

УДК 524.31.08:520.872

## СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ НИЗКОМЕТАЛЛИЧНЫХ ЗВЕЗД В ОКРЕСТНОСТИ СОЛНЦА. II

© 2008 Д. А. Растегаев<sup>1</sup>, Ю. Ю. Балега<sup>1</sup>,  
А. Ф. Максимов<sup>1</sup>, Е. В. Малоголовец<sup>1</sup>, В. В. Дьяченко<sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 7 апреля 2008 г.; принята в печать 21 апреля 2008 г.

Представлены результаты спекл-интерферометрических наблюдений на 6-м телескопе БТА 115 низкометаллических звезд ( $[m/H] < -1$ ) на расстоянии до 250 пк от Солнца с собственными движениями  $\mu \gtrsim 0.2''/\text{год}$ . Близкие спутники в диапазоне расстояний от  $0.034''$  до  $1''$  наблюдались у 12 объектов: G76-21, G59-1, G63-46, G135-16, G168-42, G141-47, G142-44, G190-10, G28-43, G217-8, G130-7 и G89-14, восемь из которых астрометрически разделены впервые. Среди новых разделенных систем одна тройная — G190-10. В комбинировании со спектральными и визуальными данными, соотношение одиночных, двойных, тройных и квадрупольных систем среди выборки 221 главного компонента звезд гало и толстого диска составляет 147:64:9:1.

Key words: звездные скопления и ассоциации, звездная динамика

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Звезды низкой металличности галактического гало и толстого диска несут важную информацию о химических и кинематических свойствах вещества в эпоху формирования Млечного пути. Особое значение имеет изучение орбитальных параметров двойных и кратных систем, которые являются источником сведений о массах и светимостях звезд.

Для оценки доли кратных систем и определения орбитальных параметров старых низкометаллических звезд нами был начат спекл-интерферометрический обзор этих объектов, находящихся на удалении до 250 пк от Солнца. В работе [1] была описана выборка 223 звезд-карликов населения II типа в окрестностях Солнца и представлены результаты спекл-интерферометрического обзора на БТА первых 109 звезд выборки. В выборку вошли близкие субкарлики не слабее 12 видимой звездной величины в V полосе (Рис. 1) спектральных классов F, G и ранних K с металличностью  $[m/H] < -1$  и собственными движениями  $\mu \gtrsim 0.2''/\text{год}$  (Рис. 2). В данной статье мы продолжаем публикацию результатов спекл-интерферометрических наблюдений остальных 114 звезд гало и толстого диска, выполненных в период с марта по сентябрь 2007 года на БТА. В работе также представлены результаты повторных спекл-интерферометрических измерений разделенной нами ранее подсистемы квадрупольной звезды G89-14 [1].

### 2. НАБЛЮДЕНИЯ

Спекл-интерферометрические наблюдения выполнены на 6-м телескопе БТА в марте (52 объекта), июне–июле (52 объекта) и сентябре 2007 года (10 объектов). Помимо этого, в марте мы повторно наблюдали в двух фильтрах обнаруженную нами в декабре 2006 года подсистему квадрупольной звезды G89-14 [1]. В сентябре наблюдалось 6 объектов, разделенных на компоненты в июне и июле (G141-47, G142-44, G217-8, G130-7, G190-10, G28-43). Также повторно наблюдались неразделенные объекты G183-9, G24-17, G26-1, G128-11 с целью получения спектров мощностей с большим соотношением сигнал/шум.

В наблюдениях использовалась система, созданная на основе EMCCD (ПЗС-матрица с внутренним электронным усилением) форматом  $512 \times 512$  элементов, имеющая высокую квантовую эффективность и линейность, что позволило обнаруживать объекты с разностью блеска между компонентами  $\Delta m \lesssim 5$  с дифракционным разрешением 6-м телескопа. Размер поля приемника  $4.4''$  позволял обнаруживать вторичные компоненты на удалении до  $3''$  от главной звезды.

Спекл-интерферограммы регистрировались в трех фильтрах: 550/20, 600/40 и 800/100 нм, (первое число указывает центральную длину волны пропускания фильтра, второе — полуширину полосы пропускания) с экспозициями от 5 до 20

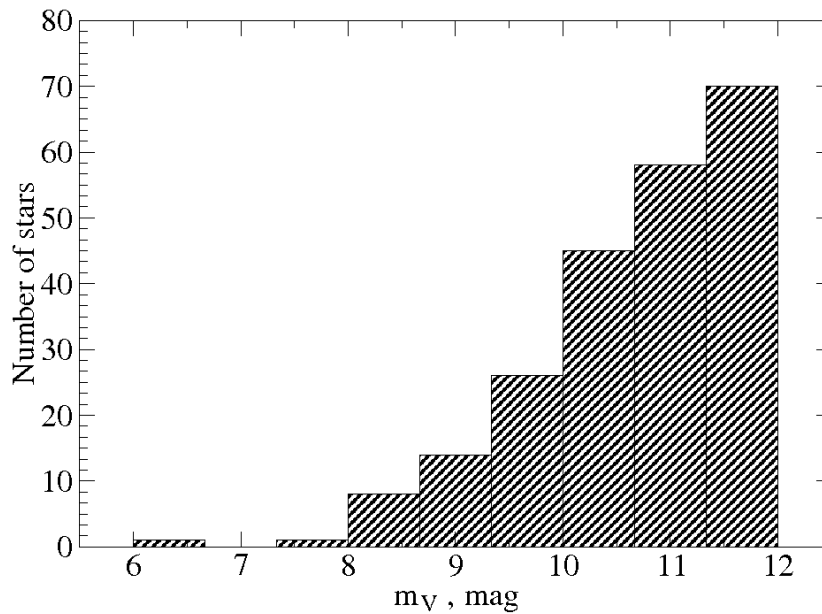


Рис. 1. Распределение звезд исследуемой выборки по видимой звездной величине в полосе V.

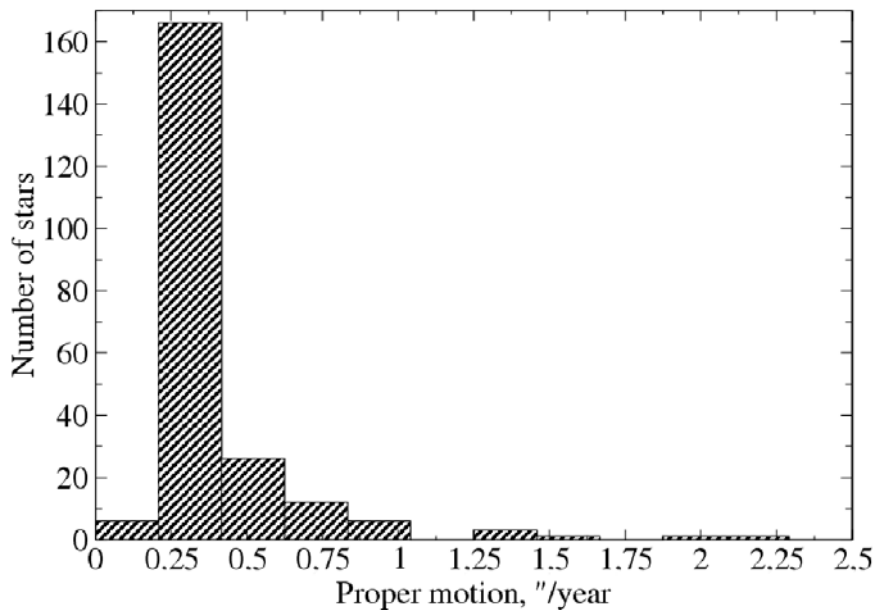


Рис. 2. Распределение звезд выборки по собственному движению. Для наглядности, звезда G122-51 с аномально большим собственным движением ( $\mu = 7.042$  "/год) на гистограмме не представлена.

миллисекунд. Практически для всех объектов в марте получено по 2000 изображений в каждом фильтре. Для объектов, снятых в июне, июле и сентябре, накоплено по 1940 экспозиций.

Погодные условия в мартовском сете не были благоприятными для спекл-интерферометрических наблюдений (качество изображений составляло примерно  $3''$ ). Наблюдения же в июне, июле и сентябре выполнялись при качестве изображений

$1.0 - 1.5''$ , зачастую достигая под утро значений лучше  $1''$ .

Калибровка измерений проводилась по так называемым "стандартным" парам — двойным системам, для которых хорошо известны расстояния между компонентами и позиционные углы. Помимо этого, в сентябре для калибровки масштаба и позиционного угла мы пользовались непрозрачной маской с парой круглых отверстий, установленной в сходящемся от главного зеркала БТА пуч-

Таблица 1. Результаты спекл-измерений объектов, разрешенных на компоненты

Название объекта	Другое название	$\rho$ (")	$\Theta$ (°)	$\Delta m$	Фильтр	Эпоха
G76-21	HIP 12529	$0.047 \pm 0.001$	$206.4 \pm 0.7$	$0.4 \pm 0.1$	800/100	2007.73116
G89-14	HIP 35756	$0.982 \pm 0.005$	$0.8 \pm 0.4$	$4.3 \pm 0.1$	800/100	2007.24040
G59-1	HIP 59233	$0.098 \pm 0.002$	$280.5 \pm 0.7$	$1.4 \pm 0.1$	800/100	2007.24333
G63-46	HIP 66665	$0.222 \pm 0.001$	$82.9 \pm 0.3$	$0.94 \pm 0.02$	550/20	2007.24084
G135-16	HIP 68714	$0.034 \pm 0.001$	$174.8 \pm 1.7$	$0.7 \pm 0.1$	550/20	2007.24388
G168-42	HIP 80003	$0.180 \pm 0.001$	$208.0 \pm 0.4$	$1.34 \pm 0.02$	800/100	2007.24109
G141-47	BD+10 ° 3711	$0.041 \pm 0.005$	$143 \pm 4$	$0.9 \pm 0.6$	800/100	2007.48727
G141-47	BD+10 ° 3711	$0.034 \pm 0.013$	$139 \pm 20$		550/20	2007.48728
G141-47	BD+10 ° 3711	$0.044 \pm 0.005$	$137 \pm 6$		800/100	2007.73870
G142-44	NLTT 48059	$0.661 \pm 0.007$	$193.2 \pm 0.7$	$3.7 \pm 0.2$	800/100	2007.49008
G142-44	NLTT 48059	$0.663 \pm 0.005$	$192.9 \pm 0.5$	$3.7 \pm 0.1$	800/100	2007.49286
G142-44	NLTT 48059			$> 4$	600/40	2007.49287
G142-44	NLTT 48059	$0.665 \pm 0.005$	$193.3 \pm 0.5$	$3.85 \pm 0.06$	800/100	2007.73871
G190-10	NLTT 55914	$0.977 \pm 0.001$	$287.0 \pm 0.2$	$1.39 \pm 0.02$	800/100	2007.51184
G190-10	NLTT 55914	$0.982 \pm 0.002$	$286.9 \pm 0.3$	$1.37 \pm 0.02$	800/100	2007.73885
G190-10	NLTT 55914	$0.982 \pm 0.002$	$286.9 \pm 0.3$	$1.73 \pm 0.03$	550/20	2007.73886
G28-43	HIP 114349	$0.425 \pm 0.003$	$37.6 \pm 0.4$	$3.35 \pm 0.04$	800/100	2007.51209
G28-43	HIP 114349	$0.425 \pm 0.004$	$37.4 \pm 0.6$	$3.5 \pm 0.1$	600/40	2007.51210
G28-43	HIP 114349	$0.424 \pm 0.003$	$37.7 \pm 0.4$	$3.32 \pm 0.03$	800/100	2007.73877
G217-8	HIP 115704	$0.09 \pm 0.02$	$263 \pm 5$		600/40	2007.49527
G217-8	HIP 115704	$0.07 \pm 0.02$	$260 \pm 5$		800/100	2007.72510
G130-7	HIP 117150	$0.191 \pm 0.005$	$230.0 \pm 1.5$	$2.98 \pm 0.06$	800/100	2007.51188
G130-7	HIP 117150	$0.191 \pm 0.004$	$230.7 \pm 1.0$	$2.95 \pm 0.04$	800/100	2007.73888

ке. Известная геометрия отверстий позволяет по интерференционной картине полос определить в каждом фильтре масштаб изображений и угловую ориентацию камеры. В качестве яркого источника света в этом методе мы использовали звезду Денеб.

Методика определения относительных положений и разностей звездных величин компонент исследуемых объектов из усредненных по серии спектров мощности спекл-интерферограмм описана в работах [2, 3]. Точности, достигаемые при использовании этой методики, составляют  $0.02^m$  для разности блеска,  $0.001''$  для углового расстояния и  $0.1^\circ$  для позиционного угла.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

В Табл. 1 приведены звезды, разрешенные на компоненты. Спекл-интерферометрически компоненты наблюдались у 12 объектов, из которых один — квадрупольная система G89-14, разделенная впервые в декабре 2006 года [1]. Из остальных 11 систем восемь (G76-21, G135-16, G141-47, G142-44, G190-10, G28-43, G217-8, G130-7) мы разделили астрометрически впервые. Среди новых систем отметим G190-10, где мы обнаружили третий компонент у известной ранее спектральной пары [4].

Помимо новых измерений мы приводим резуль-

Таблица 2. Спекл-измерения объектов, разрешенных в работе [1]

Название объекта	Другое название	$\rho$ (")	$\Theta$ (°)	$\Delta m$	Фильтр	Эпоха
G102-20	HIP 26676	0.119±0.006	308.0±2.8	3.2±0.4	550/20	2006.94164
G191-55	BD+58° 876	0.806±0.007	125.1±0.3	2.00±0.11	800/100	2006.94475
BD+19° 1185A	HIP 28671	0.114±0.002	183.6±0.7	1.77±0.04	550/20	2006.94711
G89-14	HIP 35756	0.979±0.009	0.8±0.4	4.1±0.4	800/100	2006.94455
G87-45	NLTG 18038	0.282±0.004	271.3±0.5	2.01±0.04	550/20	2006.94723
G87-45	NLTG 18038	0.282±0.003	270.7±0.4	1.76±0.04	800/100	2006.94724
G87-47	HIP 36936	0.077±0.003	54.0*±2.1	1.7±0.3	800/100	2006.94725
G111-38AB	HIP 38195	0.084±0.002	7.9±0.7	0.78±0.03	550/20	2006.94751
G111-38AB	HIP 38195	0.084±0.002	7.8±1.3	0.75±0.03	800/100	2006.94749
G111-38AC	HIP 38195	2.111±0.018	200.0±0.3	1.34±0.04	550/20	2006.94751
G111-38AC	HIP 38195	2.112±0.018	200.0±0.3	1.10±0.04	800/100	2006.94749
G111-38BC	HIP 38195	2.193±0.019	199.5±0.3	0.57±0.05	550/20	2006.94751
G111-38BC	HIP 38195	2.194±0.019	199.5±0.3	0.36±0.05	800/100	2006.94749
G114-25	HIP 44111	0.773±0.008	323.7±0.5	3.9±0.2	800/100	2006.94742

\* — положение вторичного компонента известно с неопределенностью в  $\pm 180^\circ$ .

таты повторной обработки звезд из работы [1] в Табл. 2. Незначительным отличием от результатов работы [1] явились скорректированные оценки углового расстояния, связанные с уточнением коэффициентов перехода от измерений в элементах разрешения матрицы к единицам измерения в угловой мере. Безусловно, это отразилось только на измерениях широких пар. Кроме того, мы более тщательно проанализировали ошибки измерений для каждого объекта и привели эпоху наблюдения каждой пары, чего не было сделано в работе [1]. Звезды, оставшиеся неразрешенными, приведены в Табл. 3.

#### 4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗДЕЛЕННЫХ ЗВЕЗДАХ

В данном разделе мы собрали дополнительную информацию о разрешенных звездах (см. также Табл. 4). Для некоторых объектов приведены два расстояния, определенные по тригонометрическим [5] и фотометрическим [6] параллаксам. Очевидно, расстояние, полученное вторым способом, будет заниженным, так как не учитывается светимость дополнительного компонента. С другой стороны, дополнительный

компонент также вносит ошибку и в измерения тригонометрического параллакса, особенно в короткопериодических системах.

**G76-21** ( $02^h 41^m 13^s.6 +09^\circ 46' 12''$ ; HIP 12529). Звезда спектрального класса F2 [7] с гелиоцентрическим расстоянием примерно равным 190 пк [5] и 90 пк согласно работе [6]. Наблюдалась методом покрытия луной, но не была разделена на индивидуальные компоненты [8]. Известна как SB2 система, подозреваемая в двойственности по результатам измерений металличности [6]. Спектральные наблюдения показывают признаки периодичности с периодом около 10 дней, однако убедительных признаков изменения лучевой скорости объекта зафиксировать не удалось [9]. Астрометрически разделена нами впервые.

**G89-14** ( $07^h 22^m 31^s.5 +08^\circ 49' 13''$ ; HIP 35756; WDS 07224+0854). Ранее нами был обнаружен четвертый компонент [1] в тройной системе, состоящей из спектрально-двойной пары с периодом 190 дней [4] и удаленного на  $34''$  от нее спутника с общим собственным движением [10]. Повторные наблюдения в фильтре 550/20 не позволили обнаружить спекл-интерферометрический компонент, удаленный от спектральной пары на  $0.98''$ ,

так как в этом участке спектра его блеск слабее более чем на 5 звездных величин блеска SB1 пары. Наблюдения же в фильтре 800/100 (см. Табл. 1) в марте 2007 г. подтвердили в пределах ошибок результаты наблюдений декабря 2006 г. Гелиоцентрическое расстояние квадрупольной системы составляет 95 пк [6] и примерно 170 пк согласно [5].

**G59-1** ( $12^h08^m54^s.7 +21^\circ47'19''$ ; HIP 59233; WDS 12089+2147). Тройная система. Внутренняя пара интегрального спектрального класса G2V [7] обнаружена спутником *HIPPARCOS* [5]. Внешний компонент, находящийся на расстоянии около  $16''$ , обладает с внутренней парой общим собственным движением [10]. Нами разделена внутренняя подсистема. Гелиоцентрическое расстояние примерно равно 110 пк [5] и 50 пк, согласно работе [6].

**G63-46** ( $13^h39^m59^s.6 +12^\circ35'22''$ ; HIP 66665; WDS 13400+1235). Двойная звезда спектрального класса F9V [7]. Впервые разделена спутником *HIPPARCOS* [5]. Имеются спеклинтерферометрические измерения [11, 12]. Расстояние до системы около 130 пк [5] и 60 пк [6].

**G135-16** ( $14^h04^m01^s.6 +22^\circ31'30''$ ; HIP 68714). Двойная звезда спектрального класса G2 [7]. Впервые разрешенная нами астрометрически пара, скорее всего, является спектрально-двойной системой типа SB1 с периодом 2606 дней [4]. Оценки гелиоцентрического расстояния примерно равны 80 пк [5] и 65 пк [6].

**G168-42** ( $16^h19^m51^s.7 +22^\circ38'20''$ ; HIP 80003). Астрометрическая двойная система [11, 13] спектрального класса sd:G2 [7]. Мы впервые при-

водим разность блеска между ее компонентами. В работе [4] приводится как спектрально-двойная с неизвестным периодом. Более чем за двадцать четыре года спектральных наблюдений у звезды отмечается систематическое уменьшение лучевой скорости [9]. Расстояние, определенное по тригонометрическому параллаксу, составляет около 110 пк [5], а по фотометрическому параллаксу — 100 пк [6].

**G142-44** ( $19^h38^m53^s.2 +16^\circ25'34''$ ; NLTT 48059; TYC 1602-2423-1). Впервые разрешенная нами двойная система спектрального класса G5 на расстоянии 110 пк [6]. Пара наблюдалась четыре раза (см. Табл. 1), три из которых в фильтре 800/100. Слабый контраст полос в спектре мощности в фильтре 600/40 позволил оценить лишь нижнюю границу разности блеска между компонентами в данной области спектра.

**G190-10** ( $23^h07^m59^s.8 +41^\circ51'20''$ ; NLTT 55914; TYC 3224-2564-1). Новая тройная система спектрального класса G1 [7]. У известной ранее SB1 системы с периодом около 30 дней [4] мы обнаружили внешний третий компонент, находящийся в  $0.98''$  от внутренней системы. Расстояние до объекта 90 пк [6].

**G28-43** ( $23^h09^m32^s.9 +00^\circ42'40''$ ; HIP 114349). Впервые разрешенная нами двойная система спектрального класса G2 [7]. Гелиоцентрическое расстояние 40 пк [6]. Параллакс спутника *HIPPARCOS* не приведен [7]. Широкий компонент CCDM J23096+0043B, удаленный на  $12.2''$ , не является физической парой [14].

Таблица 3. Не разрешенные звезды

Название	Фильтр ( $\lambda/\Delta\lambda, \text{нм}$ )	Эпоха	Название	Фильтр ( $\lambda/\Delta\lambda, \text{нм}$ )	Эпоха
G265-1	550/20; 800/100	2007.4952	G20-15	550/20; 800/100	2007.4871
G130-65	800/100	2007.5147	G182-31	550/20	2007.2493
G31-55	600/40; 800/100	2007.7253	G183-9	550/20	2007.2494
HD 3567	600/40; 800/100	2007.7254	G183-9	600/40	2007.5090
G242-65	600/40	2007.4953	G183-11	550/20	2007.2493
G242-71	600/40	2007.4952	G182-32	800/100	2007.2437
G271-162	800/100	2007.7391	G183-16	550/20	2007.2493
BD-1° 306	550/20; 800/100	2007.7391	G20-24	550/20; 800/100	2007.4872
G75-31	800/100	2007.7312	G140-44	550/20; 800/100	2007.4873
G4-36	800/100	2007.7312	G140-46	550/20; 800/100	2007.4872
G4-37	800/100	2007.7312	G206-34	800/100	2007.2493
G75-56	800/100	2007.7366	G21-19	550/20; 800/100	2007.4872

Таблица 3. Неразрешенные звезды (Продолжение)

Название	Фильтр ( $\lambda/\Delta\lambda, \text{нм}$ )	Эпоха	Название	Фильтр ( $\lambda/\Delta\lambda, \text{нм}$ )	Эпоха
G95-11	800/100	2007.7367	G125-5	550/20	2007.2493
G89-14	550/20	2007.2404	G92-6	600/40; 800/100	2007.4901
G13-9	550/20	2007.2406	BD+26° 3578	550/20; 800/100	2007.4901
G11-44	550/20	2007.2406	HD 188510	550/20; 800/100	2007.4901
G123-9	800/100	2007.2464	G186-26	600/40; 800/100	2007.4929
G12-21	550/20	2007.2406	HD 194598	600/40	2007.4954
G13-35	550/20	2007.2406	G262-14	600/40; 800/100	2007.4953
G13-38	550/20	2007.2406	G24-17	600/40	2007.4955
G199-20	800/100	2007.2465	G24-17	800/100	2007.5065
G59-27	800/100	2007.2464	G24-25	800/100	2007.5064
G60-46	550/20	2007.2407	G210-33	800/100	2007.5117
G60-48	550/20	2007.2407	G212-7	550/20; 800/100	2007.5117
G14-33	800/100	2007.2408	HD 201891	550/20; 800/100	2007.4955
G177-23	550/20	2007.2465	G25-24	800/100	2007.5065
G255-32	800/100	2007.2466	G187-40	800/100	2007.5118
G62-52	550/20	2007.2435	G26-1	600/40; 800/100	2007.4901
G64-12	800/100	2007.2436	G26-1	800/100	2007.5065
G150-40	800/100	2007.2464	G126-10	800/100	2007.5093
G165-39	550/20	2007.2464	G93-27	800/100	2007.5065
G65-22	800/100	2007.2463	G231-52	600/40; 800/100	2007.4953
G64-37	800/100	2007.2409	G188-22	800/100	2007.5118
G239-12	800/100	2007.2466	G126-36	800/100	2007.5066
G178-27	550/20	2007.2464	G188-30	800/100	2007.5118
G201-5	800/100	2007.2435	G232-40	600/40	2007.4953
G66-30	550/20	2007.2410	G214-5	800/100	2007.5118
G166-54	800/100	2007.2409	G27-8	800/100	2007.5066
G66-51	550/20	2007.2410	G126-52	600/40	2007.5092
G179-22	550/20	2007.2465	G126-62	600/40	2007.5092
G201-44	550/20	2007.2435	LFT 1697	800/100	2007.5066
G15-24	800/100	2007.2466	G18-39	800/100	2007.5093
G168-26	800/100	2007.2410	G156-7	800/100	2007.5093
G180-24	550/20	2007.2434	G18-54	600/40	2007.5093
G202-35	800/100	2007.2435	G27-33	800/100	2007.5093
G180-58	800/100	2007.2434	G233-26	600/40	2007.4953

Таблица 3. Неразрешенные звезды (Продолжение)

Название	Фильтр ( $\lambda/\Delta\lambda, \text{нм}$ )	Эпоха	Название	Фильтр ( $\lambda/\Delta\lambda, \text{нм}$ )	Эпоха
G153-64	800/100	2007.2438	G128-11	600/40	2007.5094
G17-25	550/20; 800/100	2007.2438	G128-11	800/100	2007.5119
G202-65	800/100	2007.2435	G242-14	600/40	2007.4952
G180-66	800/100	2007.2435	G68-3	550/20; 800/100	2007.5119
G169-28	800/100	2007.2412	G190-15	550/20; 800/100	2007.5119
G139-8	800/100	2007.2411	G29-25	800/100	2007.5121
G19-25	550/20	2007.2494	G29-71	800/100	2007.5121
G139-49	550/20	2007.2494	G20-8	550/20	2007.2494

**G141-47** ( $18^{\text{h}}53^{\text{m}}16^{\text{s}}.5 + 10^{\circ}37'26''$ ; BD+10°3711; TУС 1030-316-1). Впервые разрешенная нами астрометрически пара с угловым расстоянием примерно равным  $0.04''$  является спектрально-двойной системой типа SB1 с периодом 388.52 дня [4] и спектральным классом F8 [7]. Не исключено, что мы обнаружили третий компонент к известной спектральной паре. Гелиоцентрическое расстояние до объекта 110 пк [6]. Система наблюдалась два раза в июне в фильтрах 550/20 и 800/100, а также в сентябре в фильтре 800/100. поэтому необходим дальнейший мониторинг В Табл. 1 мы приводим лишь предварительную фотометрию спекл-интерферометрической пары по результатам июньских наблюдений в фильтре 800/100 из-за низкого отношения сигнал/шум накопленных спектров мощности. **G217-8** ( $23^{\text{h}}26^{\text{m}}32^{\text{s}}.8 + 60^{\circ}37'43''$ ; HIP 115704). Спектрально-двойная система спектрального класса F2 [7] с предварительной орбитой (период 9632 дня) [4] впервые разрешена нами астрометрически. Расстояние до системы примерно равно 110 пк [5] и 105 пк [6]. Объект наблюдался нами два раза: в июне, в фильтре 600/40, и сентябре, в фильтре 800/100. К сожалению, качество спектров мощности в обоих фильтрах не позволило нам определить разность блеска между компонентами и отразилось на точности измерения позиционных параметров (см. Табл. 1).

**G130-7** ( $23^{\text{h}}45^{\text{m}}00^{\text{s}}.1 + 30^{\circ}20'10''$ ; HIP 117150). Впервые разделенная нами на индивидуальные компоненты система спектрального класса F [7] на расстоянии порядка 160 пк [5] (120 пк [6]) от Солнца.

## 5. КРАТНОСТЬ ЗВЕЗД

### 5.1. Удаленные компоненты

Для 114 рассматриваемых объектов мы привлекли дополнительно имеющиеся сведения о

спектральной кратности [4, 15] и данные об удаленных компонентах из каталога WDS [16]. Если спектральные и интерферометрические измерения не вызывают сомнений в том, что компоненты являются физически связанными, то к широким визуальным компаньонам следует относиться более внимательно. Всего для наших звезд было найдено 104 WDS-компаньона, большая часть из которых была нами отброшена как случайные оптические проекции. В Табл. 5 приведены данные по всем найденным широким компонентам звезд нашей выборки. В первой колонке содержатся названия исследуемых звезд, во второй — все найденные WDS-компоненты. Для компонентов, физическая связь которых со звездами выборки установлена, в колонках 3 и 4 приведены, соответственно, расстояния в угловых секундах и разность блеска. В колонке 5, озаглавленной “Статус”, знаком “+” отмечены компоненты, для которых мы допускаем физическую связь с главной звездой, знаком “-” мы обозначили несвязанные оптические пары. Дополнительный знак вопроса в этой колонке отмечает тот факт, что мы не полностью уверены в правильности принятого решения, а одиночный знак вопроса стоит в случае единственного измерения, на основании которого нельзя сделать каких-либо заключений о физической связи компонент. В последней колонке приведены ссылки на работы, в которых есть сведения о соответствующей паре и подтверждена или опровергнута их физическая связь. Во всех случаях это работы [10] и [14], посвященные широким парам звезд населения II типа и каталог [5]. Дополнительный символ \* в этой колонке говорит о том, что наши наблюдения подтверждают наличие данного компонента. Если

Таблица 4. Дополнительные сведения о звездах, разрешенных на компоненты

Название системы/подсистемы	Координаты (2000.0)	$m_V$	$[m/H]^*$	Общая кратность системы
G76-21	$02^h 41^m 13^s.6 + 09^\circ 46' 12''$	10.17	-2.28	2
G89-14	$07^h 22^m 31^s.5 + 08^\circ 49' 13''$	10.40	-1.90	4
G59-1	$12^h 08^m 54^s.7 + 21^\circ 47' 19''$	9.49	-1.14	3
G63-46	$13^h 39^m 59^s.6 + 12^\circ 35' 22''$	9.37	-1.03	2
G135-16	$14^h 04^m 01^s.6 + 22^\circ 31' 30''$	10.16	-1.04	2
G168-42	$16^h 19^m 51^s.7 + 22^\circ 38' 20''$	11.51	-1.42	2
G141-47	$18^h 53^m 16^s.5 + 10^\circ 37' 26''$	10.5	-1.34	2
G142-44	$19^h 38^m 53^s.2 + 16^\circ 25' 34''$	11.16	-1.17	2
G190-10	$23^h 07^m 59^s.8 + 41^\circ 51' 20''$	11.22	-1.92	3
G28-43	$23^h 09^m 32^s.9 + 00^\circ 42' 40''$	9.96	-1.80	2
G217-8	$23^h 26^m 32^s.8 + 60^\circ 37' 43''$	10.47	-2.24	2
G130-7	$23^h 45^m 00^s.1 + 30^\circ 20' 10''$	11.72	-1.62	2

\* — металличности взяты из каталога CLLA [6].

Таблица 5. WDS компоненты для звезд выборки

Название	WDS-компаньон	$\rho$ (")	$\Delta m$	Статус	Ссылка
G242-65	00437+7211OSO 10AB			-	[14]
	00437+7211OSO 10AC			-	[14]
G59-1	12089+2147HDS1714Aa	0.3	2.25	+	[5], *
	12089+2147LDS 930AB	15.7	5.51	+	[10]
G62-52	13360+0112OSO 54			-	[14]
G63-46	13400+1235HDS1917	0.2	0.68	+	[5], *
G239-12	14189+7314OSO 55AB			-	[14]
	14189+7314OSO 55AC			-	[14]
G179-22	15144+3301OSO 62			-	[14]
G15-24	15307+0824OSO 64			-	[14]
G180-24	16032+4215OSO 67			-	[14]
G168-42	16199+2238OSO 68AB			-	[14]
	16199+2238OSO 68AC			-	[14]
G180-58	16283+4441OSO 71			-	[14]
G153-64	16325-0834OSO 72			-	[14]
G17-25	16348-0412GIC 144AB	1170.7	4.25	+	[14]



Таблица 5. WDS компоненты для звезд выборки (Продолжение)

Название	WDS компаньон	$\rho$ (")	$\Delta m$	Статус	Ссылка
	16348-0412LMP 14AC			—	[14]
	16348-0412LMP 14BD			—	[14]
	16348-0412LMP 14BE			—	[14]
G169-28	16502+2219OSO 74AB			—	[14]
	16502+2219OSO 74AC			—	[14]
G19-25	17260-0245OSO 78AB			—	[14]
	17260-0245OSO 78AC			?	
G20-8	17398+0225OSO 83AB			—	[14]
	17398+0225OSO 83AC			—	[14]
G20-15	17475-0847OSO 84AB			—	
	17475-0847OSO 84AC			—	
	17475-0847OSO 84AD			—	
G182-31	17523+3624OSO 85			—	[14]
G183-9	17530+1521OSO 86AB			—	[14]
	17530+1521OSO 86AC			—	[14]
G183-11	17547+2016OSO 88			—	[14]
G182-32	17551+3745OSO 89AB			—	[14]
	17551+3745OSO 89AC			—	[14]
	17551+3745OSO 89AD			—	[14]
G20-24	18079+0153OSO 93AB			?	
	18079+0153OSO 93AC			—	[14]
	18079+0153OSO 93AD			—	[14]
	18079+0153OSO 93AE			—	[14]
	18079+0153OSO 93AF			—	
G140-44	18115+1455OSO 94			—	[14]
G140-46	18124+0524OSO 95			—	[14]
G206-34	18353+2842OSO 101AB			—	[14]
	18353+2842OSO 101AC			—	[14]
	18353+2842OSO 101AD			—	[14]
	18353+2842OSO 101AE			—	[14]
	18353+2842OSO 101AF			—	[14]
G92-6	19297+0102OSO 109AB			—	[14]
	19297+0102OSO 109AC			—	[14]
	19297+0102OSO 109AD			?	

Таблица 5. WDS компаньоны для звезд выборки (Продолжение)

Название	WDS компаньон	$\rho$ (")	$\Delta m$	Статус	Ссылка
	19297+0102OSO 109AE			?	
	19297+0102OSO 109AF			—	[14]
	19297+0102OSO 109AG			?	
	19297+0102OSO 109AH			—?	
	19297+0102OSO 109AI			?	
	19297+0102OSO 109AJ			—	[14]
	19297+0102OSO 109AK			?	
G142-44	19389+1626OSO 110AB			—	
	19389+1626OSO 110AC			—	[14]
	19389+1626OSO 110AD			—	[14]
	19389+1626OSO 110AE			—	[14]
	19389+1626OSO 110AF			—	[14]
	19389+1626OSO 110AG			—?	
	19389+1626OSO 110AH			—	[14]
G186-26	20248+2503OSO 125AB			?	
	20248+2503OSO 125AC			—?	
G210-33	20454+4023OSO 133AB			—	[14]
	20454+4023OSO 133AC			—	[14]
	20454+4023OSO 133AD			—	[14]
	20454+4023OSO 133AE			—	[14]
G212-7	20553+4218OSO 137AB			—	[14]
	20553+4218OSO 137AC			—	[14]
	20553+4218OSO 137AD			—	[14]
	20553+4218OSO 137AE			?	
	20553+4218OSO 137AF			—	[14]
	20553+4218OSO 137AG			—	[14]
G187-40	21220+2727OSO 145			—	[14]
G93-27	21399+0623OSO 151AB	3.3	2.66	+	[14]
	21399+0623OSO 151AC			—	[14]
G231-52	21393+6017OSO 150			—	[14]
G188-22	21440+2723OSO 155	5.0	6.93	+	[14]
G188-30	21553+3239OSO 162AB			—	[14]
	21553+3239OSO 162AC			—	[14]
G232-40	21554+5608OSO 163AB			—	[14]

Таблица 5. WDS компоненты для звезд выборки (Продолжение)

Название	WDS компаньон	$\rho$ (")	$\Delta m$	Статус	Ссылка
G214-5	21554+5608OSO 163AC	0.2		—	[14]
	21592+4102OSO 164AB			—	[14]
	21592+4102OSO 164AC			—	[14]
	21592+4102OSO 164AD			—	[14]
G27-8	22032-0113LDS4938AB	0.2		—?	
	22032-0113OSO 166AC			?	
G126-62	22115+1806CHR 119Aa,Ab	0.2		+?	
	22115+1806OSO 171Aa,B			—	[14]
LFT 1697	22144-0845OSO 174			—	[14]
G18-39	22186+0827OSO 175			—	[14]
G27-33	22328-0557OSO 181			—	[14]
G233-26	22399+6143OSO 184AB			—	[14]
	22399+6143OSO 184AC			—	[14]
G190-10	23080+4151OSO 189			—	[14]
G217-8	23265+6038OSO 196AB			—	[14]
	23265+6038OSO 196AC			—	[14]
	23265+6038OSO 196AD			—	[14]
	23265+6038OSO 196AE			—	[14]
G130-7	23450+3020OSO 204			—	[14]
G29-71	23500+0843OSO 207			—	[14]

ссылок не дано, то это означает, что решение о физической связи принималось нами самостоятельно на основе данных из каталога WDS. Для этого мы проанализировали изменения расстояний между компонентами со временем и разность блеска между ними.

В результате из 104 WDS-компонентов мы оставили лишь 7 (с отметками “+” и “+?”), которые и учитывались при подсчете соотношения систем различной кратности.

### 5.2. Соотношение систем различной кратности

Для подсчета соотношения систем различной кратности мы привлекли все найденные в литературе сведения о наблюдениях данных систем различными методами. Из 114 рассматриваемых звезд 27 являются спектрально-двойными [4, 6, 15], 11

звезд — спекл-интерферометрически двойными. У 7 звезд имеются компаньоны из каталога WDS. При рассмотрении спектрально-двойных систем мы учитывали как пары с известными орбитальными периодами, так и системы, период которых не определен. Разумеется, существуют компоненты, обнаруживаемые одновременно различными методами. Помимо этого мы пересмотрели соотношение систем различной кратности из работы [1]. Из двойных систем была исключена звезда G120-15, так как в каталоге WDS существует только одно измерение позиционных параметров этой пары, не позволяющее сделать окончательных выводов. Две неучтенные двойные системы BD+25° 1981 и HD97916 были добавлены из работы [17], три системы — G43-3 (см. также [17]), G186-26 и G210-33 были учтены нами как двойные на основа-

нии существования небольшой вариации лучевых скоростей [9].

В итоге, для исследованных 223 звезд гало и толстого диска [1], из которых 221 является главным компонентом, соотношение одиночных, двойных, тройных и квадрупольных систем, обнаруживаемых всеми методами, составило 147:64:9:1. Таким образом, из 306 рассмотренных звезд (221 главный компонент и 85 спутников) 159 входит в состав кратных систем, что составляет больше половины. Кратность же выборки около 33%, где под кратностью мы понимаем отношение кратных систем к общему числу систем.

Аналогичная оценка для звезд диска спектральных классов от F7 до G9, полученная в работе Дюкенуа и Майора [18], составляет 51:40:7:2. Необходимо обратить внимание на различие двух сравниваемых выборок. Если наша выборка формировалась отбором звезд с определенными звездными величинами и пространственными скоростями, то выборка из работы [18] ограничена лишь по расстоянию: все звезды находятся не далее, чем в 22 пк от Солнца.

## 6. ВЫВОДЫ

В результате спекл-интерферометрических наблюдений на БТА 223-х низкометаллических звезд в окрестности Солнца с большими собственными движениями из каталога CLLA [6] 19 систем разрешено на компоненты, причем 15 объектов астрометрически разделены впервые. Три разрешенные нами системы G76-21 (HIP 12529), G114-25 (HIP 44111) и G217-8 (HIP 115704) обладают металличностью  $[m/H] < -2$  [6]. Дополнительные сведения о спектральной [4, 6, 15, 17] и астрометрической [10, 14, 16] кратности позволили оценить соотношение одиночных, двойных, тройных и квадрупольных систем, оно составило 147:64:9:1.

Часть обнаруженных спекл-интерферометрических пар с относительно небольшими периодами пригодна для мониторинга с целью построения орбит и определения масс низкометаллических звезд, необходимых для калибровки зависимости масса—светимость. Актуальность подобных исследований обуславливается тем фактом, что по сей день остается острая нехватка эмпирического материала для рассматриваемого диапазона металличности.

Представленная выборка [1] является наиболее полно исследованной на предмет кратности среди звезд гало и толстого диска. Данное обстоятельство позволяет использовать ее для статистических исследований, в которых немаловажную роль играют физически связанные компоненты. Безусловно, следует помнить о селекционных эффектах, обусловленных расстоянием до объектов, их кратностью и собственными движениями, лежащим в

основе выборки. С другой стороны, с большой вероятностью для некоторых объектов на сегодняшний день не удалось обнаружить компоненты всеми рассмотренными выше методами. В первую очередь это касается маломассивных спутников. Все это является стимулом для дальнейших наблюдений и теоретических исследований.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (проект 04-02-17563) и программой Отделения физических наук РАН. Исследования выполнены с использованием базы данных Simbad [7] и каталога WDS [16]. Авторы выражают благодарность Д. Латаму за предоставление информации о спектральной кратности и орбитальных периодах избранных объектов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Д. А. Пастераев, Ю. Ю. Балера, Е. В. Малооговец, *Астрофизический бюллетень* **62**, 251 (2007).
2. I. I. Balega, Y. Y. Balega, K.-H. Hofmann, et al., *Astronom. and Astrophys.* **385**, 87 (2002).
3. E. A. Pluzhnik, *Astronom. and Astrophys.* **431**, 587 (2005).
4. D. W. Latham, R. P. Stefanik, G. Torres et al., *Astronom. J.* **124**, 1144 (2002).
5. M. A. C. Perryman, ESA, *The Hipparcos and Tycho Catalogues* (ESA Publ. Division, SP-1200, 1997).
6. B. W. Carney, D. W. Latham, J. B. Laird et al., *Astronom. J.* **107**, 2240 (1994) (CLLA).
7. <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>
8. A. Richichi, I. Percheron, *Astronom. and Astrophys.* **386**, 492 (2002).
9. D. W. Latham, личное сообщение (2008).
10. C. Allen, A. Poveda and M. A. Herrera, *Astronom. and Astrophys.* **356**, 529 (2000).
11. H. Zinnecker, R. Kohler, and H. Jahreiss, *Rev. Mex. A & A* **21**, 33 (2004).
12. W. I. Hartkopf, B. D. Mason, and T. Rafferty, (in preparation).
13. N. M. Law, S. T. Hodgkin, and C. D. Mackay, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **368**, 1917 (2006).
14. M. R. Zapatero Osorio and E. L. Martin, *Astronom. and Astrophys.* **419**, 167 (2004).
15. D. Goldberg, T. Mazeh, D. W. Latham et al., *Astronom. J.* **124**, 1132 (2002).
16. B. D. Mason, G. L. Wycoff, W. I. Hartkopf et al., *Astronom. J.* **122**, 3466 (2001).
17. B. W. Carney, D. W. Latham, J. B. Laird et al., *Astronom. J.* **122**, 3419 (2001).
18. A. Duquennoy and M. Mayor, *Astronom. and Astrophys.* **248**, 485 (1991).

## SPECKLE INTERFEROMETRY OF METAL-POOR STARS IN THE SOLAR NEIGHBORHOOD. II

**D. A. Rastegaev, Yu. Yu. Balega, A. F. Maksimov, E. V. Malogolovets, V. V. D'yachenko**

The results of speckle interferometric observations of 115 metal-poor stars ( $[m/H] < -1$ ) within 250 pc from the Sun and with proper motions  $\mu \gtrsim 0.2''/\text{yr}$ , made with the 6-m telescope of the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, are reported. Close companions with separations ranging from  $0.034''$  to  $1''$  were observed for 12 objects—G76-21, G59-1, G63-46, G135-16, G168-42, G141-47, G142-44, G190-10, G28-43, G217-8, G130-7, and G89-14—eight of them are astrometrically resolved for the first time. The newly resolved systems include one triple star—G190-10. If combined with spectroscopic and visual data, our results imply a single:binary:triple:quadruple star ratio of 147:64:9:1 for a sample of 223 primary components of halo and thick-disk stars.