

УДК 524.45:524.3-337:524.3-126

## МАГНИТНЫЕ ЗВЕЗДЫ В СКОПЛЕНИЯХ РАЗНОГО ВОЗРАСТА. II. РАССЕЯННЫЕ СКОПЛЕНИЯ IC 4756, $\alpha$ Per и NGC 7092

© 2023 И. И. Романюк<sup>1\*</sup>, А. В. Моисеева<sup>1</sup>, И. А. Якунин<sup>1</sup>, В. Н. Аитов<sup>1</sup><sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 12 марта 2023 года; после доработки 29 марта 2023 года; принята к публикации 30 марта 2023 года

В работе представлены результаты измерений магнитного поля 19 химически пекулярных звезд в трех рассеянных скоплениях IC 4756,  $\alpha$  Per, NGC 7092. На Основном звездном спектрографе (ОЗСП) 6-м телескопа БТА было получено более 80 спектров циркулярно-поляризованного излучения. Найдено, что величина магнитного поля в указанных скоплениях более чем в три раза меньше по сравнению с молодой ассоциацией Орион OB1. По-видимому, в этой ассоциации сложились уникальные условия, которые позволили генерировать сильное магнитное поле при формировании звезд.

Ключевые слова: *звезды: магнитное поле — звезды: химически пекулярные — рассеянные скопления и ассоциации: отдельные: IC 4756,  $\alpha$  Per и NGC 7092*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Мы продолжаем исследование магнитных звезд в рассеянных скоплениях разного возраста. Основной задачей является изучение механизмов генерации и эволюции звездного магнитного поля. определить зависит ли от возраста частота встречаемости химически пекулярных (CP) звезд относительно нормальных звезд разного возраста, и какова доля магнитных звезд относительно пекулярных. Мы хотим определить, зависит ли от возраста частота встречаемости CP-звезд в сравнении с нормальными звездами разного возраста и какова доля магнитных звезд относительно пекулярных. Более подробную информацию о целях исследования и постановке задачи можно найти в работе Romanjuk et al. (2023).

До сих пор не получен ответ на вопрос, почему часть A- и B-звезд главной последовательности обладают крупномасштабным магнитным полем, а остальная его не имеет. Более 60 лет назад Babcock (1958) определил, что среди исследуемых им Ap/Bp-звезд обнаруживаемое магнитное поле имеет около 25% объектов. Оценка доли магнитных звезд напрямую зависит от точности измерений магнитного поля. В эпоху работы Babcock (1958) наблюдательные данные были получены на фотопластинках, точность измерений поля была низкой: в среднем ошибки составляют 300–500 Гс. Современными методами наблюдений с использованием ПЗС-матриц позволяют достигать точности около

100–200 Гс при массовом определении магнитного поля. Магнитное поле ярких звезд при наблюдениях с высоким спектральным разрешением измеряется с точностью в единицы Гаусс. Таким образом, надежное определение доли магнитных звезд является актуальной задачей.

Мы начали изучение магнетизма CP-звезд в скоплениях с ассоциации молодых звезд Орион OB1. Результаты этих исследований опубликованы в ряде работ (Romanjuk et al., 2019; 2021a; b), которые обобщает публикация Semenکو et al. (2022). В итоге мы показали, что более половины химически пекулярных молодых звезд в ассоциации Орион OB1 обладают магнитным полем.

На следующем этапе объектами для исследования мы выбрали CP-звезды в рассеянном скоплении Плеяды и в одноименной кинематической группе (Romanjuk et al., 2023). У четырех CP-звезд в этом скоплении магнитное поле мы не обнаружили. В группе Плеяд имеется семь немагнитных HgMn-звезд и 14 потенциально магнитных Ap/Bp звезд разных типов. У восьми объектов мы подтвердили или заподозрили наличие магнитного поля. Доля магнитных CP-звезд составляет 57% относительно всех Ap/Bp. В группировке не найдено ни одного объекта, у которого продольное магнитное поле  $B_e$  превышало бы 2 кГс.

При решении задачи о доле магнитных звезд среди более старых скоплений необходимо исследовать магнитное поле максимально возможного количества CP-звезд как среди членов скоплений, так и звезд поля. С этим возникают трудности двух типов:

\*E-mail: roman@sao.ru

**Таблица 1.** Сводные данные по рассеянным скоплениям

Скопление	RA (J2000)	Dec (J2000)	lg $t$	$\pi$ , mas	$ m_V - M_V $ , mag
IC 4756	18 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> .2	+05° 29' 24"	8.70	2.094	9.02
$\alpha$ Per	03 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> .1	+48° 58' 30"	7.85	5.718	6.61
NGC 7092	21 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .4	+48° 14' 49"	8.45	3.337	7.61

- 1) достоверность того, что исследуемые звезды являются химически пекулярными;
- 2) оценка принадлежности CP-звезд к скоплениям.

Преодолеть первую проблему можно, используя различные каталоги CP-звезд, например, Renson and Manfroid (2009). При этом важно помнить о возможной неоднородности данных. Так, например, указанный каталог является компилятивным: объекты разных типов пекулярности представлены в нем с различной степенью надежности. Что касается второй проблемы, то после публикации параллаксов со спутника Gaia (Brown et al., 2021) стало ясно, что многие объекты, которые ранее считали членами скоплений, являются объектами фона. На данных этапах нашего исследования принадлежность CP-звезд к скоплениям не исследовалась, поскольку мы сравниваем величину магнитного поля и долю магнитных звезд разного возраста в разных частях Галактики.

В настоящей работе мы изучаем магнитное поле CP-звезд в трех скоплениях: IC 4756,  $\alpha$  Per (Melotte 20) и NGC 7092. Как и в предыдущем исследовании, в данной работе мы определяем принадлежность звезд к скоплениям согласно информации из базы WEBDA<sup>1</sup> (Paunzen et al., 2013). В таблице 1 представлены основные параметры скоплений, указаны: название скопления, координаты, возраст, параллакс (Brown et al., 2021) и модуль расстояния.

## 2. НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА

Основная часть наблюдательного материала была получена в период с 2021 по 2022 гг. Наблюдения, как и ранее, выполнялись на Основном звездном спектрографе<sup>2</sup> (ОЗСП) (Panchuk et al., 2014) 6-м телескопа БТА с анализатором круговой поляризации (Chountonov, 2016). В качестве светоприемника использовалась матрица ПЗС E2V CCD42-90 размером 4600 × 2000 элементов. Время экспозиции выбиралось таким образом, чтобы отношение сигнал/шум на спектрах было не

<sup>1</sup><https://webda.physics.muni.cz/>

<sup>2</sup><https://www.sao.ru/hq/lizm/mss/en/index.html>

менее 100–250. Для наблюдений в основном использовался спектральный диапазон 4450–4950 Å со средним разрешением  $R \approx 15\,000$ .

В каждую наблюдательную ночь дополнительно к основным объектам исследования снимались спектры звезд-стандартов: звезды с хорошо известной магнитной фазовой кривой, а также звезды с нулевым магнитным полем.

Обработка и экстракция спектров реализованы в системе ESO-MIDAS (Kudryavtsev, 2000).

## 3. ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗВЕЗД

Измерения магнитного поля в настоящей работе выполнялись двумя способами: по модифицированному методу Babcock (1958) и методом регрессии (Bagnulo et al., 2002). Из-за вращения звезды продольный компонент магнитного поля  $B_e$  является переменной величиной, которая зависит от ориентации магнитного диполя к лучу зрения. Поэтому для каждого объекта необходимо получить не менее 3–4 спектров в разные фазы периода вращения.

Для сравнения результатов с полученными ранее (см. работы Semenکو et al. (2022); Romanуuk et al. (2023)) мы используем величины среднеквадратичного магнитного поля  $B_{\text{rms}} \pm \sigma_{\text{rms}}$ , а для оценки достоверности обнаружения поля — статистику  $\chi^2/n$ . Мы будем считать звезду магнитной при  $\chi^2/n > 5$ . Формулы расчета этих величин приведены в нашей работе (Romanуuk et al., 2023).

Список звезд и их основные параметры представлены в таблице 2, в ее колонках указаны: название звезды в каталоге HD, спектральный класс и тип пекулярности (Renson and Manfroid, 2009), параллакс Gaia в миллисекундах дуги, среднеквадратичное магнитное поле  $B_{\text{rms}}$ , его ошибка  $\sigma_{\text{rms}}$ , величина  $\chi^2/n$ , литературные значения эффективной температуры  $T_{\text{eff}}$ , ускорение силы тяжести  $\lg g$ , проекция скорости вращения  $v_e \sin i$ , светимость  $\lg L/L_{\odot}$ , масса  $M$ , радиус  $R$  и возраст  $\lg t$ . Результаты индивидуальных измерений 19 звезд приведены в таблице 3, в ее колонках указаны: название звезды в каталоге HD, юлианская дата наблюдений, отношение сигнал/шум, измерения магнитного поля  $B_{\text{cog}}$  классическим методом (Babcock, 1958), измерения

Таблица 2. Результаты исследования CP-звезд

Звезда	Sp, pec	$\pi$ , mas	$B_{\text{rms}} \pm \sigma$ , Гс	$(\chi^2/n)$	$T_{\text{eff}}$ , К	$\lg g$	$v_e \sin i$ , км с <sup>-1</sup>	$\lg L/L_{\odot}$	$M, M_{\odot}$	$R, R_{\odot}$	$\lg t$
IC 4756											
HD 171586	A2, SrCrEu	8.75	350 ± 110	(14.4)	8 700	3.9	44	1.4	2.1	2.3	8.7
HD 171782	B9, SiCrEu	3.90	310 ± 140	(7.9)	11 300	3.5	24	2.4	3.5	3.7	8.4
HD 171931	B9, Mn	1.42	—	—	11 500	4.3	< 20	2.4	3.5	3.2	8.5
HD 172012	B9, HgMnSi	2.43	90 ± 80	(1.4)	11 600	4.0	16	1.9	3.0	2.4	8.3
HD 172248	B8, HgMnSi	1.45	75 ± 100	(0.8)	13 500	4.0	< 20	2.5	4.0	3.3	8.3
HD 172271	A1, SrSi	2.76	170 ± 130	(3.1)	10 800	4.1	100	2.3	3.5	3.4	8.6
$\alpha$ Per											
HD 19805	A0, He-wk, Si	5.73	80 ± 50	(3.0)	10 000	4.2	12	1.5	2.1	1.9	8.5
HD 20135	A1, CrEu	4.82	50 ± 80	(0.3)	8 100	4.0	35	1.4	2.0	2.4	8.9
HD 21620	A0, B[e]?	7.51	200 ± 230	(1.0)	9 600	3.7	220	1.9	2.6	3.5	8.6
HD 21699	B8, He-wk, Si	5.63	440 ± 140	(17.1)	16 000	4.1	35	2.9	4.8	3.4	7.9
HD 22136	B8, He-wk, Si	5.76	70 ± 80	(0.8)	12 700	4.2	15	2.1	3.2	2.2	8.3
HD 22401	A0, CrSiSr	5.83	50 ± 110	(0.2)	10 500	4.1	37	1.8	2.5	2.1	8.4
BD +49 916	B3p	0.49	330 ± 110	(7.9)	19 700	3.1	100	3.7	8.0	9.5	7.7
BD +49 967	A3-F1, Am?	3.53	290 ± 120	(4.3)	7 160	3.8	85	1.1	1.7	2.1	—
NGC 7092											
HD 205073	A1, SiSr	3.30	50 ± 60	(1.5)	9 900	3.7	16	1.9	2.5	3.3	8.7
HD 205116	A0, He-wk, Sr	3.32	120 ± 100	(1.2)	9 900	3.7	35	2.3	2.9	3.9	8.4
HD 205117	A0, SrSi	3.30	370 ± 150	(4.5)	10 000	4.0	76	1.9	2.5	2.6	8.4
HD 205198	B9, Cr	3.29	210 ± 150	(2.2)	9 900	3.6	40	1.7	2.5	2.3	8.7
HD 205331	A0, CrSi	3.32	190 ± 160	(2.3)	10 160	3.7	30	2.4	3.5	3.7	8.4

магнитного поля  $B_{\text{reg}}$  методом регрессии (Bagnulo et al., 2002), измерения магнитного поля  $B_{\text{hyd}}$  по профилю водородной линии H $\beta$ . В следующем раз-

деле мы приводим комментарии к исследованиям отдельных звезд.

**Таблица 3.** Индивидуальные измерения магнитного поля CP-звезд по спектрам ОЗСП

Звезда	JD, 2450000+	S/N	$B_{\text{cog}} \pm \sigma$ , Гс	$B_{\text{reg}} \pm \sigma$ , Гс	$B_{\text{hyd}}$ , Гс
IC 4756					
HD 171586	9627.628	140	$-210 \pm 80$	$-340 \pm 170$	-700
	9769.431	150	$180 \pm 80$	$120 \pm 200$	-500
	9840.224	130	$-200 \pm 80$	$-360 \pm 60$	-500
HD 171782	7092.611	200	$-140 \pm 70$	$-200 \pm 50$	-
	9689.545	120	$-110 \pm 90$	$-170 \pm 140$	-100
	9769.430	140	$-430 \pm 90$	$-120 \pm 80$	300
	9840.208	120	$-330 \pm 80$	$-150 \pm 40$	-500
HD 171931	9783.299	200	$-750 \pm 30$	$-750 \pm 30$	300
HD 172012	9770.307	140	$-100 \pm 150$	$-80 \pm 100$	-400
	9783.383	100	$-270 \pm 230$	$-100 \pm 80$	400
	9808.356	140	$-70 \pm 140$	$80 \pm 60$	-200
HD 172248	9770.307	150	$70 \pm 130$	$70 \pm 120$	100
	9840.250	100	$-40 \pm 150$	$-80 \pm 70$	1000
HD 172271	9770.464	130	-	$60 \pm 140$	300
	9840.297	100	-	$-100 \pm 140$	0
$\alpha$ Per					
HD 19805	9454.477	110	$130 \pm 90$	$80 \pm 40$	300
	9478.334	110	$-90 \pm 70$	$110 \pm 70$	-500
	9626.181	130	$60 \pm 60$	$150 \pm 40$	300
	9660.220	120	$80 \pm 40$	$-100 \pm 60$	-200
	9804.447	200	$-130 \pm 50$	$20 \pm 40$	0
	9805.443	230	$-60 \pm 30$	$-70 \pm 40$	0
	9894.477	130	$10 \pm 50$	$120 \pm 60$	0
	9895.480	140	$-50 \pm 50$	$-40 \pm 40$	-200
	9922.455	140	$-70 \pm 50$	$-30 \pm 50$	100
HD 20135	4162.257	250	$-90 \pm 90$	-	-
	9454.432	100	$-150 \pm 150$	$0 \pm 70$	200
	9536.311	130	$260 \pm 100$	$-30 \pm 80$	-200
	9840.433	100	$20 \pm 130$	$20 \pm 60$	-100
HD 21620	9954.365	140	$950 \pm 790$	$-230 \pm 170$	100
	9958.313	190	$1500 \pm 2200$	$-330 \pm 345$	-400
	9958.329	200	$2050 \pm 875$	$-115 \pm 160$	-1000
	9976.209	130	$2000 \pm 7000$	$205 \pm 195$	1400
HD 21699	9447.546	170	$650 \pm 300$	$-220 \pm 140$	-200
	9840.479	300	$1380 \pm 210$	$640 \pm 80$	600
	9954.358	220	$1260 \pm 130$	$600 \pm 180$	100
	9958.322	200	$-440 \pm 280$	$-240 \pm 170$	-500
	9976.222	200	$-785 \pm 280$	$-325 \pm 125$	-1000
HD 22136	9447.554	110	$260 \pm 200$	$-60 \pm 90$	-300
	9626.220	130	$10 \pm 70$	$0 \pm 60$	0

Таблица 3. (Продолжение)

Звезда	JD, 2450000+	$S/N$	$B_{\text{cog}} \pm \sigma$ , Гс	$B_{\text{reg}} \pm \sigma$ , Гс	$B_{\text{hyd}}$ , Гс
HD 22401	9894.563	150	$-40 \pm 90$	$-130 \pm 80$	100
	9895.559	140	$50 \pm 110$	$-30 \pm 90$	400
	9922.512	140	$530 \pm 230$	$-10 \pm 90$	300
	9626.203	170	$-110 \pm 290$	$-50 \pm 120$	100
	9804.474	110	$-100 \pm 360$	$-50 \pm 120$	-600
	9804.482	110	$1000 \pm 580$	$90 \pm 110$	0
	9805.487	230	$-190 \pm 120$	$-30 \pm 110$	-100
BD +49 916	9840.458	180	$-270 \pm 240$	$0 \pm 90$	100
	9946.566	80	—	$440 \pm 140$	—
BD +49 967	9955.478	120	—	$-170 \pm 70$	—
	9626.259	100	$-240 \pm 420$	$20 \pm 130$	100
	9632.256	90	$850 \pm 480$	$170 \pm 90$	-2000
	9660.246	80	$-650 \pm 630$	$-260 \pm 110$	-100
	9894.506	120	$-400 \pm 370$	$-560 \pm 170$	-600
	9895.513	120	$-20 \pm 290$	$100 \pm 90$	1100
NGC 7092					
HD 205073	9395.419	80	$-20 \pm 390$	$100 \pm 100$	-500
	9396.455	110	$110 \pm 160$	$-20 \pm 70$	400
	9447.500	80	$220 \pm 110$	$-40 \pm 70$	200
	9478.315	110	$-60 \pm 110$	$-10 \pm 70$	100
	9686.537	150	$90 \pm 70$	$0 \pm 50$	0
	9894.294	170	$-60 \pm 40$	$-80 \pm 30$	-100
HD 205116	9895.163	150	$-20 \pm 60$	$-30 \pm 60$	-200
	9396.443	100	$-80 \pm 190$	$180 \pm 120$	-800
	9447.492	90	$-290 \pm 330$	$-110 \pm 130$	-300
	9805.342	200	$20 \pm 90$	$40 \pm 80$	-300
HD 205117	9840.535	140	$-80 \pm 140$	$-90 \pm 80$	-300
	5841.372	240	$-210 \pm 300$	—	—
	5842.413	300	$220 \pm 480$	$-930 \pm 190$	-200
	9014.327	200	$-660 \pm 680$	$-300 \pm 130$	2600
	9454.278	130	$-120 \pm 670$	$20 \pm 150$	0
	9782.545	80	$1070 \pm 830$	$60 \pm 120$	0
HD 205198	9840.552	120	$670 \pm 620$	$0 \pm 170$	-1000
	9895.229	130	$-260 \pm 600$	$-70 \pm 150$	-800
	9454.261	100	$-220 \pm 630$	$-320 \pm 150$	-500
	9686.498	160	$-290 \pm 300$	$-180 \pm 120$	-400
	9690.450	110	$-530 \pm 390$	$-270 \pm 140$	-800
HD 205331	9894.320	140	$-690 \pm 580$	$130 \pm 200$	800
	9895.229	100	$-3710 \pm 760$	$-50 \pm 120$	-600
	3273.229	370	$-370 \pm 310$	—	—
	3274.256	260	$220 \pm 290$	—	—
	3279.277	330	$-280 \pm 250$	—	—
	9395.406	120	$-130 \pm 450$	$110 \pm 120$	100
	9447.509	90	$300 \pm 450$	$170 \pm 90$	600

Таблица 3. (Продолжение)

Звезда	JD, 2450000+	S/N	$B_{\text{cog}} \pm \sigma$ , Гс	$B_{\text{reg}} \pm \sigma$ , Гс	$B_{\text{hyd}}$ , Гс
	9690.425	180	$220 \pm 170$	$-50 \pm 110$	-100
	9805.365	190	$150 \pm 150$	$-330 \pm 150$	-200
	9894.340	220	$-20 \pm 180$	$-30 \pm 110$	0
	9895.188	200	$-120 \pm 120$	$-70 \pm 100$	-300

### 3.1. Звезды в скоплении IC 4756

#### 3.1.1. HD 171586

Звезда HD 171586 (FR Ser) входит в состав многокомпонентной системы WDS 18356+0456ABCD (Mason et al., 2001). Ее лучевая скорость  $V_R$  меняется в диапазоне от  $-11.0 \text{ км с}^{-1}$  до  $3.3 \text{ км с}^{-1}$  (Adams et al., 1929; Gebran et al., 2016).

Gray and Corbally (2002) определили по положению звезды на диаграмме Герцшпрунга–Рассела, что HD 171586 не является членом скопления IC 4756. К такому же выводу можно прийти, анализируя и параллакс звезды, по которому видно, что HD 171586 является объектом переднего плана.

Магнитное поле звезды впервые нашел Babcock (1958). Он также отметил, что в спектре звезды присутствуют довольно сильные линии Sr II и Cr. Aurière et al. (2007) при помощи метода LSD (least square deconvolution) получили пять значений продольного компонента  $B_e$ , указав, что магнитное поле звезды слабое, отрицательной полярности. Включая наши измерения, полученные на ОЗСП 6-м телескопа БТА, можем заключить, что HD 171586 является слабомагнитной звездой: среднеквадратичное магнитное поле  $B_{\text{rms}} < 400 \text{ Гс}$ .

Период вращения звезды ( $P \approx 2^{\text{д}}$ ) определен в работе Catalano and Renson (1998). Aurière et al. (2007) провели моделирование магнитного поля и получили следующие параметры: углы наклона оси вращения  $i = 48^\circ \pm 19^\circ$ , магнитной оси диполя  $\beta = 46^\circ \pm 6^\circ$ , магнитное поле на полюсе диполя  $B_p = 700 \text{ Гс}$ . Звезда имеет простую дипольную конфигурацию магнитного поля.

В работе Gebran et al. (2016) по спектральным данным методом PCA (principal component analysis) были определены физические параметры звезды:  $T_{\text{eff}} = 8600 \text{ К}$ ,  $\lg g = 3.4 \pm 0.3$ ,  $v_e \sin i = 50 \text{ км с}^{-1}$ . Фотометрические оценки параметров отличаются незначительно:  $T_{\text{eff}} = 8720 \pm 230 \text{ К}$ ,  $\lg g = 3.9 \pm 0.2$ ,  $M = 2.1 M_\odot$ ,  $\lg L/L_\odot = 1.4 \pm 0.1$ ,  $v_e \sin i = 37 \text{ км с}^{-1}$ ,  $R = 2.3 R_\odot$  (Kochukhov and Bagnulo, 2006; Aurière et al., 2007; McDonald et al., 2017; Netopil et al., 2017; Glagolevskij, 2019). Возраст звезды был оценен многими авторами и с учетом ошибок совпадает со значением  $\lg t \approx 8.7$  (Kochukhov and Bagnulo, 2006; Gontcharov, 2012; Glagolevskij, 2019).

#### 3.1.2. HD 171782

HD 171782 — довольно яркая звезда спектрального класса B9. Сведений о ее двойственности в литературе нет, лучевая скорость оценена многими авторами и, с учетом приведенных ошибок, совпадает с  $\langle V_R \rangle \approx 1.0 \text{ км с}^{-1}$  (Bobylev et al., 2006; Frinchaboy and Majewski, 2008; Gontcharov, 2012; Kervella et al., 2022).

Впервые магнитное поле этой звезды исследовали Aurière et al. (2007). Они получили шесть значений продольного компонента магнитного поля  $B_e$  и провели его моделирование, оценив параметры:  $i = 51^\circ$ ,  $\beta = 51^\circ \pm 5^\circ$ ,  $v_e \sin i = 24 \text{ км с}^{-1}$ ,  $B_p = 650 \text{ Гс}$ . Учитывая наши четыре измерения, можно считать, что звезда HD 171782 является слабомагнитной с  $B_{\text{rms}} \leq 400 \text{ Гс}$ .

Lipski and Stępień (2008) по спектральному распределению энергии определили эффективную температуру и радиус звезды:  $T_{\text{eff}} = 11\,500 \pm 1000 \text{ К}$ ,  $R = 2.7 R_\odot$ . Остальные параметры были оценены многими авторами по фотометрическим данным:  $\lg g = 3.5 \pm 0.4$ ,  $\lg L/L_\odot = 2.4 \pm 0.5$ ,  $M = 3.5 \pm 0.5 M_\odot$ . По эволюционным трекам возраст звезды определил Glagolevskij (2019):  $\lg t = 8.4$ .

#### 3.1.3. HD 171931

Звезда HD 171931 мало изучена, в литературе отсутствуют сведения о двойственности и измерения лучевой скорости. Мы получили следующую оценку величины лучевой скорости:  $V_R = -16.5 \pm 3.1 \text{ км с}^{-1}$ .

По собственному движению и параллаксу Cantat-Gaudin et al. (2018) определили, что HD 171931 является потенциальным членом скопления с вероятностью принадлежности  $p = 0.79$ .

Попытка поиска магнитного поля была впервые предпринята нами в данном исследовании. К сожалению, был получен только один спектр, который показал наличие продольного магнитного поля с величиной  $-750 \text{ Гс}$ . Скорее всего, тип пекулярности HD 171931 как Mn (Renson and Manfroid, 2009) или HgMn (North and Kroll, 1989) был оценен неверно, так как звезды этого типа не имеют магнитного поля или его величина меньше  $100 \text{ Гс}$  (Makaganiuk et al., 2011).

В литературе недостаточно сведений о физических параметрах звезды. Поэтому, проведя анализ спектров методом моделей атмосфер и по формулам из работы Moiseeva et al. (2019), мы получили следующий набор параметров:

$$T_{\text{eff}} = 11\,500 \pm 350 \text{ K}, \lg g = 4.3 \pm 0.4, \\ v_e \sin i < 20 \text{ км с}^{-1}, \lg L/L_{\odot} = 2.4 \pm 0.5, \\ M = 3.5 \pm 0.5 M_{\odot}, R = 3.2 \pm 0.8 R_{\odot}.$$

Используя эволюционные треки мы оценили примерный возраст звезды:  $\lg t \approx 8.5$ .

### 3.1.4. HD 172012

Звезда HD 172012, согласно Renson and Manfroid (2009), имеет тип пекулярности HgMnSi. Сведений о ее двойственности в литературе нет, имеется одно измерение лучевой скорости  $V_R = -26.78 \pm 3.65 \text{ км с}^{-1}$ . Наша оценка лучевой скорости с учетом ошибок отличается мало:  $V_R = -18.4 \pm 3.3 \text{ км с}^{-1}$ .

Магнитное поле звезды ранее не исследовалось, наши измерения были выполнены впервые. По трем спектрам мы не зафиксировали его наличие:  $B_{\text{rms}} < 100 \text{ Гс}$ .

Звезда мало изучена, в литературе указаны физические параметры, которые были получены только по фотометрическим данным. Наш спектральный анализ при помощи метода моделей атмосфер дал следующий набор параметров:  $T_{\text{eff}} = 11\,600 \pm 350 \text{ K}$ ,  $\lg g = 4.0$ ,  $v_e \sin i < 20 \text{ км с}^{-1}$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 1.9$ ,  $M = 3.0 \pm 0.5 M_{\odot}$ ,  $R = 2.4 \pm 0.6 R_{\odot}$ . По эволюционным трекам мы оценили возраст объекта:  $\lg t \approx 8.3$ .

### 3.1.5. HD 172248

Звезда HD 172248 в каталоге Renson and Manfroid (2009) указана как HgMn. Сведений о двойственности нет, лучевая скорость звезды:  $V_R = -12.8 \text{ км с}^{-1}$  (Strassmeier et al., 2015), наше измерение совпадает с литературным  $V_R = -10.8 \pm 2.7 \text{ км с}^{-1}$ .

По исследованию собственного движения Missana and Missana (1995) и Strassmeier et al. (2015) пришли к общему выводу, что скорее всего HD 172248 — это фоновый сверхгигант спектрального класса В, который не является членом скопления. Однако Gray and Corbally (2002) по спектроскопическому исследованию с использованием фотометрических индексов системы Стремгрена заключили, что HD 172248 является членом скопления IC 4756.

Исследования магнитного поля для этой звезды ранее не проводились, по нашим двум спектрам поле отсутствует:  $B_{\text{rms}} < 100 \text{ Гс}$ .

В литературе нет сведений о физических параметрах звезды. По нашим измерениям методом моделей атмосфер мы получили следующий набор:

$$T_{\text{eff}} = 13\,500 \pm 350 \text{ K}, \lg g = 4.0 \pm 0.3, \\ \lg L/L_{\odot} = 2.5 \pm 0.3, M = 4.0 \pm 0.5 M_{\odot}, \\ R = 3.3 \pm 0.4 R_{\odot}, v_e \sin i < 20 \text{ км с}^{-1}.$$

Используя полученные параметры и эволюционные треки, мы оценили примерный возраст звезды:  $\lg t \approx 8.3$ .

### 3.1.6. HD 172271

Звезда HD 172271 из скопления IC 4756 входит в состав многокомпонентной системы WDS 18391+0535ABC (Mason et al., 2001). Лучевая скорость переменная и варьируется от  $V_R = -34.5 \text{ км с}^{-1}$  до  $V_R = 2.87 \text{ км с}^{-1}$  (Landstreet et al., 2008; Gebran et al., 2016; Gontcharov and Mosenkov, 2018).

Missana and Missana (1995), Gray and Corbally (2002) и Landstreet et al. (2008) в своих исследованиях определили, что HD 172271 является членом скопления.

Магнитное поле звезды впервые исследовали Landstreet et al. (2008). Авторы по одному спектру нашли слабое магнитное поле и однозначно классифицируют ее как магнитную Ap-звезду. С учетом наших двух измерений звезду можно считать немагнитной или со слабым магнитным полем  $B_{\text{rms}} < 200 \text{ Гс}$ ,  $\chi^2/n < 5$ .

Звезда обладает типичной кривой блеска типа ACV (переменность  $\alpha^2 \text{ CVn}$  типа), которая описывается асимметричной одноволновой модельной кривой блеска с периодом  $P = 11^{\text{d}}534.4$  (Netopil et al., 2017; Jagelka et al., 2019).

По спектральным данным при помощи метода PCA Gebran et al. (2016) нашли физические параметры звезды:  $T_{\text{eff}} = 10\,800 \text{ K}$ ,  $\lg g = 4.1$ ,  $v_e \sin i = 100 \text{ км с}^{-1}$ . Используя данные параметры, мы оценили светимость звезды  $\lg L/L_{\odot} = 2.3 \pm 0.3$  и радиус  $R = 3.4 \pm 0.6 R_{\odot}$ , а по эволюционным трекам определили массу  $M = 3.5 \pm 0.5 M_{\odot}$  и возраст  $\lg t \approx 8.6$ .

## 3.2. Звезды, отнесенные к скоплению $\alpha \text{ Per}$

### 3.2.1. HD 19805

Довольно яркая и близкая звезда HD 19805 имеет тип пекулярности He-weak, Si (Renson and Manfroid, 2009). Сведений о двойственности звезды в литературе нет, лучевая скорость измерена многими авторами и с учетом ошибок слабопеременная:  $\langle V_R \rangle = -1.0 \pm 2.6 \text{ км с}^{-1}$  (Grenier et al., 1999; Bobylev et al., 2006; Jönsson et al., 2020; Brandt, 2021).

В литературе имеется много работ, которые подтверждают, что звезда является членом скопления (Landstreet et al., 2008; Zuckerman et al., 2012).

Сведения о магнитном поле звезды впервые были представлены в каталогах Vuchkov et al. (2003; 2009):  $B_{\text{rms}} = 1040 \pm 240$  Гс,  $\chi^2/n = 17.3$ . Landstreet et al. (2008) провели два измерения магнитного поля на спектрополяриметре ESPaDOnS и не обнаружили магнитное поле. Мы на ОЗСП провели девять измерений и также подтвердили отсутствие магнитного поля:  $B_{\text{rms}} < 50$  Гс,  $\chi^2/n < 5$ . Следовательно, скорее всего в каталоге Vuchkov et al. (2003) звезда ошибочно классифицирована как магнитная. Landstreet et al. (2008) по анализу спектров считают, что звезда HD 19805 является нормальной A-звездой.

В литературе указано довольно большое количество работ с исследованиями физических параметров по различным фотометрическим данным. Все они дают с учетом приведенных ошибок примерно одинаковые величины:  $T_{\text{eff}} = 10\,000 \pm 400$  К,  $\lg g = 4.2 \pm 0.3$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 1.5 \pm 0.1$ ,  $M = 2.1 M_{\odot}$ ,  $R = 1.9 R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 12 \pm 5$  км с<sup>-1</sup>,  $\lg t = 8.5$  (Kochukhov and Bagnulo, 2006; Gontcharov, 2012; Shulyak et al., 2014; Silaj and Landstreet, 2014; McDonald et al., 2017; Glagolevskij, 2019).

### 3.2.2. HD 20135

Mason et al. (2001) классифицируют HD 20135 как двойную звезду, второй компонент системы находится на угловом расстоянии 0".2. В литературе указано несколько значений лучевой скорости, согласно которым она является слабопеременной и варьируется от  $V_R = -0.2$  км с<sup>-1</sup> до  $V_R = 5.0$  км с<sup>-1</sup> (Kraft, 1967; Petrie and Heard, 1969; Duflot et al., 1995).

Исследования магнитного поля впервые упоминаются в каталоге Vuchkov et al. (2003):  $B_{\text{rms}} = 560 \pm 430$  Гс,  $\chi^2/n = 1.8$ . На ОЗСП нами было получено четыре спектра, по которым магнитное поле также не детектируется:  $B_{\text{rms}} < 100$  Гс,  $\chi^2/n < 5$  (Romanyuk et al., 2014).

Prosser (1992), Landstreet et al. (2007) и Zuckerman et al. (2012) в своих исследованиях подтверждают, что HD 20135 является членом скопления.

Физические параметры звезды изучены мало, их оценки имеют довольно большой разброс. Используя фотометрические индексы системы Стремгрена из работы Paunzen (2015), мы получили следующие значения физических параметров:  $T_{\text{eff}} = 8100 \pm 350$  К,  $\lg g = 4.0 \pm 0.2$ ,  $R = 2.4 \pm 0.5 R_{\odot}$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 1.4 \pm 0.2$ ,  $v_e \sin i = 35 \pm 5$  км с<sup>-1</sup> (Głębocski and Gnaciński, 2005). По эволюционным трекам мы определили  $M = 2.0 \pm 0.4 M_{\odot}$ ,  $\lg t = 8.9$ .

### 3.2.3. HD 21620

Яркую и близкую звезду HD 21620 Ghosh et al. (1999) по наличию эмиссии в линии H $\alpha$  отнесли к типу B[e] звезд. В литературе нет сведений о двойственности звезды, диапазон изменения лучевой скорости  $V_R$  от  $-12.0$  км с<sup>-1</sup> до  $2.96$  км с<sup>-1</sup> (Wilson, 1953; Mermilliod, 1979; Gontcharov, 2012).

Исследование магнитного поля звезды нами проведено впервые. В спектре присутствует малое количество сильно уширенных спектральных линий. Поэтому измерения классическим методом невозможны. По измерению методом регрессии магнитное поле по нашим данным не обнаруживается:  $B_{\text{rms}} \leq 200$  Гс.

Вопрос о принадлежности звезды изучен в работе Kharchenko et al. (2004), в результате установлено, что она является членом скопления только по пространственному положению, но по собственному движению, лучевой скорости и фотометрическим индексам — нет.

Ее физические параметры определены только по фотометрическим данным:  $T_{\text{eff}} = 9600 \pm 300$  К,  $\lg g = 3.7 \pm 0.2$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 1.9 \pm 0.2$ ,  $M = 2.6 \pm 0.4 M_{\odot}$ ,  $R = 3.5 \pm 0.4 R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 220 \pm 17$  км с<sup>-1</sup>,  $\lg t = 8.6$  (Głębocski and Gnaciński, 2005; Gontcharov, 2012; Zorec and Royer, 2012; Paunzen, 2015; McDonald et al., 2017).

### 3.2.4. HD 21699

Известная He-weak звезда HD 21699 является двойной системой WDS 03321+4801AB (Mason et al., 2001). Согласно Balega et al. (2012), спутник HD 21699B находится на расстоянии 0".067 от главного компонента HD 21699A и слабее его на 2<sup>m</sup>.7 звездной величины, абсолютная звездная величина  $M_V(B) = 1<sup>m</sup>.7$  указывает на то, что это, скорее всего, поздняя A-звезда.

По исследованиям Kharchenko et al. (2004), Landstreet et al. (2007) и Zuckerman et al. (2012) звезда однозначно принадлежит скоплению.

Магнитное поле впервые зафиксировали Brown et al. (1985) и Glagolevskij and Chunakova (1985):  $B_{\text{rms}} = 790 \pm 375$  Гс,  $\chi^2/n = 9.3$ . Shultz et al. (2022) провели LSD-измерения магнитного поля по 26 спектрам ESPaDOnS и получили среднеквадратичное магнитное поле:  $B_{\text{rms}} = 431 \pm 19$  Гс. Наши пять измерений магнитного поля также подтверждают его наличие:  $B_{\text{rms}} \approx 500$  Гс.

Shultz et al. (2022) по фотометрическим данным спутников TESS и Kepler K2, а также всем имеющимся магнитным измерениям уточнили период вращения звезды:  $P = 2<sup>d</sup>.49187(7)$ . Авторы отметили, что период звезды возможно переменный. Полученная фазовая кривая магнитных измерений



негармоничная, что говорит о том, что конфигурация магнитного поля отличается от простой дипольной.

Физические параметры звезды довольно хорошо изучены по фотометрическим данным разными авторами и не различаются в пределах ошибок:  $T_{\text{eff}} = 15\,900 \pm 500$  К,  $\lg g = 4.1 \pm 0.2$ ,  $v_e \sin i = 35$  км с<sup>-1</sup>,  $\lg L/L_{\odot} = 2.9 \pm 0.2$ ,  $M = 4.8 \pm 0.4M_{\odot}$ ,  $R = 3.4 \pm 0.6R_{\odot}$ ,  $\lg t = 7.9$  (Kochukhov and Bagnulo, 2006; Gontcharov, 2012; Paunzen, 2015; Netopil et al., 2017; Ghazaryan et al., 2019; Glagolevskij, 2019; Shultz et al., 2022).

### 3.2.5. HD 22136

Звезда HD 22136 яркая и довольно близкая, тип пекулярности He-weak, Si, является медленно пульсирующей В-звездой (Molenda-Zakowicz and Polubek, 2005).

Сведений о двойственности в литературе нет, но лучевая скорость переменная и меняется в диапазоне от  $V_R = -1.5$  км с<sup>-1</sup> до  $V_R = 12.0$  км с<sup>-1</sup> (Wilson, 1953; Kraft, 1967; Hubrig and Mathys, 1994; Bobylev et al., 2006; Gontcharov, 2012; Myers et al., 2015; Brandt, 2021).

Prosser (1992), Kharchenko et al. (2004) и Zuckerman et al. (2012) по результатам проведенных исследований сходятся во мнении, что HD 22136 по всем параметрам является членом скопления.

Ранее звезда на наличие магнитного поля не исследовалась. На ОЗСП мы получили пять спектров, по которым магнитное поле не найдено:  $B_{\text{rms}} < 100$  Гс.

Период вращения звезды изучали Bernhard et al. (2020) по фотометрическим рядам MASCARA:  $P = 0^{\text{d}}93111(3)$ .

Физические параметры определены многими авторами по различным фотометрическим данным и в целом не различаются в пределах ошибок:

$T_{\text{eff}} = 12\,700 \pm 200$  К,  $\lg L/L_{\odot} = 2.1 \pm 0.2$ ,  $\lg g = 4.2 \pm 0.3$ ,  $M = 3.2 \pm 0.4M_{\odot}$ ,  $R = 2.2 \pm 0.5R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 15 \pm 5$  км с<sup>-1</sup> и  $\lg t = 8.3$  (Hubrig and Mathys, 1994; Głęboccki and Gnaciński, 2005; Gontcharov, 2012; Bailey and Landstreet, 2013; Silaj and Landstreet, 2014; Paunzen, 2015). Исследования параметров по спектральным материалам не проводилось.

В серии работ Alexeeva et al. (2016; 2018; 2020) проанализировано содержание Ne I/II, Mg I/II, Si I/II как в приближении LTE, так и не-LTE. В результате авторы не нашли существенных различий в LTE и не-LTE содержании этих элементов, в пределах ошибок полученные значения соответствуют солнечному содержанию.

### 3.2.6. HD 22401

Химически пекулярная звезда HD 22401 спектрального класса A0 является членом скопления Melotte 20 (Prosser, 1992; de Zeeuw et al., 1999; Kharchenko et al., 2004; Landstreet et al., 2007; Zuckerman et al., 2012).

Сведений о двойственности звезды в литературе нет. Лучевая скорость звезды слабопеременная и варьируется от  $V_R = -3.0$  км с<sup>-1</sup> до  $V_R = 5.0$  км с<sup>-1</sup> (Duflo et al., 1995; Bobylev et al., 2006; Gontcharov, 2006).

Результаты первых исследований магнитного поля звезды представлены в каталоге Vuchkov et al. (2003):  $B_{\text{rms}} = 520 \pm 400$  Гс,  $\chi^2/n = 1.8$ . В дальнейшем мы проводили ее наблюдения на ОЗСП. По пяти измерениям магнитное поле не обнаружено:  $B_{\text{rms}} < 100$  Гс.

Физические параметры звезды были изучены по фотометрическим данным многими авторами:  $T_{\text{eff}} = 10\,500 \pm 400$  К,  $\lg g = 4.1 \pm 0.2$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 1.8 \pm 0.2$ ,  $M = 2.5 \pm 0.3M_{\odot}$ ,  $R = 2.1 \pm 0.4R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 37$  км с<sup>-1</sup>,  $\lg t = 8.4$  (Klochkova and Kopylov, 1985; Gontcharov, 2012; Paunzen, 2015; McDonald et al., 2017; Bochanski et al., 2018; Glagolevskij, 2019). Спектроскопических исследований не проводилось.

### 3.2.7. BD +49 916

Звезда BD +49 916 не отмечена в каталоге химически пекулярных звезд Renson and Manfroid (2009). Спектральный класс звезды В3, возможно, она является В[e] звездой (Morgan et al., 1955; Hiltner, 1956).

В литературе нет сведений о двойственности, одно значение лучевой скорости получено по спектрам LAMOST  $V_R = -24.1$  км с<sup>-1</sup> (Xiang et al., 2022).

Принадлежность звезды к скоплению остается под вопросом (Kharchenko et al., 2004). Судя по параллаксу  $\pi = 0.4982$  mas (Brown et al., 2021) звезда находится за пределами скопления.

Магнитное поле BD +49 916 ранее никто не исследовал. Спектр звезды имеет малое количество сильно уширенных линий, поэтому измерение магнитного поля классическим методом невозможно. Два наших измерения методом регрессии показывают наличие слабого магнитного поля ( $B_{\text{rms}} \leq 300$  Гс), однако для его подтверждения необходимо провести дополнительные исследования.

Физические параметры звезды определены по спектрам LAMOST (Xiang et al., 2022):  $T_{\text{eff}} = 19\,740$  К,  $\lg g = 3.1$ ,  $v_e \sin i = 100$  км с<sup>-1</sup>. Используя эти параметры, данные о межзвездном поглощении (Zhang et al., 2005) и

параллаксе (Brown et al., 2021), по формулам из работы Moiseeva et al. (2019) и эволюционным трекам мы оценили остальные параметры звезды:  $\lg L/L_{\odot} = 3.7 \pm 0.5$ ,  $M = 8.0 \pm 0.6 M_{\odot}$ ,  $R = 9.5 \pm 0.8 R_{\odot}$ ,  $\lg t \approx 7.7$ .

### 3.2.8. BD +49 967

Звезда BD +49 967 спектрального класса A3 предположительно относится к классу пекулярности Am (Kraft, 1967; Renson and Manfroid, 2009; Skiff, 2014).

Согласно литературным данным, лучевая скорость BD +49 967 переменная и варьируется от  $V_R = 6.0 \text{ км с}^{-1}$  до  $V_R = 22.7 \text{ км с}^{-1}$  (Kraft, 1967; Petrie and Heard, 1969; Bobylev et al., 2006; Jönsson et al., 2020). Сведений о двойственности в литературе нет.

Многочисленные исследования (Kraft, 1967; Prosser, 1992; Kharchenko et al., 2004; Zuckerman et al., 2012) подтверждают принадлежность звезды скоплению.

Магнитное поле звезды впервые исследовано нами. По пяти измерениям поля не обнаружено, либо звезда является слабомагнитной:  $B_{\text{rms}} \leq 300 \text{ Гс}$ .

Физические параметры звезды изучены по спектрам APOGEE DR16 ( $R \approx 22\,500$ ) (Jönsson et al., 2020):  $T_{\text{eff}} = 7\,160 \pm 180 \text{ К}$ ,  $\lg g = 3.8 \pm 0.1$ ,  $v_e \sin i = 85 \text{ км с}^{-1}$ . Остальные параметры получены по данным фотометрии:  $\lg L/L_{\odot} = 1.1 \pm 0.2$ ,  $M = 1.7 \pm 0.3 M_{\odot}$ ,  $R = 2.6 \pm 0.4 R_{\odot}$  (Paunzen, 2015; Sheikhi et al., 2016; McDonald et al., 2017).

## 3.3. Звезды, причисляемые к скоплению NGC 7092

### 3.3.1. HD 205073

Яркая и довольно близкая звезда HD 205073 является двойной SB1 типа WDS J21314+4821AB (Kraicheva et al., 1980; Mason et al., 2001). Лучевая скорость переменна и меняется в диапазоне от  $V_R = -30.6 \text{ км с}^{-1}$  до  $V_R = 18.0 \text{ км с}^{-1}$  (Abt and Sanders, 1973; Landstreet et al., 2008).

По исследованиям Kharchenko et al. (2004) и Landstreet et al. (2008) звезда однозначно принадлежит скоплению.

Первые сведения о магнитном поле звезды приведены в каталоге Vychkov et al. (2003):  $B_{\text{rms}} = 330 \pm 350 \text{ Гс}$ ,  $\chi^2/n = 0.5$ . Landstreet et al. (2008) по двум спектрам ESPaDOnS также не обнаружили магнитного поля. Принимая в расчет и наши измерения на ОЗСП, можно утверждать, что HD 205073 является немагнитной звездой:  $B_{\text{rms}} < 100 \text{ Гс}$ .

По спектральным данным ELODIE Prugniel et al. (2007) оценили следующие физические параметры:  $T_{\text{eff}} = 9900 \text{ К}$ ,  $\lg g = 3.7$ . Проекцию скорости вращения измерили Landstreet et al. (2008):

$v_e \sin i = 16 \text{ км с}^{-1}$ . Используя перечисленные параметры и данные о межзвездном поглощении из работы Montalto et al. (2021), мы оценили светимость  $\lg L/L_{\odot} = 1.9 \pm 0.3$ ,  $R = 3.3 \pm 0.4 R_{\odot}$ , по эволюционным трекам нашли  $M = 2.5 \pm 0.4 M_{\odot}$ ,  $\lg t \approx 8.7$ .

### 3.3.2. HD 205116

В литературе сведений о двойственности HD 205116 не найдено, однако лучевая скорость переменная, варьируется от  $V_R = -19.5 \text{ км с}^{-1}$  до  $V_R = 1.6 \text{ км с}^{-1}$  (Abt and Sanders, 1973; Gontcharov, 2006).

Согласно исследованию Kharchenko et al. (2004), звезда по всем параметрам принадлежит скоплению.

Исследование магнитного поля HD 205116 ранее не проводилось. По нашим четырем измерениям магнитное поле не обнаружено:  $B_{\text{rms}} \leq 100 \text{ Гс}$ .

Оценка физических параметров проводилась только по фотометрическим данным:

$$\begin{aligned} T_{\text{eff}} &= 9900 \pm 400 \text{ К}, \lg g = 3.7 \pm 0.2, \\ \lg L/L_{\odot} &= 2.3 \pm 0.2, M = 2.9 \pm 0.5 M_{\odot}, \\ R &= 3.9 \pm 0.4 R_{\odot}, v_e \sin i = 35 \text{ км с}^{-1}, \lg t = 8.4 \end{aligned}$$

(Klochkova and Kopylov, 1985; Gontcharov, 2006; Paunzen, 2015; McDonald et al., 2017; Glagolevskij, 2019).

### 3.3.3. HD 205117

Химически пекулярная звезда HD 205117 типа пекулярности SrSi (Renson and Manfroid, 2009). В литературе сведений о двойственности нет, лучевая скорость переменная, меняется в диапазоне от  $V_R = -17.9 \text{ км с}^{-1}$  до  $V_R = 24.6 \text{ км с}^{-1}$  (Abt and Sanders, 1973; Gontcharov, 2006; Romanyuk et al., 2018).

Kharchenko et al. (2004) заключили, что звезда по всем параметрам принадлежит скоплению.

Магнитное поле звезды впервые исследовано нами по наблюдательному материалу, который был получен на ОЗСП в 2011 году (Romanyuk et al., 2018). Включая наши новые пять измерений, HD 205117 скорее всего немагнитная или слабомагнитная звезда:  $B_{\text{rms}} < 400 \text{ Гс}$ ,  $\chi^2 < 5$ .

Физические параметры звезды по спектральному материалу были оценены в работе Moiseeva et al. (2019):  $T_{\text{eff}} = 10\,400 \pm 400 \text{ К}$ ,  $\lg g = 4.0 \pm 0.2$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 1.9 \pm 0.3$ ,  $M = 2.5 \pm 0.5 M_{\odot}$ ,  $R = 2.6 \pm 0.5 R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 76 \text{ км с}^{-1}$ . Параметры с учетом ошибок совпадают с результатами PCA-анализа из работы Gebran et al. (2016). Возраст звезды определили Gontcharov (2012) и Bochanski et al. (2018):  $\lg t = 8.4$ .

**Таблица 4.** Среднеквадратичное магнитное поле по рассеянным скоплениям

Скопление	$\langle B_{\text{rms}} \rangle \pm \sigma_{\text{rms}}$ , Гс	$\chi^2/n$
IC 4756	$200 \pm 110$	5.5
$\alpha$ Per	$210 \pm 120$	5.4
NGC 7092	$210 \pm 125$	3.1

### 3.3.4. HD 205198

В литературе отсутствуют сведения о двойственности звезды HD 205198, но лучевая скорость переменная, меняется от  $V_R = -25.5 \text{ км с}^{-1}$  до  $V_R = 11.1 \text{ км с}^{-1}$  (Abt and Sanders, 1973).

Исследование магнитного поля звезды мы проводили впервые. По нашим пяти измерениям магнитное поле не зафиксировано:  $B_{\text{rms}} \leq 200 \text{ Гс}$ .

Эффективную температуру и ускорение силы тяжести по спектрам ELODIE оценили Katz et al. (2011):  $T_{\text{eff}} = 9900 \text{ К}$ ,  $\lg g = 3.6$ ,  $v_e \sin i = 40 \text{ км с}^{-1}$  (Głęboccki and Gnaciński, 2005). Остальные физические параметры были получены по фотометрическим данным:  $\lg L/L_{\odot} = 1.7$ ,  $M = 2.5M_{\odot}$ ,  $R = 2.3R_{\odot}$  (Paunzen, 2015; McDonald et al., 2017). Используя эти параметры, по эволюционным трекам мы оценили возраст звезды:  $\lg t \approx 8.7$ .

### 3.3.5. HD 205331

Согласно исследованию Abt and Sanders (1973), лучевая скорость звезды переменная, меняется в диапазоне от  $V_R = -18.2 \text{ км с}^{-1}$  до  $V_R = -0.8 \text{ км с}^{-1}$ . Сведений о двойственности в литературе нет.

Магнитное поле звезды впервые было исследовано Kudryavtsev et al. (2006) по трем измерениям, которые не подтвердили его наличие. Landstreet et al. (2008) на ESPaDOnS также не обнаружили магнитное поле. С учетом наших новых шести измерений, скорее всего, HD 205331 немагнитная звезда:  $B_{\text{rms}} \leq 200 \text{ Гс}$ .

Согласно исследованиям Kharchenko et al. (2004) и Landstreet et al. (2008), звезда HD 205331 является членом скопления.

Физические параметры по спектрам ELODIE по массовой классификации определили Prugniel et al. (2007):  $T_{\text{eff}} = 10160 \text{ К}$ ,  $\lg g = 3.7$ ,  $v_e \sin i = 30 \text{ км с}^{-1}$  (Głęboccki and Gnaciński, 2005). Используя эти данные и параметры из работ Oja (1991), Gontcharov (2012) и Brown et al. (2021), мы оценили  $\lg L/L_{\odot} = 2.4 \pm 0.3$ ,  $M = 3.5 \pm 0.5M_{\odot}$ ,  $R = 3.7 \pm 0.5R_{\odot}$ , возраст звезды  $\lg t = 8.4$  (Gontcharov, 2012).

## 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате мы провели магнитное исследование Ар/Вр-звезд в рассеянных скоплениях разного возраста IC 4756,  $\alpha$  Per, и NGC 7092. Наши измерения показывают значительные отличия по сравнению с ассоциацией Orion OB1. Средние значения магнитного поля  $B_{\text{rms}}$  по скоплениям представлены в таблице 4.

Таким образом, ни одна из 19 звезд в направлении трех старых скоплений не показывает продольное поле  $B_{\text{rms}}$  более 1 кГс. По сравнению с ассоциацией Orion OB1 мы видим значительно (на порядок) меньшее поле в этих более старых группировках. Наш результат, с одной стороны, поддерживает теорию реликтового образования магнитного поля звезд. Однако, с другой стороны, возможно, он указывает на особые условия образования магнитных звезд в ассоциации Orion OB1.

В данной работе мы не определяли самостоятельно принадлежность звезд выборки к скоплениям. Как показало предпринятое нами исследование, лишь для малого количества звезд было проведено магнитное моделирование. Для многих объектов физические параметры оценивались по фотометрическим разнородным данным, что понижает надежность их определения. В будущем мы надеемся решить этот вопрос по нашим однородным спектральным данным.

## БЛАГОДАРНОСТИ

В работе использовались базы данных SIMBAD, VizieR, WEBDA, NASA's Astrophysics Data System (ADS). Наблюдения на телескопах САО РАН выполняются при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Обновление приборной базы осуществляется в рамках национального проекта «Наука и университеты».

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Наблюдения, обработка спектрального материала, магнитные измерения и анализ физических параметров были выполнены благодаря финансированию Российским Научным Фондом (грант РФФ № 21-12-00147).

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H. A. Abt and W. L. Sanders, *Astrophys. J.* **186**, 177 (1973).
2. W. S. Adams, A. H. Joy, R. F. Sanford, and G. Stromberg, *Astrophys. J.* **70**, 207 (1929).
3. S. Alexeeva, T. Chen, T. Ryabchikova, et al., *Astrophys. J.* **896** (1), id. 59, 15 (2020).
4. S. Alexeeva, T. Ryabchikova, L. Mashonkina, and S. Hu, *Astrophys. J.* **866** (2), article id. 153, 18 (2018).
5. S. A. Alexeeva, T. A. Ryabchikova, and L. I. Mashonkina, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **462** (1), 1123 (2016).
6. M. Aurière, G. A. Wade, J. Silvester, et al., *Astron. and Astrophys.* **475** (3), 1053 (2007).
7. H. W. Babcock, *Astrophys. J. Suppl.* **3**, 141 (1958).
8. S. Bagnulo, T. Szeifert, G. A. Wade, et al., *Astron. and Astrophys.* **389**, 191 (2002).
9. J. D. Bailey and J. D. Landstreet, *Astron. and Astrophys.* **551**, id. A30, 9 (2013).
10. Y. Y. Balega, V. V. Dyachenko, A. F. Maksimov, et al., *Astrophysical Bulletin* **67** (1), 44 (2012).
11. K. Bernhard, S. Hümmerich, and E. Paunzen, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **493** (3), 3293 (2020).
12. V. V. Bobylev, G. A. Goncharov, and A. T. Bajkova, *Astronomy Reports* **50** (9), 733 (2006).
13. J. J. Bochanski, J. K. Faherty, J. Gagné, et al., *Astron. J.* **155** (4), article id. 149, 17 (2018).
14. T. D. Brandt, *Astrophys. J. Suppl.* **254** (2), id. 42, 14 (2021).
15. D. N. Brown, S. N. Shore, and G. Sonneborn, *Astron. J.* **90**, 1354 (1985).
16. A. G. A. Brown et al. (Gaia Collab.), *Astron. and Astrophys.* **649**, id. A1, 20 (2021).
17. V. D. Bychkov, L. V. Bychkova, and J. Madej, *Astron. and Astrophys.* **407**, 631 (2003).
18. V. D. Bychkov, L. V. Bychkova, and J. Madej, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **394** (3), 1338 (2009).
19. T. Cantat-Gaudin, A. Vallenari, R. Sordo, et al., *Astron. and Astrophys.* **615**, id. A49, 15 (2018).
20. F. A. Catalano and P. Renson, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **127**, 421 (1998).
21. G. A. Chountonov, *Astrophysical Bulletin* **71** (4), 489 (2016).
22. P. T. de Zeeuw, R. Hoogerwerf, J. H. J. de Bruijne, et al., *Astron. J.* **117** (1), 354 (1999).
23. M. Duflot, P. Figon, and N. Meyssonier, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **114**, 269 (1995).
24. P. M. Frinchaboy and S. R. Majewski, *Astron. J.* **136** (1), 118 (2008).
25. M. Gebran, W. Farah, F. Paletou, et al., *Astron. and Astrophys.* **589**, id. A83, 10 (2016).
26. S. Ghazaryan, G. Alecian, and A. A. Hakobyan, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **487** (4), 5922 (2019).
27. K. K. Ghosh, K. M. V. Apparao, and S. Pukalenth, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **134**, 359 (1999).
28. Y. V. Glagolevskij, *Astrophysical Bulletin* **74** (1), 66 (2019).
29. Y. V. Glagolevskij and N. M. Chunakova, *Astrofiz. Issled.: Izvestiya Spets. Astrofiz. Obs.* **19**, 37 (1985).
30. R. Głęboccki and P. Gnaniński, in *Proc. 13th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun, ESA Special Publication, 2005*, Ed. by F. Favata, G. A. J. Hussain, and B. Battrick, **560**, 571 (2005).
31. G. A. Gontcharov, *Astronomy Letters* **32** (11), 759 (2006).
32. G. A. Gontcharov, *Astronomy Letters* **38** (12), 771 (2012).
33. G. A. Gontcharov and A. V. Mosenkov, *VizieR Online Data Catalog: HIP and TGAS stars reddening and extinction* (2018).
34. R. O. Gray and C. J. Corbally, *Astron. J.* **124** (2), 989 (2002).
35. S. Grenier, M. O. Baylac, L. Rolland, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **137**, 451 (1999).
36. W. A. Hiltner, *Astrophys. J. Suppl.* **2**, 389 (1956).
37. S. Hubrig and G. Mathys, *Astronomische Nachrichten* **315** (5), 343 (1994).
38. M. Jagelka, Z. Mikulášek, S. Hümmerich, and E. Paunzen, *Astron. and Astrophys.* **622**, id. A199, 7 (2019).
39. H. Jönsson, J. A. Holtzman, C. Allende Prieto, et al., *Astron. J.* **160** (3), id. 120 (2020).
40. D. Katz, C. Soubiran, R. Cayrel, et al., *Astron. and Astrophys.* **525**, id. A90, 15 (2011).
41. P. Kervella, F. Arenou, and F. Thévenin, *Astron. and Astrophys.* **657**, id. A7, 26 (2022).
42. N. V. Kharchenko, A. E. Piskunov, S. Röser, et al., *Astronomische Nachrichten* **325** (9), 740 (2004).
43. V. G. Klochkova and I. M. Kopylov, *Sov. Astron.* **29**, 549 (1985).
44. O. Kochukhov and S. Bagnulo, *Astron. and Astrophys.* **450** (2), 763 (2006).
45. R. P. Kraft, *Astrophys. J.* **148**, 129 (1967).
46. Z. Kraicheva, E. Popova, A. Tutukov, and L. Yungelson, *Bull. Inf. Centre Donnees Stellaires* **19**, 71 (1980).
47. D. O. Kudryavtsev, in *Proc. Int. Meeting on Magnetic Fields of Chemically Peculiar and Related Stars, Nizhnij Arkhyz, Spec. Astrophys. Obs. RAS, Russia, 1999*, Ed. by Y. V. Glagolevskij and I. I. Romanyuk (Spec. Astroph. Obs. RAS, Nizhnij Arkhyz, 2000), p. 84.
48. D. O. Kudryavtsev, I. I. Romanyuk, V. G. Elkin, and E. Paunzen, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **372** (4), 1804 (2006).
49. J. D. Landstreet, S. Bagnulo, V. Andretta, et al., *Astron. and Astrophys.* **470** (2), 685 (2007).
50. J. D. Landstreet, J. Silaj, V. Andretta, et al., *Astron. and Astrophys.* **481** (2), 465 (2008).
51. Ł. Lipski and K. Stępień, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **385** (1), 481 (2008).
52. V. Makaganiuk, O. Kochukhov, N. Piskunov, et al., *Astron. and Astrophys.* **525**, id. A97, 12 (2011).
53. B. D. Mason, G. L. Wycoff, W. I. Hartkopf, et al., *Astron. J.* **122** (6), 3466 (2001).

54. I. McDonald, A. A. Zijlstra, and R. A. Watson, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **471** (1), 770 (2017).
55. J. C. Mermilliod, *Bull. Inf. Centre Donnees Stellaires* **16**, 2 (1979).
56. M. Missana and N. Missana, *Astron. J.* **109**, 1903 (1995).
57. A. V. Moiseeva, I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, et al., *Astrophysical Bulletin* **74** (1), 62 (2019).
58. J. Molenda-Zakowicz and G. Polubek, *Acta Astronomica* **55**, 375 (2005).
59. M. Montalto, G. Piotto, P. M. Marrese, et al., *Astron. and Astrophys.* **653**, id. A98, 23 (2021).
60. W. W. Morgan, A. D. Code, and A. E. Whitford, *Astrophys. J. Suppl.* **2**, 41 (1955).
61. J. R. Myers, C. B. Sande, A. C. Miller, et al., *VizieR Online Data Catalog: SKY2000 Master Catalog, Version 5* (2015).
62. M. Netopil, E. Paunzen, S. Hümmerich, and K. Bernhard, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **468** (3), 2745 (2017).
63. P. North and R. Kroll, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **78**, 325 (1989).
64. T. Oja, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **89**, 415 (1991).
65. V. E. Panchuk, G. A. Chuntunov, and I. D. Naidenov, *Astrophysical Bulletin* **69** (3), 339 (2014).
66. E. Paunzen, *Astron. and Astrophys.* **580**, id. A23, 3 (2015).
67. E. Paunzen, Z. Mikulášek, R. Poleski, et al., *Astron. and Astrophys.* **556**, id. A12, 9 (2013).
68. R. M. Petrie and J. F. Heard, *Publications of the Dominion Astrophysical Observatory Victoria* **13**, 329 (1969).
69. C. F. Prosser, *Astron. J.* **103**, 488 (1992).
70. P. Prugniel, C. Soubiran, M. Koleva, and D. Le Borgne, *arXiv e-prints astro-ph/0703658* (2007).
71. P. Renson and J. Manfroid, *Astron. and Astrophys.* **498** (3), 961 (2009).
72. I. I. Romanyuk, A. V. Moiseeva, I. A. Yakunin, et al., *Astrophysical Bulletin* **78** (1), 36 (2023).
73. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **69** (4), 427 (2014).
74. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **73** (2), 178 (2018).
75. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **74** (1), 55 (2019).
76. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **76** (1), 39 (2021a).
77. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **76** (2), 163 (2021b).
78. E. Semenko, I. Romanyuk, I. Yakunin, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **515** (1), 998 (2022).
79. N. Sheikhi, M. Hasheminia, P. Khalaj, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **457** (1), 1028 (2016).
80. M. E. Shultz, S. P. Owocki, A. ud-Doula, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **513** (1), 1429 (2022).
81. D. Shulyak, C. Paladini, G. Li Causi, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **443** (2), 1629 (2014).
82. J. Silaj and J. D. Landstreet, *Astron. and Astrophys.* **566**, id. A132, 18 (2014).
83. B. A. Skiff, *VizieR Online Data Catalog: Catalogue of Stellar Spectral Classifications* (2014).
84. K. G. Strassmeier, J. Weingrill, T. Granzer, et al., *Astron. and Astrophys.* **580**, id. A66, 21 (2015).
85. R. E. Wilson, *General catalogue of stellar radial velocities* (Carnegie Institute Washington, Washington, 1953).
86. M. Xiang, H.-W. Rix, Y.-S. Ting, et al., *Astron. and Astrophys.* **662**, id. A66, 30 (2022).
87. P. Zhang, P. S. Chen, and H. T. Yang, *New Astronomy* **10** (4), 325 (2005).
88. J. Zorec and F. Royer, *Astron. and Astrophys.* **537**, id. A120, 22 (2012).
89. B. Zuckerman, C. Melis, J. H. Rhee, et al., *Astrophys. J.* **752** (1), article id. 58, 12 (2012).

## Magnetic Stars in Clusters of Different Ages. II. Open Clusters IC 4756, $\alpha$ Per and NGC 7092

I. I. Romanyuk<sup>1</sup>, A. V. Moiseeva<sup>1</sup>, I. A. Yakunin<sup>1</sup> and V. N. Aitov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Nizhny Arkhyz 369167, Russia

This paper presents the results of magnetic field measurements for 19 chemically peculiar stars in three open star clusters IC 4756,  $\alpha$  Per, NGC 7092. More than 80 spectra of circularly polarized radiation were obtained with the Main Stellar Spectrograph (MSS) at the 6-m BTA telescope of SAO RAS. It was found that the magnetic field value in these clusters is more than three times less than in the young Orion OB1 association. Apparently, unique conditions developed in this association allowed the generation of super-strong magnetic field during the formation of stars.

Keywords: *stars: magnetic field—stars: chemically peculiar—open clusters and associations: individual: IC 4756,  $\alpha$  Per and NGC 7092*