

УДК 524.35-13:520.872

## СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ МАГНИТНЫХ ЗВЕЗД НА БТА. II. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ 2010–2012 ГОДОВ

© 2014 Д. А. Растегаев<sup>1\*</sup>, Ю. Ю. Балега<sup>1,2</sup>,  
В. В. Дьяченко<sup>1</sup>, А. Ф. Максимов<sup>1</sup>, Е. В. Малоголовец<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101 Россия

Поступила в редакцию 14 января 2014 года; принята в печать 22 мая 2014 года

В работе представлены результаты спекл-интерферометрических наблюдений на телескопе БТА 156 звезд, обладающих глобальными магнитными полями. Наблюдения практически всех звезд выполнены в период с 2010 по 2012 гг. На отдельные компоненты разрешено 34 звезды (31 двойная и 3 тройных), из которых впервые разрешены астрометрическим способом 14 двойных (BD +41° 43, HD 2887, HD 30466, HD 36540, HD 36955, HD 37479, HD 61045, HD 89069, HD 144334, HD 164258, HD 349321, HD 343872, HD 184471, HD 196691) и 2 тройные системы (HD 37140, HD 338226).

Ключевые слова: *двойные — звёзды: магнитное поле*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа продолжает цикл статей, в котором мы публикуем результаты наших спекл-интерферометрических наблюдений большой выборки магнитных звезд, выполненных на 6-метровом телескопе БТА. В работе [1], открывшей данный цикл, мы описали выборку 273 объектов, отобранных для изучения методом высокого углового разрешения. Там же были представлены первые результаты наблюдений 117 химически пекулярных магнитных звезд. Здесь мы публикуем результаты спекл-интерферометрических наблюдений оставшихся 156 звезд выборки. Основным источником при отборе кандидатов для наблюдений послужил каталог [2]. Подавляющее большинство исследуемых объектов — это северные ( $\delta > -30^\circ$ ) звезды спектральных классов А и В, обладающие упорядоченными глобальными магнитными полями. Изучаемые объекты принадлежат разным типам химически пекулярных звезд и равномерно распределены на небесной сфере.

Нашей задачей является исследование магнитных звезд на предмет их двойственности и кратности. В данной статье мы представляем результаты наблюдений, выполненных в 2010–2012 гг.

### 2. НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Спекл-интерферометрические наблюдения 156 магнитных звезд проводились с марта 2010 по

июнь 2012 г., за исключением HD 6757, которая наблюдалась нами в декабре 2006 г. Все наблюдения выполнены на спекл-интерферометре, разработанном в Специальной астрофизической обсерватории РАН [3]. В качестве приемника использовалась камера PhotonMAX-512 на базе матрицы CCD 97 с внутренним умножением заряда (EMCCD) производства компании Princeton Instruments. Формат приемника 512 × 512 элементов.

Практически все объекты наблюдались в двух фильтрах: 550/20 и 800/100 нм (первое число указывает центральную длину волны пропускания фильтра, второе — полуширину полосы пропускания). Исключение составляют лишь BD +40° 175, которая наблюдалась только в фильтре 800/100, а также HD 142554 и HD 169887, наблюдавшиеся только в фильтре 550/20. Кроме этого звезда HD 22470 наблюдалась дополнительно в фильтре 713/10. Для шести объектов (HD 653, HD 2887, HD 5441, HD 25999, HD 30466, HD 199180), наблюдения которых состоялись в сентябре 2011 г., вместо фильтра 550/20 использовался 600/40. Для всех звезд получено 2000 кадров в каждом фильтре. Экспозиция отдельного кадра варьировалась для разных объектов в зависимости от светимости и погодных условий, но для подавляющего большинства звезд она составила 20 мс.

Предельная звездная величина, доступная наблюдениям с нашим спекл-интерферометром, составляет 15<sup>m</sup> при качестве изображений не хуже 1". Наибольшая разность блеска между ком-

\*E-mail: leda@sao.ru

Таблица 1. Результаты измерений двойных систем

HD/BD	HIP	Координаты 2000.0/ обозначение WDS	Epoch 2010.0+	$\theta$ , deg	$\sigma_\theta$ , deg	$\rho$ , mas	$\sigma_\rho$ , mas	$\Delta m$ , mag	$\sigma_{\Delta m}$ , mag	$\lambda/\Delta\lambda$ , nm
BD +41° 43		00220+4231	0.81693	143.9	0.7	329	5	2.85	0.08	550/20
BD +41° 43		00220+4231	0.81694	144.1	0.5	328	3	2.20	0.03	800/100
HD 2887	2562	00326+5513	1.69601	76.7	0.5	666	6	4.19	0.10	600/40
HD 2887	2562	00326+5513	1.69602	76.3	0.7	664	7	4.17	0.06	800/100
BD +40° 175 <sup>1)</sup>		00512+4112 STF 64	0.65865	274.4	0.3	3679	9	<sup>2)</sup>		800/100
HD 6757	5385	01089+4512 AC 13 AB	<sup>3)</sup> 265.1	265.1	0.3	618	2	1.01	0.01	550/20
HD 6757	5385	01089+4512 AC 13 AB	<sup>3)</sup> 265.1	265.1	0.3	617	2	0.73	0.01	800/100
HD 22470	16803	03363–1728 HDS 456	0.81710	73.4	0.3	173	2	1.27	0.04	550/20
HD 22470	16803	03363–1728 HDS 456	0.81712	73.4	0.3	174	1	1.23	0.04	713/10
HD 22470	16803	03363–1728 HDS 456	0.81711	73.3	0.3	173	1	1.20	0.01	800/100
HD 30466	22402	04493+2934	1.68558	318.9	0.5	156	2	1.95	0.01	600/40
HD 30466	22402	04493+2934	1.68559	318.9	0.6	155	2	1.48	0.02	800/100
HD 35100		05244+4237 A 1719 CD	1.94226	89.0	0.3	814	5	1.10	0.02	550/20
HD 35100		05244+4237 A 1719 CD	1.94227	89.1	0.3	813	3	0.94	0.01	800/100
HD 36540 <sup>4)</sup>	25954	05322–0431	0.81734	45.8	0.3	1967	7	6.2	0.4	800/100
HD 36955 <sup>4)</sup>		05351–0124	0.81740	99.7	0.3	1456	6	5.02	0.07	800/100
HD 37017	26233	05354–0430 HDS 745	0.81753	278.5	0.3	439	3	3.61	0.02	550/20
HD 37017	26233	05354–0430 HDS 745	0.81755	278.5	0.4	438	2	2.96	0.02	800/100
HD 37479		05388–0236	0.81465	303.2	1.0	335	6	4.68	0.08	550/20
HD 37479		05388–0236	0.81467	303.2	0.6	322	3	3.90	0.09	800/100
HD 61045	37047	07368–1434	0.16499	45.0	0.7	316	4	4.2	0.2	550/20
HD 61045	37047	07368–1434	0.16500	44.7	0.6	318	4	3.62	0.05	800/100
HD 89069 <sup>4)</sup>	50709	10213+7846	1.94294		0.3	3528	10	<sup>2)</sup>		800/100
HD 98088	55106	11170–0708 BU 600 AB	0.16274	211.9	0.3	1310	7	5.03	0.05	550/20
HD 98088	55106	11170–0708 BU 600 AB	0.16275	212.0	0.3	1312	7	4.04	0.02	800/100
HD 99563	55890	11273–0852 A 138	0.16276	217.5	0.3	1764	9	1.62	0.02	550/20
HD 99563	55890	11273–0852 A 138	0.16277	217.6	0.3	1765	9	1.17	0.01	800/100
HD 130559	72489	14493–1409 BU 106 AB	0.16313	6.1	0.3	1906	9	1.84	0.04	550/20
HD 130559	72489	14493–1409 BU 106 AB	0.16314	6.3	0.3	1903	9	1.25	0.02	800/100

Таблица 1. (Продолжение)

HD/BD	HIP	Координаты 2000.0/ обозначение WDS	Epoch 2010.0+	$\theta$ , deg	$\sigma_\theta$ , deg	$\rho$ , mas	$\sigma_\rho$ , mas	$\Delta m$ , mag	$\sigma_{\Delta m}$ , mag	$\lambda/\Delta\lambda$ , nm
HD 137909	75695	15278+2906 JEF 1	0.16568	123.2	0.3	144	1	2.04	0.10	550/20
HD 137909	75695	15278+2906 JEF 1	0.16569	123.1	0.3	144	1	1.72	0.10	800/100
HD 144334 <sup>4)</sup>	78877	16061–2336	0.16604	128.0	2.8	69	4	3.25	0.10	800/100
HD 145501		16120–1928 MTL 2 CD	0.33253	57.2	0.3	2343	15	<sup>2)</sup>		550/20
HD 145501		16120–1928 MTL 2 CD	0.33254	57.2	0.3	2339	6	<sup>2)</sup>		800/100
HD 148112	80463	16254+1402 BU 625 AB	0.33267	293.7	0.3	816	6	4.84	0.05	550/20
HD 148112	80463	16254+1402 BU 625 AB	0.33268	293.6	0.4	815	4	4.34	0.05	800/100
HD 158450	85618	17297–0801 RST 3977	0.33270	308.0	0.3	289	2	2.08	0.01	550/20
HD 158450	85618	17297–0801 RST 3977	0.33271	308.0	0.3	289	1	1.56	0.01	800/100
HD 164258 <sup>4)</sup>	88148	18003+0038	2.42429	151.5	1.1	173	4	3.72	0.12	800/100
HD 170000	89908	18208+7120 STT 353 AB	0.65776	268.3	0.3	493	3	1.50	0.01	550/20
HD 170000	89908	18208+7120 STT 353 AB	0.65777	268.3	0.3	491	2	1.38	0.01	800/100
HD 169887 <sup>5)</sup>		18257+2639 COU 815	0.50767	145.9	0.3	1527	10	2.92	0.04	550/20
HD 349321 <sup>4)</sup>		18487+2053	0.50780	220.0	0.4	1155	5	4.01	0.04	800/100
HD 343872 <sup>4)</sup>		19125+2422	0.65791	195.8	0.5	806	6	4.43	0.08	800/100
BD +35° 3616		19262+3542 COU 1620	0.64987	297.5	0.3	1386	9	2.75	0.02	550/20
BD +35° 3616		19262+3542 COU 1620	0.64988	297.4	0.3	1385	4	2.42	0.01	800/100
HD 184471 <sup>4)</sup>	96177	19333+3235	0.64991	201.0	0.4	1455	6	4.4	0.5	800/100
HD 192913	99927	20165+2747 HDS 2889	0.65020	121.4	0.3	218	2	2.44	0.02	550/20
HD 192913	99927	20165+2747 HDS 2889	0.65021	121.3	0.4	218	1	2.37	0.02	800/100
HD 201601	104521	21103+1008 KNT 5 AB	0.48327	255.5	0.3	723	5	4.33	0.03	550/20
HD 201601	104521	21103+1008 KNT 5 AB	0.48328	255.4	0.3	722	2	3.55	0.02	800/100
HD 196691		20392–0609	0.49689	141.9	0.5	456	4	1.97	0.04	550/20
HD 196691		20392–0609	0.49690	141.8	0.4	454	2	1.41	0.02	800/100

<sup>1)</sup> BD +40° 175 наблюдалась только в фильтре 800/100.

<sup>2)</sup> Расстояние между компонентами слишком большое для определения  $\Delta m$ .

<sup>3)</sup> Эпоха наблюдений HD 6757: 2006.94541 в фильтре 550/20 и 2006.94542 в фильтре 800/100.

<sup>4)</sup> HD 36540, HD 36955, HD 89069, HD 144334, HD 164258, HD 349321, HD 343872 и HD 184471 в фильтре 550/20 разрешить на отдельные компоненты не удалось.

<sup>5)</sup> HD 169887 наблюдалась только в фильтре 550/20.

понентами, доступная измерению с помощью нашего спекл-интерферометра, составляет около  $6^m$ . В частности, в ходе выполнения описываемых в настоящей статье наблюдений наибольшая зафиксированная разность блеска между компонентами составила  $6^m2$  в фильтре 800/100 (HD 36540) и  $5^m5$  в фильтре 550/20 (HD 152107). Максимальное расстояние между детектируемыми компонентами ограничено полем приемника ( $4''4 \times 4''4$ ) и составляет около  $3''$ .

Редукция спекл-интерферограмм проводилась по алгоритмам, описанным в работах [4, 5]. Для абсолютной привязки астрометрических измерений проводились наблюдения ярких одиночных звезд сквозь непрозрачную маску с парой круглых отверстий, отстоящих друг от друга на известном расстоянии, установленную в сходящемся пучке первичного фокуса телескопа. Средние ошибки определения углового расстояния и позиционного угла двойных систем составили  $0''0045$  и  $0^\circ49$  для фильтра 800/100. Аналогичные величины для фильтра 550/20 равны  $0''0056$  и  $0^\circ39$ . Реконструкция изображений двойных и тройных звездных систем, представленных на рисунке, выполнена с помощью метода биспектрального анализа [6].

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Параметры разрешенных нами на отдельные компоненты систем представлены в таблице 1. Первые две колонки таблицы — это HD, BD и HIP обозначения систем. В третьей колонке для впервые разделенных систем приведены сокращенные координаты, используемые в каталоге WDS. Для известных пар наряду с координатами дано обозначение первооткрывателя системы. Дата наблюдений в долях бесселианского года указана в четвертой колонке. В остальных колонках приведены позиционный угол пары  $\theta$  и его ошибка (в градусах), угловое расстояние между компонентами  $\rho$  и его ошибка (в угловых миллисекундах), разность блеска между компонентами  $\Delta m$  и ее ошибка (в звездных величинах), а также фильтр, в котором система наблюдалась. Аналогичные данные для тройных систем представлены в таблице 2. Из-за ограничений, связанных с размером приемника, для самых широких пар ( $\rho > 2''$ ) мы приводим только позиционные параметры.

В таблице 3 перечислены 122 неразрешенные спекл-интерферометрически системы.

### 4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ, РАЗРЕШЕННЫХ НАМИ ВПЕРВЫЕ

В этом разделе приведены комментарии к звездным системам, которые мы впервые разрешили

астрометрически на отдельные компоненты. В комментариях акцент сделан на орбитальные свойства обнаруженных систем и приблизительные оценки некоторых фундаментальных параметров вторичных компонентов. При расчетах в качестве большой полуоси орбиты мы использовали полученные проекционные расстояния между компонентами. Данная информация позволяет оценить возможность построения орбит систем в будущем с целью точного определения фундаментальных параметров входящих в них звезд.

#### 4.1. Спекл-интерферометрические двойные системы

##### *BD +41° 43*

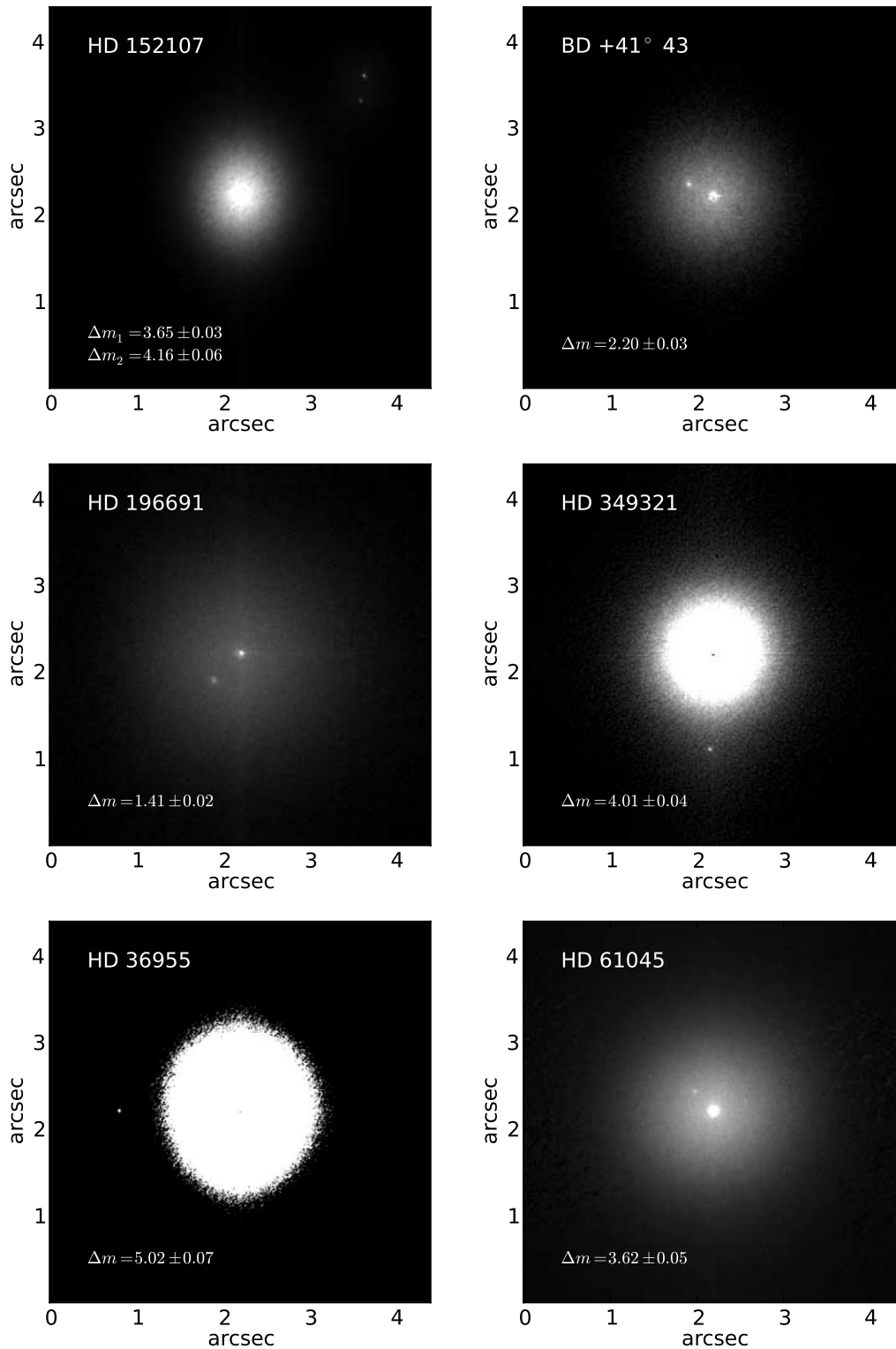
Плохо изученная кремниевая звезда [7], обладающая слабым магнитным полем  $\langle B_e \rangle = 290 \pm 150$  Гс [2]. В связи с тем, что расстояние до объекта не определено, неизвестно, насколько далеко расположен обнаруженный нами спутник от главного компонента. Также неизвестной остается и природа вторичного компонента, который слабее главной звезды на  $\Delta m = 2.2 \pm 0.03$  в фильтре 800/100 (см. рисунок). Спектральный класс главного компонента в базе данных SIMBAD не указан.

##### *HD 2887*

Это SrCrEu-звезда спектрального класса A0 [7]. Согласно параллаксу со спутника Hipparcos [8], находится от нас на расстоянии около 360 пк. Исходя из этого значения гелиоцентрического расстояния, обнаруженный нами спутник отстоит от главного компонента системы примерно на 240 а.е. Наши оценки спектрального класса обнаруженного компонента говорят о том, что он близок к солнечному (G2–G5) [9]. Орбитальный период систем с такими характеристиками составляет около 2000 лет.

##### *HD 30466*

Хорошо известная магнитная звезда, открытая Бэбкоком в 1958 г. [10]. Главный компонент — кремниевая звезда спектрального класса A0 [7] — обладает достаточно сильным магнитным полем  $\langle B_e \rangle = 1464 \pm 293$  Гс [2]. Полученная разность блеска между компонентами указывает на то, что спектральный класс спутника находится в диапазоне A8–F0 [9]. Учитывая параллакс, полученный спутником Hipparcos [8], равный  $6.69 \pm 0.66$  mas, и результаты наших наблюдений, расстояние между компонентами и орбитальный период системы составляют около 23 а.е. и 50 лет соответственно.



Восстановленные методом биспектрального анализа изображения одной тройной и пяти двойных систем. Все двойные звезды разрешены на отдельные компоненты впервые. Для каждой системы (подсистемы) указана разность блеска между спутником и главной (ярчайшей) звездой. Изображения восстановлены из спекл-интерферограмм, полученных в фильтре 800/100.

Таблица 2. Результаты измерений тройных систем

HD	HIP	Подсистема	Координаты 2000.0/ обозначение WDS	Epoch 2010.0+	$\theta$ , deg	$\sigma_\theta$ , deg	$\rho$ , mas	$\sigma_\rho$ , mas	$\Delta m$ , mag	$\sigma_{\Delta m}$ , mag	$\lambda/\Delta\lambda$ nm
37140		A–B	05363–0018	0.81743	108.5	2.6	51	3	2.31	0.03	550/20
		A–B	05363–0018	0.81744	108.0	2.0	51	2	1.70	0.03	800/100
		A–C	05363–0018	0.81743	38.8	4.1	116	9	5.4	2.6	550/20
		A–C	05363–0018	0.81744	38.4	2.7	121	6	3.9	2.9	800/100
152107	82321	A–B	16492+4559	0.66046	221.5	0.3	2065	13	5.13	0.03	550/20
		A–B	16492+4559	0.66047	221.6	0.3	2061	5	3.65	0.03	800/100
		A–C	16492+4559 BU 627 A,BC	0.66046	215.8	0.3	1835	12	5.50	0.04	550/20
		A–C	16492+4559 BU 627 A,BC	0.66047	215.9	0.3	1831	5	4.16	0.06	800/100
338226		A–B	19220+2512	0.64982	130.9	3.0	44	3	3.02	0.17	550/20
		A–B	19220+2512	0.64983	130.2	1.8	47	2	2.43	0.08	800/100
		A–C	19220+2512	0.64983	180.4	0.3	1946	7	5.32	0.19	800/100

*HD 36540*

Главный компонент — звезда-гигант спектрального класса В7 (по данным SIMBAD), в спектре которой наблюдаются ослабленные линии He [7]. Параллакс, определенный Hipparcos с большой ошибкой [8], говорит о том, что расстояние до системы около 500 пк. На таком расстоянии обнаруженному нами спутнику, отстоящему от главного компонента примерно на 2'' (приблизительно 900 а.е.), потребуется около 10 000 лет, чтобы совершить один оборот вокруг главного компонента. При расчетах мы исходили из предположений, что спектральный класс спутника, который более чем на 6 величин слабее главного компонента в фильтре 800/100, близок к G5 V, а суммарная массы системы составляет  $7 M_\odot$ . Разность блеска между компонентами в фильтре 550/20 превышает предел обнаружения нашего спекл-интерферометра.

*HD 36955*

Это SrCrEu-звезда спектрального класса A2 [7], обладающая средним по величине магнитным полем  $\langle B_e \rangle = 920 \pm 230$  Гс [2]. На рисунке показан обнаруженный у звезды спутник, слабее главного компонента на 5<sup>m</sup> в фильтре 800/100. Вторичный компонент скорее всего является звездой раннего K-класса. В фильтре 550/20 спутник не был обнаружен из-за слишком большой разности блеска. Расстояние до системы не определено, но есть основания считать, что она принадлежит ассоциации Orion OB 1 [11]. Приняв среднее расстояние до ассоциации 450 пк [12], мы оцениваем орбитальный период пары приблизительно в 10 000 лет. В расчетах мы использовали суммарную массу системы

$\sum M = 3.5 M_\odot$ , а большую полуось орбиты считали равной 650 а.е.

*HD 37479*

HD 37479 ( $\sigma$  Ori E) — гелиевая звезда спектрального класса B2 [7]. Средняя продольная компонента ее магнитного поля составляет примерно 2 кГс [2]. Согласно каталогу кратных звезд [13],  $\sigma$  Ori E входит в состав пятерной системы WDS 05387–0236, которой также принадлежит известная звезда  $\sigma$  Ori. Таким образом, обнаруженный нами компонент увеличивает число гравитационно связанных объектов в этой системе до шести. Поскольку параллакс HD 37479 не определен, расстояние до обнаруженной пары мы оценили по параллаксу  $\sigma$  Ori [8]. Положив  $d = 350$  пк, получаем, что обнаруженный спутник удален от  $\sigma$  Ori E примерно на 115 а.е. По измеренной разности блеска мы оценили спектральный класс обнаруженного компонента как поздний A. Для двойных систем с аналогичными параметрами орбитальный период составляет 300–400 лет.

*HD 61045*

Кремниевая звезда-гигант спектрального класса B8 [7] HD 61045 согласно тригонометрическому параллаксу Hipparcos находится от нас на расстоянии порядка 400 пк [8]. На рисунке показан спутник, обнаруженный у звезды в марте 2010 г. Согласно нашим расчетам, большая полуось орбиты обнаруженной системы составляет около 125 а.е. Исходя из измеренной разности блеска между компонентами, мы оцениваем, что спутник — звезда раннего F спектрального класса. Положив суммарную массу системы равной  $6.5 M_\odot$ , получаем, что орбитальный период пары составляет около 500 лет.

Таблица 3. Неразрешенные звезды

Название	Дата наблюдений	Название	Дата наблюдений	Название	Дата наблюдений
HD 653	2011.69616	HD 61468	2011.94263	HD 148898	2010.33262
BD +40° 175 A	2011.94195	HD 63843	2010.16501	HD 149911	2010.33265
HD 5441	2011.69615	HD 80316	2011.94281	HD 151199	2010.66045
HD 5737	2010.81685	HD 84081	2011.94283	BD +32° 2827	2010.50192
HD 6532	2010.81687	HD 86592	2010.16279	HD 153882	2010.66326
HD 9147	2010.66387	HD 96003	2011.94298	HD 159545	2010.50195
HD 12767	2010.81697	HD 96237	2011.94300	HD 164827	2012.42433
HD 15144	2010.81700	HD 105373	2010.16009	HD 165474	2010.66059
BD +42° 659	2011.94216	HD 107000	2010.16011	HD 168796	2010.66061
HD 23207	2010.81720	HD 107612	2010.16013	HD 168856	2012.42434
HD 279021	2011.94213	HD 112528	2010.16286	HD 169842	2010.66063
HD 24712	2010.81723	HD 114125	2011.95679	HD 170397	2012.42437
HD 25267	2010.81447	HD 115606	2010.16290	HD 170565	2010.66321
HD 25999	2011.68556	HD 116114	2010.16293	HD 170973	2010.66323
BD -01° 709	2010.81725	HD 118022	2010.16298	HD 170836	2010.33283
HD 30598	2010.81457	HD 119213	2010.16025	BD +17° 3622	2010.66328
HD 32633	2011.94221	HD 119027	2011.95680	HD 171184	2012.42439
HD 34797	2010.81459	HD 120198	2010.16564	HD 173650	2010.50771
HD 34719	2011.94224	HD 122970	2010.16301	HD 174933	2010.65786
HD 36485	2010.81750	HD 124224	2010.16303	HD 176232	2010.65789
HD 36526	2010.81736	HD 125248	2010.16310	HD 177765	2012.42442
HD 36629	2010.81738	HD 126515	2010.16312	HD 178892	2010.49945
HD 36668	2010.81746	HD 133029	2010.16567	HD 179761	2010.65802
HD 36916	2010.81752	HD 134214	2010.16319	HD 231054	2010.64981
HD 290665	2010.81742	HD 134793	2010.16321	HD 182532	2010.50228
HD 37058	2010.81748	HD 135297	2010.16323	HD 225627	2011.94179
HD 37642	2010.81469	HD 137949	2010.16325	HD 188042	2010.49697
HD 37776	2010.81471	HD 138218	2010.16327	HD 189963	2010.50231
HD 38823	2010.81474	HD 140160	2010.16329	HD 191742	2010.64998
HD 39082	2010.81477	HD 140728	2010.16571	HD 192224	2010.65001
HD 40759	2011.94249	HD 142070	2010.16331	HD 196502	2010.65818
V 1356 Ori	2011.94237	HD 142301	2010.16597	BD +00° 4535	2011.94181
HD 42605	2011.94251	HD 142554	2010.33251	HD 335238	2010.49694
NGC 2244-334	2011.94254	HD 142884	2010.16599	HD 199180	2011.68733
HD 49299	2011.94257	HD 142990	2010.16601	HD 199728	2010.64986
HD 49333	2011.94260	HD 144661	2010.16602	HD 207188	2010.50249
HD 50169	2011.94262	HD 146001	2010.33257	HD 209051	2010.50252
HD 50461	2010.81479	HD 147010	2010.33260	HD 215441	2010.66350
HD 53081	2011.94268	HD 148330	2010.66041	HD 216018	2010.50255
HD 55522	2010.81481	HD 148199	2010.48825	HD 220825	2010.65833
HD 55755	2011.94266				

*HD 89069*

Пекулярная SrCrEu-звезда HD 89069 относится к так называемым проблемным звездам Hipparcos типа S, что означает подозрение на двойственность. Объект уже наблюдался методом спекл-интерферометрии на 2.1-метровом телескопе обсерватории Макдональд [14], но разрешен на отдельные компоненты не был. Мы обнаружили широкий спутник у HD 89069 на удалении около  $3''.5$ . К сожалению, размер поля приемника ( $4''.4 \times 4''.4$ ) не позволяет надежно определить разность блеска между компонентами у таких широких пар, поскольку при наблюдениях главный компонент позиционируется по центру поля. Если обнаруженный спутник гравитационно связан с главной звездой, то, принимая во внимание параллакс  $2.20 \pm 0.67 \text{ mas}$  [8], большая полуось орбиты такой системы получается около 1600 а.е.

*HD 144334*

Главный компонент — He-weak звезда спектрального класса B8 V [7] из ассоциации Верхняя Скорпиона [15]. Спутник, видимый в фильтре 800/100, в фильтре 550/20 обнаружен не был. Гелиоцентрическое расстояние системы составляет около 160 пк [8]. На таком удалении спутник, отстоящий от главной звезды на угол  $0''.069$ , образует систему с большой полуосью орбиты равной примерно 11 а.е. Учитывая полученную разность блеска, вторичный компонент скорее всего имеет спектральный класс F [9], а орбитальный период системы такой конфигурации мы оцениваем в 15–20 лет.

*HD 164258*

Эта пекулярная звезда спектрального класса A3 относится к типу SrCrEu [7]. Ее параллакс, измеренный Hipparcos, составляет  $7.39 \pm 0.52 \text{ mas}$  [8]. В фильтре 800/100 нами был обнаружен спутник на угловом расстоянии  $\rho = 0''.173 \pm 0''.004$ , что соответствует проекционному расстоянию между компонентами порядка 23 а.е. Из-за большой разности блеска и большого зенитного расстояния в момент наблюдения, в фильтре 550/20 объект обнаружен не был. Скорее всего новый спутник принадлежит диапазону спектральных классов поздний G–ранний K. Орбитальный период новой пары, по нашим оценкам, составляет примерно 10 лет.

*HD 349321*

Главный компонент — плохо изученная кремниевая звезда спектрального класса A1 [7], обладающая довольно большим магнитным полем ( $\langle B_e \rangle \approx 3 \text{ kG}$ ) [2]. На рисунке показан обнаруженный у нее в июле 2010 г. спутник, отстоящий от главной звезды на расстоянии более  $1''$ . Спутник

виден только в фильтре 800/100, хотя система наблюдалась также и в более коротковолновой области спектра (550/20). Параллакс новой системы на сегодняшний день неизвестен. Наши оценки, основанные на измеренной разности блеска между компонентами, говорят о том, что спектральный класс спутника находится в диапазоне поздний G–ранний K.

*HD 343872*

У этой магнитной звезды спектрального класса B8 [7] из-за большой разности блеска между компонентами спутник был обнаружен только в фильтре 800/100. Гелиоцентрическое расстояние звезды, которая является переменной типа  $\alpha^2 \text{ CVn}$ , не определено. В ее спектре хорошо видны линии кремния [7]. Вероятнее всего, обнаруженный нами на угловом расстоянии  $\rho \approx 0''.8$  компонент относится к позднему G спектральному классу.

*HD 184471*

Согласно параллаксу Hipparcos [8], эта SrCrEu-звезда спектрального класса A9 [7] из созвездия Лебедя удалена от нас на расстояние около 500 пк. Спутник, который по нашим расчетам отстоит от главной звезды приблизительно на 700 а.е., из-за большой разности блеска между компонентами был обнаружен лишь в фильтре 800/100. Измеренная разность блеска указывает на принадлежность вторичного компонента позднему K спектральному классу. Положив для оценки суммарную массу системы равной  $2.2 M_{\odot}$ , мы получаем, что орбитальный период обнаруженной пары составляет более 10 000 лет.

*HD 196691*

До наших спекл-интерферометрических наблюдений HD 196691 была известна как одиночная кремниевая звезда спектрального класса A0 [7]. На рисунке показан обнаруженный у нее спутник на удалении  $\rho = 0''.454 \pm 0''.02$ . Параллакс системы неизвестен, и невозможно определить физическое расстояние между компонентами и орбитальный период пары. Из измеренной разности блеска мы оценили, что спектральный класс спутника близок к F0.

#### 4.2. Спекл-интерферометрические тройные системы

*HD 37140*

У этой звезды спектрального класса B8 [7] из созвездия Ориона мы обнаружили сразу два неизвестных ранее спутника. Самый близкий и яркий компонент мы обозначили как В, а далекий и тусклый — как С. На основе измеренной разности



блеска мы оценили, что спектральный класс компонента В близок к А7. Ошибка измерения разности блеска между главной звездой и компонентом С слишком велика, чтобы определить спектральный класс самого тусклого спутника в тройной системе. Мы можем лишь указать довольно большой диапазон спектральных классов, которому принадлежит компонент С. Этот диапазон включает в себя F, G и K классы. Параллакс системы неизвестен, однако мы знаем, что HD 37140 (V1130 Ori) принадлежит ассоциации Ori OB1 (см., например, работу [16]). Среднее гелиоцентрическое расстояние Ori OB1 составляет около 450 пк [12]. Используя это значение и измеренные угловые расстояния между компонентами, получаем следующие проекционные расстояния между главной звездой и спутниками:  $D_{AB} \approx 23$  а.е. и  $D_{AC} \approx 50$  а.е. Соотношение этих расстояний ставит вопрос об иерархичности обнаруженной звездной системы. Устойчивость объекта будет исследована в дальнейшем, по мере накопления наблюдательного материала.

### HD 338226

У кремниевой звезды спектрального класса В9 [7] HD 338226 мы также обнаружили сразу два новых компонента. Согласно измеренным разностям блеска, близкий и самый яркий спутник, обозначенный нами как компонент В, принадлежит раннему F спектральному классу (F0–F2). Наиболее удаленный компонент С оценивается нами как звезда спектрального класса К. Этот компонент из-за большой разности блеска виден только в фильтре 800/100. Соотношение угловых расстояний  $\rho_{AB} \approx 0''.05$  и  $\rho_{AC} \approx 1''.9$  (см. таблицу 2) говорит о том, что система удовлетворяет критериям динамической стабильности. Гелиоцентрическое расстояние HD 338226 не определено.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе и в работе [1] мы представили результаты спекл-интерферометрических наблюдений 273 магнитных звезд, выполненных на 6-метровом телескопе БТА САО РАН. Была полностью исследована северная часть ( $\delta > -30^\circ$ ) каталога [2], содержащего сведения о известных на начало 2008 г. магнитных звездах. Итогом наблюдений с высоким угловым разрешением ( $R = 0''.0022$ ) в поле  $4''.4 \times 4''.4$  стало обнаружение 28 новых двойных и 2 тройных звезд. Всего же на отдельные компоненты разрешено 63 объекта: 58 двойных и 5 тройных систем. Некоторые из этих объектов могут, в свою очередь, оказаться лишь

подсистемами в звездных системах более высокой кратности.

В следующей статье мы проведем статистический анализ накопленного материала с целью выявления возможных взаимосвязей между магнитным полем звезды и наличием у нее одного или нескольких спутников.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа проводилась при финансовой поддержке фонда РФФИ (грант 14-02-31318 мол\_а). Наблюдения на 6-метровом телескопе БТА проводятся при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (госконтракты 14.518.11.7070, 16.518.11.7073). Исследования выполнены с использованием базы данных SIMBAD (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>) и каталога WDS [17].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yu. Yu. Balega, V. V. Dyachenko, A. F. Maksimov, et al., *Astrophysical Bulletin* **67**, 44 (2012).
2. I. I. Romanyuk and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **63**, 139 (2008).
3. A. F. Maksimov, Yu. Yu. Balega, V. V. Dyachenko, et al., *Astrophysical Bulletin* **64**, 296 (2009).
4. I. I. Balega, Y. Y. Balega, K.-H. Hofmann, et al., *Astron. and Astrophys.* **385**, 87 (2002).
5. E. A. Pluzhnik, *Astron. and Astrophys.* **431**, 587 (2005).
6. A. W. Lohmann, G. Weigelt, and B. Wirtzner, *Applied Optics* **22**, 4028 (1983).
7. P. Renson and J. Manfroid, *Astron. and Astrophys.* **498**, 961 (2009).
8. F. van Leeuwen, *Astron. and Astrophys.* **474**, 653 (2007).
9. K. R. Lang, *Astrophysical Data I. Planets and Stars* (Springer-Verlag, New York, 1992) p. 137.
10. H. W. Babcock, *Astrophys. J. Suppl. Ser.* **3**, 141 (1958).
11. E. J. de Geus, J. Lub, and E. van de Grift, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **85**, 915 (1990).
12. A. G. A. Brown, E. J. de Geus, and P. T. de Zeeuw, *Astron. and Astrophys.* **289**, 101 (1994).
13. A. A. Tokovinin, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **124**, 75 (1997).
14. B. D. Mason, W. I. Hartkopf, E. R. Holdenried, and T. J. Rafferty, *Astron. J.* **121**, 3224 (2001).
15. R. F. Garrison, *Astrophys. J.* **147**, 1003 (1967).
16. N. M. Artyukhina and D. K. Karimova, *Sov. Astron.* **3**, 122 (1959).
17. B. D. Mason, G. L. Wycoff, W. I. Hartkopf, et al., *Astron. J.* **122**, 3466 (2001).

## Speckle Interferometry of Magnetic Stars with the BTA. II. Results of 2010–2012 Observations

**D. A. Rastegaev, Yu. Yu. Balega, V. V. Dyachenko, A. F. Maksimov, and E. V. Malogolovets**

We present the results of speckle interferometric observations of 156 stars possessing global magnetic fields, carried out with the 6-m BTA telescope of the Special Astrophysical Observatory. Virtually all stars were observed between 2010 and 2012. Thirty-four stars were resolved into individual components (31 double and 3 triple), of which 14 binary systems (BD +41° 43, HD 2887, HD 30466, HD 36540, HD 36955, HD 37479, HD 61045, HD 89069, HD 144334, HD 164258, HD 349321, HD 343872, HD 184471, HD 196691) and 2 triple systems (HD 37140, HD 338226) were for the first time resolved by the astrometric method.

Keywords: *binaries: general—stars: magnetic field*