Maitzen, G. Deridder, et al., *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **46**, 151 (1981).
26. Ю. В. Глаголевский, *Бюллетень САО* **53**, 33 (2002).
27. S. Grenier, M.-O. Baylac, L. Rolland, et al., *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **137**, 451 (1999).
28. F. Catalano and P. Renson, *Astronom. and Astrophys.* **147**, 421 (1998).
29. R. E. Wilson, *Carnegi Inst. Washington, DC. Publ.* **601** (1953).
30. F. Carrier, P. North, S. Udry and J. Babel, *Astronom. and Astrophys.* **394**, 151 (2002).
31. D. S. Evans, in *Proceedings of the IAU Symp. 30 Determination of Radial Velocities and their Applications*, Ed. by A. H. Batten and J. F. Heard (Academic Press, London, 1967).
32. H. A. Abt, H. Levato and M. Grosso, *Astronom. J.* **573**, 359 (2002).
33. H. M. Maitzen, *IBVS* **1735**, 1 (1980).
34. S. J. Adelman, D. M. Pyper, Z. Lopez-Garcia and H. Caliskan, *Astronom. and Astrophys.* **296**, 467 (1995).
35. N. V. Kharchenko, N. E. Piskunov, S. Roeser, et al., *Astronom. and Astrophys.* **438**, 1163 (2005).
36. H. A. Abt and N. Morrell, *Astrophys. J. Suppl.* **99**, 135 (1995).
37. F. Royer, S. Grenier, M.-O. Baylac, et al., *Astronom. and Astrophys.* **393**, 897 (2002).
38. T. Ryabchikova, O. Kochukhov, D. Kudryavtsev, et al., *Astronom. and Astrophys.* **445L**, 47 (2006).

## RADIAL AND ROTATIONAL VELOCITIES FOR A SAMPLE OF MAGNETIC CP STARS

D. O. Kudryavtsev, I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, G. A. Solov'ev

The spectra taken with the Main Stellar Spectrograph (MSS) of the 6-m telescope with a resolution of  $R \sim 15000$  and a signal-to-noise ratio of 200–300 are used to determine the radial velocities and projected rotational velocities ( $v_e \sin i$ ) for 32 magnetic CP stars. Measured  $v_e \sin i$  values range from 18 km/s (the lower boundary determined by the instrumental profile) to 65 km/s. Measurements of standard stars demonstrate the absence of systematic differences between our and published data. Eight of the 32 magnetic stars are found or confirmed to be binary and binarity is suspected for another four stars. The components of tangential velocity are determined for 27 stars with known parallaxes.