

УДК 524.3–337; 524.35

## МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ СР-ЗВЁД В АССОЦИАЦИИ ORION OB1. V. ЗВЁЗДЫ ПОДГРУПП (c) И (d)

© 2021 И. И. Романюк<sup>1\*</sup>, Е. А. Семенко<sup>1,2</sup>,  
А. В. Моисеева<sup>1</sup>, И. А. Якунин<sup>1,3</sup>, Д. О. Кудрявцев<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>National Astronomical Research Institute of Thailand, Chiangmai, 50180 Thailand

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 199034 Россия

Поступила в редакцию 9 февраля 2021 года; после доработки 28 февраля 2021 года;

принята к публикации 28 февраля 2021 года

В работе приведены результаты измерений магнитного поля 27 химически пекулярных звезд в подгруппах (c) и (d) ассоциации Orion OB1. Всего получено и измерено более 140 пар спектров циркулярно-поляризованного излучения, полученных в период с 2013 по 2020 гг. Анализ результатов показал, что в подгруппе (c) 13 из 24 СР-звезд обладают магнитным полем. Одновременно, поля значимой величины не удалось обнаружить ни у одной из трех СР-звезд подгруппы (d). Мы нашли, что доля магнитных звезд в подгруппе (c), средний возраст которой оценивается примерно в 5 млн. лет, лежит посредине между долей магнитных звезд в подгруппах (a) возрастом 10 млн. лет и (b), возраст которой около 2 млн. лет. Наши результаты свидетельствуют о резком падении доли магнитных СР-звезд и одновременном снижении величины их магнитного поля с возрастом. Полученные на примере ассоциации Orion OB1 данные в целом свидетельствуют в пользу теории реликтового происхождения магнитного поля химически пекулярных звезд, однако сам процесс формирования поля может иметь ряд особенностей, имеющих наблюдательные проявления.

Ключевые слова: *звезды: магнитное поле — звезды: химически пекулярные*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящей работой мы продолжаем серию публикаций, посвященных исследованию магнитного поля звезд в ассоциации OB1 созвездия Ориона. Данная ассоциация с центром на расстоянии около 400 пк богата яркими В-звездами. Исследования Romanjuk et al. (2013) показали, что в этой ассоциации находится наиболее крупная из всех известных группировка ранних массивных химически пекулярных звезд, многие из которых потенциально обладают магнитным полем. Это, а также тот важный факт, что возраст звезд в ассоциации, в отличие от звезд поля, определяется достаточно надежно, были основными мотивами при выборе объекта изучения.

Детальное обоснование необходимости подобных исследований представлено нами в работе Romanjuk et al. (2013), где была изложена постановка задачи, выделены отдельные звезды и найдены их основные параметры. Программа наблюдений была поставлена на 6-м телескопе БТА. За 8 лет выполнения программы было получено

более 500 зеемановских спектров для 60 химически пекулярных звезд. На начало 2021 г. наблюдательная часть программы практически завершена.

Существует много схем деления ассоциации Orion OB1 на подгруппы. Особенно интересно строение ассоциации выглядит в свете результатов анализа данных GAIA (Gaia Collaboration et al. 2018). Хорошим примером последних служит серия работ Zari et al. (2017; 2019; 2018). Однако на момент начала нашего проекта общепринятой была схема деления, предложенная Vlaauw (1964): внутри ассоциации он выделил четыре подгруппы (a)–(d), каждая из которых отличается по возрасту и звездному составу. Новые исследования свидетельствуют о более сложном распределении звезд в ассоциации, тем не менее, для однородности мы придерживаемся схемы Romanjuk et al. (2013).

В предыдущих работах серии Romanjuk et al. (2019; 2021) мы опубликовали результаты измерений магнитного поля химически пекулярных звезд в подгруппах (a) и (b) ассоциации. Здесь же мы представляем результаты для звезд в подгруппах (c) и (d) ассоциации. Обширная подгруппа (c) занимает нижнюю часть созвездия южнее «Пояса Ориона».

\*E-mail: roman@sao.ru

Немногочисленная подгруппа (*d*) очень маленькая и по сути находится внутри подгруппы (*c*) — это звезды в области Большой туманности Ориона. Так как химические аномалии были найдены только у трех звезд подгруппы, мы не стали посвящать ей отдельную публикацию.

## 2. ВЫДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИ ПЕКУЛЯРНЫХ ЗВЕЗД

Принципы отбора и списки отождествленных химически пекулярных звезд в подгруппах (*c*) и (*d*) ассоциации Orion OB1 приведены нами в работе Romanuk et al. (2013). Методика выделения СР-звезд во всех подгруппах ассоциации была одинаковой. Это же касается методики наблюдений, измерений магнитного поля и анализа данных. Единственное исключение составляют значения параллаксов. За последнее десятилетие, благодаря данным, полученным в миссии GAIA (Gaia Collaboration et al. 2018), был достигнут существенный прогресс в изучении строения Галактики, существенной частью которой является и ассоциация Ориона. Параллаксы, измеренные GAIA (Gaia Collaboration et al. 2018), мы использовали в спорных случаях для решения вопроса о принадлежности звезды к ассоциации.

Список выделенных нами ранее СР-звезд, принадлежащих подгруппам (*c*) и (*d*), воспроизведен в таблице 1. В колонках приведены: название звезды, тип пекулярности, галактические координаты (*l*, *b*), параллакс, полученный в ходе миссии спутника GAIA (Gaia Collaboration et al. 2018) (в миллисекундах дуги), видимая звездная величина  $m_V$  и полное межзвездное поглощение в направлении на звезду  $A_V$  (в звездных величинах).

Таким образом в подгруппе (*c*) мы выделили 25 химически пекулярных звезд. Из них 24 являются потенциально магнитными Ар- и Вр-звездами, а одна — HD 36697 — судя по полученным спектрам и новым литературным данным, возможно относится к немагнитным Ам-звездам. На основании спектральной классификации, HD 36697 была исключена из дальнейшего рассмотрения, а число пекулярных звезд в подгруппе (*c*) принято равным 24. В очень компактной подгруппе (*d*) мы выделили три звезды, которые также присутствуют в каталоге Renson and Manfroid (2009).

Из таблицы 1 видно, что отобранные нами для наблюдений объекты подгруппы (*c*) распределены на участке неба размером  $10^\circ \times 10^\circ$  в пределах галактических долгот  $l = 205^\circ.3 - 214^\circ.4$  и широт  $b = -13^\circ.1 \dots -23^\circ.8$ , что с учетом протяженности ассоциации вдоль луча зрения на среднем расстоянии 400 пк в картинной плоскости соответствует области Галактики  $50 \times 50 \times 150$  пк. Подгруппа (*a*) занимает площадь в несколько раз больше,

чем подгруппа (*b*) ассоциации. Примечательной особенностью подгруппы (*c*) является Большая Туманность Ориона с повышенным поглощением и большой линейной поляризацией. Хотя сама туманность занимает небольшую область внутри подгруппы (*c*), из-за разницы в возрасте звезд она была выделена в отдельную подгруппу (*d*).

Каталог звезд в туманности Ориона составил московский астроном Pagnano (1954). Из выделенных нами выше 24 пекулярных звезд подгруппы (*c*) 13 — представлены в этом каталоге. В комментариях к отдельным звездам это будет отмечено. Все три СР-звезды подгруппы (*d*) попадают в Большую Туманность Ориона. В таблице 1 для звезды HD 35901 мы приводим параллакс HIPPARCOS (2.95 mas), поскольку параллакс GAIA (1.20 mas) явно ошибочный.

## 3. НАБЛЮДЕНИЯ И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

### 3.1. Наблюдения

Основная часть наблюдений пекулярных звезд в ассоциации Orion OB1 была выполнена в период с 2013 по 2019 год на Основном звездном спектрографе (ОЗСП)<sup>1</sup> телескопа БТА (Panchuk et al. 2014) с анализатором круговой поляризации (Chountonov 2004). Методика наблюдений и обработки данных описана, например, в работах Romanuk et al. (2014; 2019; 2021). Для большинства звезд мы получили не менее четырех спектров в разные даты. Время экспозиции выбиралось таким образом, чтобы отношение сигнал/шум ( $S/N$ ) на спектрах было не менее 150–200. Основная масса спектров покрывает область длин волн 4450–4950 Å со средним разрешением  $R = 15\,000$ .

### 3.2. Результаты измерений магнитных полей

Результаты измерений магнитного поля представлены в таблице 2. В ее колонках приведены: название звезды, юлианская дата наблюдений, величины эффективного продольного магнитного поля (в гауссах), полученные модифицированным методом Бэбкока  $B_e(z)$  (Babcock 1958), методом регрессии  $B_e(r)$  (Bagnulo et al. 2002) и по линии водорода  $H_\beta$ , а также среднеквадратические ошибки измерений  $\sigma$ . Принципиальные различия между разными методами измерения поля описаны в предыдущих работах (Romanuk et al. 2019; 2021). Среднеквадратическая ошибка измерений продольного поля по линии  $H_\beta$  оценивается

<sup>1</sup>Web-страница прибора ОЗСП: <https://www.sao.ru/hq/lizm/mss/en/index.html>

Таблица 1. Список химически-пекулярных звезд подгруппы (c), (d) ассоциации Орион OB1

Звезда	Подгруппа	Рес	$l^\circ, b^\circ$	$\pi, mas$	$V, mag$	$A_V, mag$
HD 34736	c	Si	209.0, -23.8	2.74	7.82	—
HD 34889	c	Si	207.1, -22.6	2.73	8.75	0.01
HD 35901	c	Si	209.5, -21.7	2.95	9.04	0.16
HD 36540	c	He-wk	207.8, -19.7	2.39	8.16	0.59
HD 36559	c	He-wk?	207.9, -19.6	3.03	8.81	0.05
HD 36629	c	He-wk	208.0, -19.5	2.10	7.65	0.69
HD 36697	c	Ap/Am	210.9, -20.8	3.03	8.65	0.26
HD 36899	c	Sr	208.7, -19.4	2.48	9.80	0.03
HD 36916	c	He-wk, Si	207.8, -18.9	3.87	6.74	0.01
HD 36918	c	He-wk	209.5, -19.7	2.47	8.34	0.09
HD 36958	c	He-wk	205.3, -17.6	2.43	6.90	0.28
HD 36960	c	Si	209.6, -19.7	2.02	4.75	0.07
HD 36997	c	SiSr	206.2, -18.0	2.10	8.32	0.06
HD 37017	c	He-r	208.2, -19.0	2.63	6.55	0.49
HD 37058	c	He-wk, Sr	208.5, -19.0	2.17	7.32	0.15
HD 37129	c	He-wk	208.2, -18.8	2.30	7.17	0.12
HD 37151	c	He-wk, Si	211.0, -20.1	4.05	7.39	0.04
HD 37210	c	He-wk, Si	210.2, -19.6	1.85	8.12	0.05
HD 37470	c	Si	210.1, -19.0	2.35	8.23	0.48
HD 37642	c	He-wk	207.6, -17.4	2.47	8.05	0.14
HD 37687	c	He-wk, Si	207.8, -17.4	2.21	7.06	0.51
HD 37807	c	He-wk	208.0, -17.3	2.55	7.87	0.15
HD 37808	c	Si	214.4, -20.3	5.31	6.52	0.03
HD 40146	c	Si	210.1, -13.8	2.00	9.33	0.48
HD 40759	c	CrEu	210.6, -13.1	2.32	8.54	0.14
HD 36982	d	He-r	209.1, -19.4	2.44	8.46	0.94
HD 37041	d	He-r	209.1, -19.4	2.11	6.39	0.62
HD 37114	d	B8p	209.1, -19.2	3.15	9.01	0.04

как  $\pm 500$  Гс, поэтому в таблице 2 она отдельно не указывается. Для каждого полученного спектра мы приводим значение величины  $S/N$ . Отметим, что уникальная магнитная звезда HD 34736, магнитное поле которой было обнаружено нами в работе Semenکو et al. (2014), в таблице 2 не представлена. Для HD 34736 нами было получено более 130 зе-

емановских спектров, и результаты их измерений будут опубликованы в отдельной статье.

Таким образом, за вычетом звезды HD 34736, мы измерили 140 пар зеemanовских спектров для 27 химически пекулярных звезд подгрупп (c) и (d) ассоциации Орион OB1. Помимо этого были получены все необходимые калибровочные спектры, результаты измерений которых не включены

в таблицу 2. В наблюдениях звезд-стандартов, как и ранее, не выявлено никаких систематических инструментальных ошибок, превышающих  $\pm 50$  Гс.

**Таблица 2.** Результаты измерений магнитного поля CP-звезд подгрупп (c), (d) в ассоциации Орион OB1

Звезда	JD(2450000+)	S/N	$B_e(z) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(r) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(h)$ , Гс
HD 34889	6590.593	270	$+30 \pm 150$	$+110 \pm 90$	–
	7762.338	320	$-900 \pm 80$	$-520 \pm 100$	$-650$
	8006.529	170	$+610 \pm 120$	$+290 \pm 110$	$+200$
	8061.347	170	$+640 \pm 180$	$+450 \pm 110$	$+700$
	8125.467	140	$-80 \pm 150$	$-200 \pm 70$	0
	8805.342	190	$-930 \pm 90$	$-720 \pm 50$	$-900$
HD 35901	6640.452	100	$+540 \pm 220$	$+80 \pm 70$	–
	7764.271	150	$-470 \pm 200$	$-105 \pm 50$	0
	8061.393	170	$-140 \pm 180$	$-40 \pm 70$	$+800$
	8126.324	300	$+160 \pm 150$	$+140 \pm 50$	$-900$
	8151.300	250	$-130 \pm 140$	$-95 \pm 60$	$-200$
	8831.387	210	$+170 \pm 200$	$+30 \pm 55$	$+700$
HD 36540	5553.357	310	$+1470 \pm 360$	$+425 \pm 140$	$-100$
	5873.558	220	$-570 \pm 600$	$-180 \pm 135$	$-100$
	5962.404	150	$-180 \pm 400$	$+40 \pm 90$	–
	5963.415	200	$-180 \pm 630$	$+225 \pm 110$	–
HD 36559	7764.422	130	$-4600 \pm 1500$	$-10 \pm 230$	$-5200$
	8448.507	160	$-2600 \pm 2300$	$-60 \pm 130$	$-100$
	8514.266	150	$-1500 \pm 1600$	$-300 \pm 230$	$+700$
HD 36629	5553.385	330	$+90 \pm 60$	$+70 \pm 100$	$-100$
	7825.235	160	$0 \pm 60$	$-90 \pm 40$	0
	8551.290	210	$-100 \pm 60$	$-70 \pm 60$	$-100$
	8758.431	150	$-210 \pm 90$	$-180 \pm 70$	$-300$
	8759.472	190	$-110 \pm 70$	$-50 \pm 60$	$+200$
	8799.462	210	$+20 \pm 90$	$+40 \pm 70$	0
HD 36697	7764.234	150	$-1 \pm 53$	$13 \pm 27$	0
	7825.269	130	$-56 \pm 42$	$-83 \pm 39$	0
	8006.567	110	$-15 \pm 46$	$-58 \pm 34$	$-100$
	8151.277	160	$-42 \pm 34$	$-57 \pm 33$	90
	8153.271	180	$-72 \pm 43$	$-58 \pm 24$	$-100$
	8178.297	180	$-41 \pm 84$	$13 \pm 46$	200

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда	JD(2450000+)	S/N	$B_e(z) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(r) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(h)$ , Гс
	8448.422	170	$4 \pm 33$	$0 \pm 51$	0
	8512.365	160	$126 \pm 30$	$95 \pm 36$	200
	8801.437	180	$15 \pm 55$	$37 \pm 15$	-100
	8802.392	180	$50 \pm 60$	$5 \pm 15$	-100
HD 36899	6643.458	150	$-6000 \pm 14\,000$	$+310 \pm 170$	+20 000
	8471.483	130	$+7000 \pm 4000$	$+250 \pm 120$	+16 000
	8504.365	110	$-1050 \pm 1350$	$-190 \pm 120$	-4000
	8777.482	160	$-6000 \pm 2800$	$-300 \pm 230$	-10 000
HD 36916	5554.348	330	$-950 \pm 150$	$-660 \pm 220$	-1100
	5842.549	330	$-570 \pm 220$	$-350 \pm 150$	-500
	5963.377	320	$+70 \pm 310$	$-170 \pm 60$	-
	6590.506	350	$-1040 \pm 280$	$-610 \pm 180$	-1200
	7289.604	240	$+190 \pm 460$	$-450 \pm 270$	+600
	7290.545	400	$+640 \pm 640$	$-380 \pm 140$	-1300
HD 36918	6643.456	200	$+1170 \pm 1090$	$+380 \pm 170$	-
	7762.243	300	$+260 \pm 1200$	$-330 \pm 210$	-
	8009.518	130	$+2500 \pm 550$	$-270 \pm 180$	+1600
	8009.540	180	$-210 \pm 890$	$+40 \pm 200$	-1100
	8777.527	220	$-110 \pm 1020$	$-40 \pm 140$	+400
	8805.399	220	$+1030 \pm 1170$	$+90 \pm 160$	+1900
HD 36958	6645.435	330	$-20 \pm 60$	$-30 \pm 30$	-
	7764.331	280	$-40 \pm 150$	$-80 \pm 170$	-
	8552.235	100	$+430 \pm 610$	$-140 \pm 110$	-600
	8579.188	230	$+150 \pm 160$	$-50 \pm 150$	-100
	8776.603	250	$+110 \pm 90$	$-80 \pm 130$	0
	8777.606	220	$-60 \pm 150$	$-110 \pm 110$	-200
	8802.447	180	$90 \pm 175$	$55 \pm 30$	0
HD 36960	6639.513	300	$+40 \pm 50$	$-20 \pm 60$	-100
	6645.449	300	$-120 \pm 80$	$-10 \pm 20$	-
	7762.495	180	$-100 \pm 180$	$-170 \pm 70$	+300
	8448.487	600	$-110 \pm 170$	$-70 \pm 80$	+100
HD 36997	6643.350	200	$-405 \pm 80$	$-220 \pm 40$	-200
	7764.427	140	$-1560 \pm 90$	$-1285 \pm 35$	-1600
	8448.542	210	$-1060 \pm 90$	$-745 \pm 40$	-100

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда	JD(2450000+)	S/N	$B_e(z) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(r) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(h)$ , Гс
	8535.229	150	$-350 \pm 140$	$-260 \pm 50$	-1500
	8758.476	190	$+410 \pm 100$	$+155 \pm 50$	600
	8759.586	190	$+1170 \pm 80$	$+965 \pm 35$	1000
	8778.488	200	$+240 \pm 70$	$+245 \pm 40$	0
	8801.474	200	$+1200 \pm 70$	$+1100 \pm 35$	+1500
	8802.467	200	$-260 \pm 100$	$-255 \pm 35$	-100
HD 37017	9096.576	—	$-148 \pm 1051$	$-686 \pm 102$	—
	9097.565	—	$-3344 \pm 1154$	$-1396 \pm 110$	—
HD 37058	5582.301	230	$-1250 \pm 70$	$-1100 \pm 70$	-1000
	5583.384	270	$-1140 \pm 50$	$-1130 \pm 60$	-900
	5842.619	200	$-120 \pm 40$	$-110 \pm 50$	-600
	5843.494	420	$-440 \pm 40$	$-320 \pm 90$	-2000
	5873.587	230	$-950 \pm 80$	$-800 \pm 60$	-800
	7289.594	200	$+680 \pm 140$	$+370 \pm 70$	+100
	7290.558	250	$+830 \pm 90$	$+620 \pm 50$	+700
HD 37129	7761.310	180	$+330 \pm 280$	$-130 \pm 130$	-400
	7823.164	250	$-370 \pm 370$	$-50 \pm 120$	-500
	7829.234	110	$+920 \pm 940$	$+200 \pm 120$	+2600
	8008.577	210	$+350 \pm 670$	$+120 \pm 160$	+800
	8009.583	290	$-210 \pm 560$	$+110 \pm 120$	-300
HD 37151	5555.497	190	$+70 \pm 80$	$+30 \pm 120$	0
	7762.381	260	$+340 \pm 1580$	$-500 \pm 190$	+2000
	8151.300	350	$-90 \pm 210$	$0 \pm 60$	+100
	8448.471	290	$-250 \pm 90$	$-100 \pm 60$	-100
	8552.252	100	$-1720 \pm 800$	$+90 \pm 100$	+100
HD 37210	7764.305	200	$+350 \pm 60$	$+270 \pm 50$	+200
	7825.297	280	$-80 \pm 90$	$-80 \pm 70$	—
	8153.300	150	$-270 \pm 70$	$-150 \pm 90$	-100
	8448.459	200	$+370 \pm 80$	$+340 \pm 100$	+500
HD 37470	7740.547	200	$+360 \pm 200$	$-40 \pm 220$	+500
	8126.395	250	$+320 \pm 220$	$-70 \pm 140$	—
	8471.453	200	$+170 \pm 120$	$+60 \pm 90$	+500
	8504.327	210	$-390 \pm 190$	$-110 \pm 170$	+300
HD 37642	2624.416	200	$+2140 \pm 890$	—	—

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда	JD(2450000+)	S/N	$B_e(z) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(r) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(h)$ , Гс
	2625.436	200	$+4640 \pm 1250$	—	—
	2626.393	200	$+2630 \pm 2300$	—	—
	5582.319	220	$+1780 \pm 690$	$+2110 \pm 310$	$+5300$
	5583.368	260	$+1940 \pm 560$	$+960 \pm 220$	$+300$
	5873.650	220	$+1520 \pm 730$	$+1730 \pm 340$	$+4100$
	6590.522	330	$-7970 \pm 1160$	$-1680 \pm 190$	—
	8580.194	250	$-900 \pm 1200$	$-50 \pm 140$	$-5000$
	8581.188	160	$-490 \pm 670$	$+230 \pm 180$	$-9000$
	8805.435	280	$+3980 \pm 600$	$+890 \pm 1900$	$+3900$
HD 37687	5555.506	200	$+580 \pm 40$	$+490 \pm 40$	$+400$
	5843.558	200	$+560 \pm 40$	$+540 \pm 50$	0
	5963.374	360	$+630 \pm 30$	$+580 \pm 20$	—
	6177.613	200	$+500 \pm 30$	$+480 \pm 10$	—
HD 37807	6645.354	300	$+130 \pm 90$	$-30 \pm 20$	—
	7823.218	200	$-400 \pm 200$	$-220 \pm 60$	$-400$
	7829.207	160	$+60 \pm 230$	$+40 \pm 80$	$+400$
	8116.473	110	$-480 \pm 250$	$-170 \pm 70$	$-100$
	8471.425	150	$+30 \pm 110$	$-50 \pm 80$	$-100$
HD 37808	7762.281	230	$+900 \pm 140$	$+300 \pm 150$	$+700$
	7825.190	150	$+900 \pm 220$	$+610 \pm 110$	$+1000$
	8006.590	250	$+1200 \pm 140$	$+820 \pm 120$	$+1000$
	8007.589	200	$+720 \pm 210$	$+650 \pm 100$	$+700$
	8126.275	240	$+970 \pm 140$	$+840 \pm 80$	$+1200$
HD 40146	8126.224	300	$-440 \pm 80$	$-460 \pm 60$	$-400$
	8802.565	150	$-650 \pm 120$	$-380 \pm 70$	$-500$
	8805.488	200	$+650 \pm 150$	$+260 \pm 40$	0
HD 40759	2917.580	—	$+1970 \pm 320$	—	—
	2918.545	—	$+2050 \pm 250$	—	—
	3363.434	—	$+1950 \pm 120$	—	—
	6233.414	130	$+1450 \pm 40$	$+970 \pm 110$	$+700$
	8551.320	220	$+2370 \pm 90$	$+2170 \pm 50$	$+1600$
	8579.259	90	$+570 \pm 150$	$+210 \pm 70$	$+1800$
	8758.563	250	$+1480 \pm 90$	$+1210 \pm 80$	$+1200$
	8759.538	220	$+1820 \pm 70$	$+1450 \pm 50$	$+1300$

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда	JD(2450000+)	S/N	$B_e(z) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(r) \pm \sigma$ , Гс	$B_e(h)$ , Гс
	8778.510	200	+500 ± 90	+210 ± 60	-200
	8799.500	150	+1870 ± 90	+1620 ± 60	+1200
	8801.501	250	+1330 ± 100	+870 ± 50	+400
	8802.426	220	+1290 ± 90	+940 ± 70	+1800
	8805.525	200	+530 ± 90	+260 ± 60	-400
	8805.620	200	+710 ± 100	+360 ± 40	0
HD 36982	5554.359	200	+220 ± 180	+170 ± 330	+300
	9096.565	—	-460 ± 1000	-50 ± 60	—
	9097.584	—	-320 ± 390	+10 ± 70	—
	9099.548	—	+1100 ± 940	-10 ± 50	—
HD 37041	6643.431	—	-977 ± 850	+90 ± 280	—
	9096.582	—	-650 ± 460	-100 ± 70	—
	9211.272	—	+1270 ± 730	-141 ± 60	—
	9213.393	—	+310 ± 540	-90 ± 50	—
HD 37114	6643.503	—	+5500 ± 4000	-180 ± 120	—
	9097.546	—	+4927 ± 3808	-450 ± 130	—
	9211.302	—	+660 ± 1900	+110 ± 100	—
	9213.423	—	+360 ± 1820	+20 ± 90	—

### 3.3. Комментарии к отдельным звездам

Комментарии к отдельным звездам представлены по той же схеме, что и в работах Romanyuk et al. (2019; 2021). Звезды (24 — из подгруппы (c) и 3 — из подгруппы (d)) в общем списке перечислены в порядке возрастания номеров по каталогу HD. Общие сведения обо всех 27 объектах имеются в работе Romanyuk et al. (2013), но за прошедшие 8 лет с момента ее публикации появилось много новой информации, которая учтена в этой работе. Из-за трудностей с определением периодов вращения звезд, мы не имеем возможности построить фазовые кривые продольного поля  $B_e$ . По этой причине в качестве количественной характеристики магнитного поля звезды, мы используем средне-квадратическое поле  $\langle B_e \rangle$  (1), (2), а величину  $\chi^2/n$  (3) — в качестве критерия достоверности. Подробное объяснение этих характеристик дано в работе Romanyuk et al. (2021). Как и в работе Romanyuk et al. (2021) будем считать звезду магнитной, если величина  $\chi^2/n > 5$ .

$$\langle B_e \rangle = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_{ei}^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

$$\langle \sigma \rangle = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

$$\chi^2/n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{B_{ei}}{\sigma_i} \right)^2 \quad (3)$$

#### 3.3.1. HD 34736 = HIP 24828 = Renson 8860 = Brown 032c

Уникальная звезда, поле которой было найдено нами в обзоре звезд ассоциации (Semenko et al. 2014). Кривая изменений продольного поля  $B_e$  с фазой периода вращения имеет сложную форму с двойной волной. Период вращения  $P = 1.28$  суток. HD 34736 — двойная система типа SB2 с быстровращающимся немагнитным вторым компонентом. Орбитальный период системы составляет



около 80 суток. За все время наблюдений звезды мы получили более 130 зеэмановских спектров с удовлетворительным покрытием фаз орбитального периода.

Продольный компонент магнитного поля первичного компонента HD 34736 меняется от  $-5$  кГс до  $+5$  кГс. Среднеквадратическое поле  $\langle B_e \rangle$  мы оцениваем как  $4700 \pm 350$  Гс. Продольное поле звезды, определенное методом регрессии (Bagnulo et al. 2002) имеет меньшую величину, чем найденное классическим методом по центру тяжести поляризованных компонент (Babcock 1958), что является типичным случаем. На рис. 1 изображена кривая  $B_e$  для HD 34736, полученная из наших измерений.

Результаты полного исследования звезды будут опубликованы отдельно.

### 3.3.2. HD 34889 = HIP 24936 = Renson 8920 = Brown 047c

Звезда спектрального класса B9 с усиленными линиями кремния. HD 34889 упоминается в списке объектов типа Ae/Be Хербига близких ассоциаций (Hernández et al. 2005). Там же приведена величина полного поглощения  $A_V = 0^m 01$ . В целом же можно констатировать, что звезда изучена слабо.

Oelkers et al. (2018) нашли период переменности звезды  $P = 3^d 61781$  сут. Изучение фотометрии, полученной TESS, свидетельствует, что этот период близок к правильному (рис. 2).

Магнитное поле HD 34889 нами найдено впервые. Поле обнаруживается надежно, но наши шесть измерений получены в близкие фазы и на фазовую кривую, построенную с периодом TESS, ложатся с большим рассеянием (рис. 3). Судя по приведенным на рисунке кривым, продольный компонент магнитного поля не превышает  $2-3$  кГс. Мы нашли среднеквадратичные значения продольного поля  $\langle B_e \rangle$  как для измерений классическим методом Бэбкока Babcock (1958), так и методом регрессии Bagnulo et al. (2002):

- $\langle B_e(z) \rangle = 642 \pm 134$  Гс,  $\chi^2/n = 47.0$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 433 \pm 91$  Гс,  $\chi^2/n = 50.5$ .

Наши измерения спектров с ОСЗП дают величину лучевой скорости  $V_R = +21$  км с $^{-1}$ . Литературных сведений о возможной двойственности и вообще об измеренной лучевой скорости звезды нет. HD 34889 характеризуется медленным вращением. Мы определили, что  $v_e \sin i$  не превышает  $20$  км с $^{-1}$ , что является пределом, обусловленным инструментальным профилем спектрографа. В работе Tetzlaff et al. (2011) приведены масса  $M = 2.2 M_\odot$  и возраст  $t = 6.8$  млн лет. Мы нашли следующие фундаментальные параметры звезды:  $T_{\text{eff}} = 13\,000$  К,  $\log g = 4.1$ .

### 3.3.3. HD 35901 = HIP 25536 = Renson 9255 = Brown 091c

Звезда спектрального класса B9p с аномальным содержанием кремния. Линии в спектре умеренно широкие и достаточно многочисленны. Параллаксы миссий HIPPARCOS ( $\pi = 2.95$  mas) и GAIA ( $\pi = 1.20$  mas) противоречат друг другу. Мы считаем, что новое значение является ошибочным. Судя по спектральным параметрам (Romanyuk et al. 2013) и поглощению  $A_V = 0^m 16$ , параллакс HIPPARCOS выглядит более приемлемым. В таком случае звезда находится внутри ассоциации.

Oelkers et al. (2018) для периода вращения дают значение  $0^d 745351$ . Изучение данных фотометрии TESS говорит, что это значение является ошибочным. Очищенные от трендов данные дают существенно большее значение:  $P = 2^d 949$  (рис. 4).

Среднеквадратические значения  $\langle B_e \rangle$ , найденные нами следующие:

- $\langle B_e(z) \rangle = 317 \pm 184$  Гс,  $\chi^2/n = 2.5$
- $\langle B_e(r) \rangle = 90 \pm 60$  Гс,  $\chi^2/n = 2.8$

Следуя утвержденным критериям, магнитное поле в шести наблюдениях найти не удалось.

Звезда HD 35901 изучена недостаточно. В частности, в литературе нет сведений о двойственности. В базе SIMBAD сведений о лучевых скоростях нет. В наших наблюдениях на протяжении шести лет лучевая скорость звезды незначительно менялась около  $V_R = +30$  км с $^{-1}$ . Мы нашли следующие фундаментальные параметры звезды:  $v_e \sin i = 65$  км с $^{-1}$ ,  $T_{\text{eff}} = 11\,000$  К,  $\log g = 3.7$ .

### 3.3.4. HD 36540 = HIP 25954 = Renson 9480 = Brown 106c = Parenago 867

В области Туманности Ориона на близком угловом расстоянии в несколько минут расположены три химически пекулярные звезды: HD 36540, HD 36559 и HD 36629. Визуально звезды находятся практически на луче зрения, но расходятся до каждой из них существенно различаются. Этот факт дает возможность исследовать некоторые свойства туманности, в которую они погружены. Рассмотрим каждую из трех звезд подробнее, начиная с HD 36540. В работе Bagnulo et al. (2006) она включена в каталог звезд, входящих в Большую туманность Ориона. Основные параметры этой звезды следующие:  $v_e \sin i = 75$  км с $^{-1}$  (Romanyuk et al. 2017b),  $P = 2^d 1729$  (рис. 5), спектральный класс — B7 с аномалиями типа He-weak.

В работе Romanyuk et al. (2017b) детально описаны наши измерения магнитного поля и

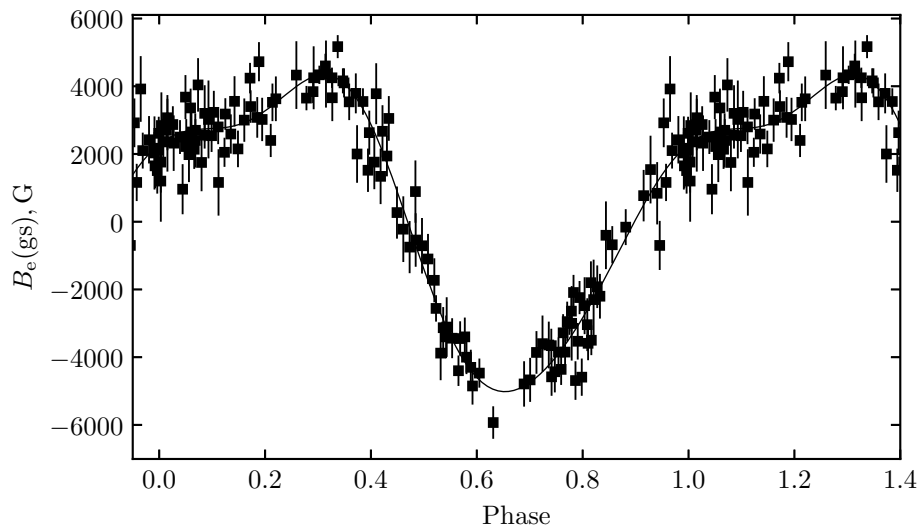


Рис. 1. Кривая переменности продольного магнитного поля HD 34736 по наблюдениям на БТА.

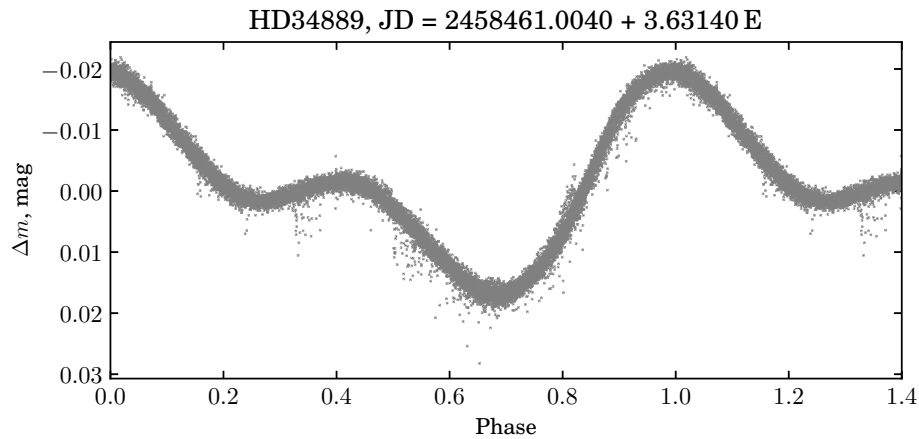


Рис. 2. Кривая блеска звезды HD 34889 по наблюдениям TESS, свернутый с периодом  $P = 3.6314$  сут.

история исследования звезды. Магнитное поле HD 36540 впервые нашел Vogt (1981). По его данным пределы изменения продольного магнитного поля: от  $-400$  до  $+1030$  Гс. Звезда находится в области туманности с большой межзвездной поляризацией  $Pol = 1.640\%$ , а также с большим межзвездным поглощением  $A_V = 0^m.59$ . Звезда явно молодая, т.к. приведена в списке звезд Ae/Be Хербига близких OB ассоциаций. Параллакс GAIA  $\pi = 2.39$  mas дает расстояние 420 пк.

Магнитное поле HD 36540 в наших наблюдениях не обнаруживается. Величина  $\chi^2/n$  оказывается меньше 5 независимо от метода:

- $\langle B_e(z) \rangle = 799 \pm 512$  Гс,  $\chi^2/n = 4.5$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 258 \pm 120$  Гс,  $\chi^2/n = 3.8$ .

Однако, если включить дополнительную точку, полученную на VLT ( $+277 \pm 56$  Гс), и учесть

ранние наблюдения Vogt (1981), то получаем  $\langle B_e \rangle = 370 \pm 170$  Гс и  $\chi^2/n = 7.5$ . По нашим критериям — это магнитная звезда со слабым полем. На рис. 6 показаны кривые переменности продольного поля, построенные с периодом  $P = 2.17296$  сут. по нашим данным.

В статье Romanuk et al. (2021) мы уже отмечали, что для сравнения одной выборки горячих магнитных СР-звезд с другой, также содержащей горячие звезды, предпочтительнее использовать результаты измерений поля, полученные методом регрессии, из-за низкой точности измерений классической методики Бэбкока, особенно если звезды являются быстрыми ротаторами. В настоящей статье мы следуем тому же принципу и, как результат, мы считаем, что наличие магнитного поля у звезды под вопросом.

Лучевая скорость HD 36540 в полученных нами спектрах переменная с пределами изменения от  $+14$  до  $+35$  км  $s^{-1}$ . Изменения лучевой скорости

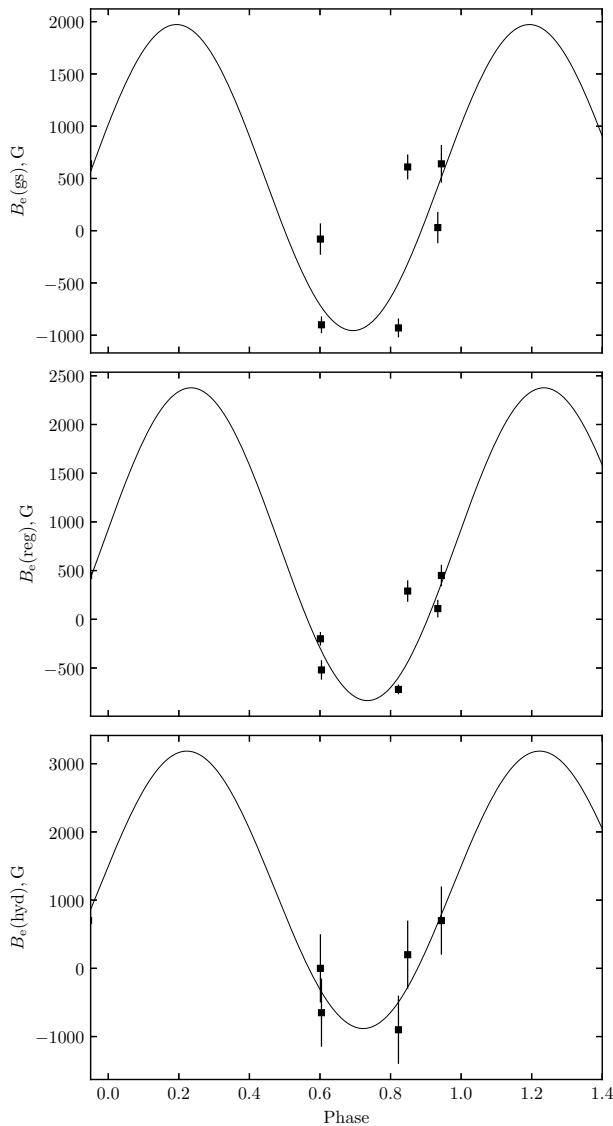


Рис. 3. Кривые продольного магнитного поля звезды HD 34889, измеренного тремя методами.

вместе со спектральной переменностью могут быть вызваны в том числе и двойственностью звезды. В базе SIMBAD HD 36540 обозначена, как двойная или кратная звезда. Присутствие слабого спутника на расстоянии около  $2''$  подтверждает спеклинтерферометрия на БТА (Rastegaev et al. 2014).

### 3.3.5. HD 36559 = BD $-04^{\circ}1163$ = Renson 9500 = Brown 110c = Parenago 908

Эта звезда находится всего в  $4''8$  от HD 36540, что соответствует  $0.56$  пк в картинной плоскости на расстоянии  $400$  пк. Однако эта двойственность кажущаяся. Согласно параллаксу GAIA, расстояние до HD 36559 составляет  $330$  пк, что почти на  $100$  пк ближе, чем до HD 36540. Эта оценка находится в хорошем согласии с тем, что у более близкой звезды поглощение на порядок, а межзвездная

поляризация ( $Pol = 0.280\%$ ) в шесть раз меньше, чем у HD 36540.

Попытки найти магнитное поле звезды с помощью FORS1 завершились безрезультатно (Bagnulo et al. 2015). В наших наблюдениях разброс данных при измерениях классическим методом Бэбкока настолько большой, что их нельзя использовать для анализа (см. таблицу 2), а по результатам измерений, полученным методом регрессии, звезда явно немагнитная.

Результирующие значения среднеквадратического поля  $\langle B_e \rangle$ :

- $\langle B_e(z) \rangle = 3160 \pm 1830$  Гс,  $\chi^2/n = 4.0$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 180 \pm 200$  Гс,  $\chi^2/n = 0.7$ .

Мы нашли следующие физические параметры:  $T_{\text{eff}} = 11\,200$  К,  $\log g = 4.0$ ,  $v_e \sin i = 140$  км с $^{-1}$ . Спектральный класс В9р, приведенный в базе SIMBAD, согласуется с найденной нами эффективной температурой. В спектре звезды видны сильные линии  $4481 \text{ \AA}$  и  $4924 \text{ \AA}$  и несколько слабых широких линий, включая линии гелия  $4471 \text{ \AA}$  и  $4713 \text{ \AA}$ . Явных признаков зеемановских сигнатур в профилях не видно.

### 3.3.6. HD 36629 = HIP 26000 = Renson 9550 = Brown 114c

Звезда спектрального класса В3 в аномалиях He-wk находится на расстоянии  $480$  пк в туманности Ориона (Parenago 1044). Это наиболее удаленная из трех визуально близко расположенных звезд (две другие — вышеупомянутые HD 36540 и HD 36559). Сильная межзвездная (или околозвездная) линейная поляризация в направлении на звезду достигает  $Pol = 1.843\%$ . Межзвездное поглощение  $A_V = 0^m.69$  также сильнее, чем у двух соседних в картинной плоскости звезд. Таким образом, все указывает на то, что HD 36629 расположена дальше них. В работе Oelkers et al. (2018) был найден период вращения  $P = 15^d.9821$ , что согласуется с наличием очень узких линий в спектре. Результаты фотометрии снимков TESS доступны в архиве проекта Cluster Difference Imaging Photometric Survey (CDIPS, Bouma et al. (2019)). Фотометрическая переменность звезды выглядит сложно, со множеством возможных частот, ни одна из которых не является доминирующей.

В каталоге Didelon (1983) приведены пределы изменения магнитного поля HD 36629 от  $-1300$  до  $+1100$  Гс, но более поздние наблюдения это опровергают. Наши шесть измерений с высокой точностью показали отсутствие магнитного поля у объекта:

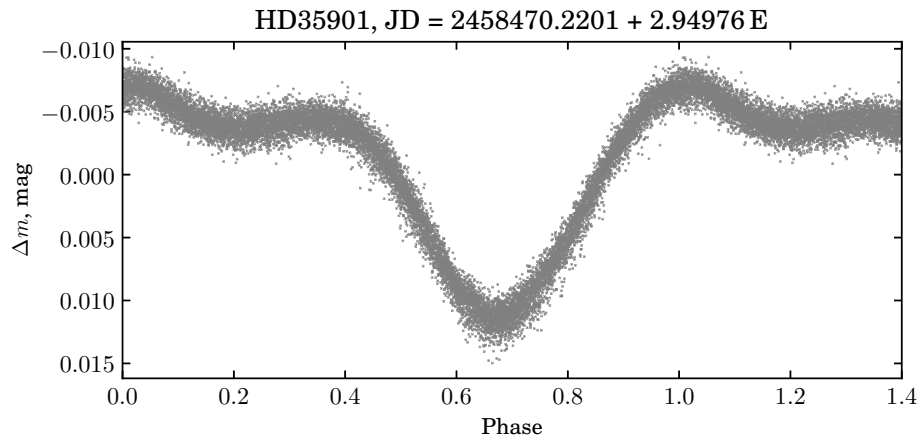


Рис. 4. Кривая блеска звезды HD 35901 по наблюдениям TESS, свернутый с периодом  $P = 2.949$  сут.

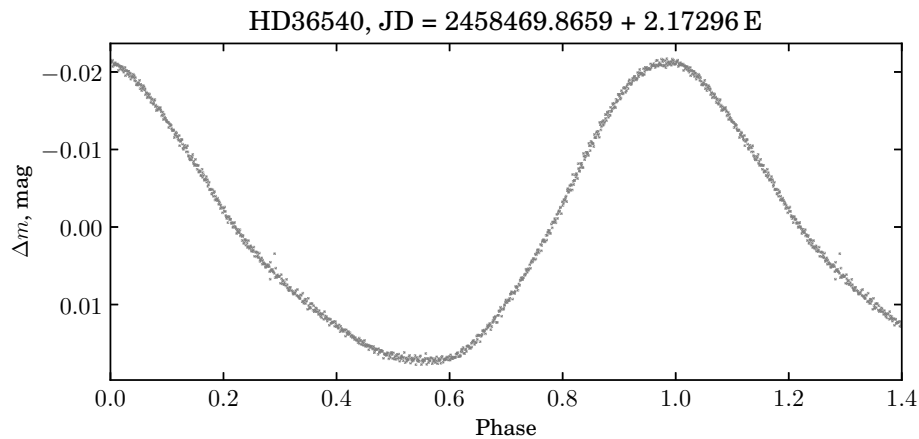


Рис. 5. Кривая блеска звезды HD 36540 по наблюдениям TESS, свернутый с периодом  $P = 2.17296$  сут.

- $\langle B_e(z) \rangle = 110 \pm 72$  Гс,  $\chi^2/n = 2.1$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 94 \pm 69$  Гс,  $\chi^2/n = 2.4$ .

Наблюдения на FORS1 VLT также не показали наличия магнитного поля у звезды (Bagnulo et al. 2015). Интересно отметить, что все три рядом видимые в картинной плоскости звезды не имеют значимого магнитного поля.

Лучевая скорость  $V_R = +40$  км с<sup>-1</sup>, измеренная по нашим спектрам, примерно совпадает с приведенным в базе SIMBAD значением  $V_R = +37.9$  км с<sup>-1</sup>. В спектре линии очень узкие — их уширение соответствует  $v_e \sin i = 5$  км с<sup>-1</sup> (Głębocski and Gnaniński 2005). В качестве фундаментальных параметров мы нашли:  $T_{\text{eff}} = 18\,000$  К и  $\log g = 3.8$ . Видим, что три отмеченные звезды имеют разные эффективные температуры и скорости вращения.

В базе SIMBAD HD 36629 обозначена, как молодой звездный объект. На наш взгляд, HD 36629

вероятно относится к классу молодых медленно пульсирующих В-звезд (SPB) и является близнецом HD 50230 (Wu and Li 2019).

### 3.3.7. HD 36899 = BD −05°1304 = Renson 9690 = Brown 132c = Parenago 1562

Этот молодой звездный объект находится на расстоянии 400 пк и ранее на предмет поиска магнитного поля не изучался. Согласно каталогу переменных звезд в рассеянных скоплениях (Zejda et al. 2012), HD 36899 входит в скопление NGC 1977, которое является частью Туманности Ориона (Parenago 1954).

В направлении на звезду наблюдается сильная поляризация  $Pol = 0.890\%$  (Heiles 2000), но слабое межзвездное поглощение  $A_V = 0.03$  говорит в пользу того, что поляризация имеет околосредний характер. HD 36899 входит в разные каталоги звезд в области Ориона с эмиссией в  $H_\alpha$  (Wiramihardja et al. 1989). Нельзя исключить, что HD 36899 — это звезда Ae/Be Хербига.

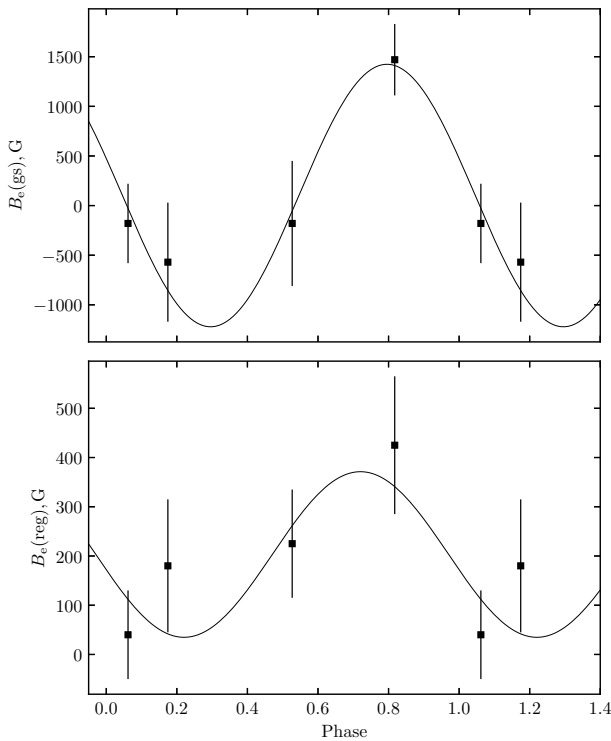


Рис. 6. Кривые продольного магнитного поля звезды HD 36540, измеренного по методу Бэбкока и регрессии.

В линии  $H_{\beta}$  имеются признаки поляризации, которые, если их интерпретировать как эффект Зеемана, могут свидетельствовать о наличии поля в несколько кГс, однако сколько-нибудь значимого магнитного поля нам найти не удалось. Всего три широкие линии в спектре делают измерения поля невозможными.

- $\langle B_e(z) \rangle = 5520 \pm 7440$  Гс,  $\chi^2/n = 2.1$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 267 \pm 164$  Гс,  $\chi^2/n = 3.0$ .

Heinze et al. (2018) обнаружили переменность с периодом 17.184 суток, который в предположении, что это период вращения, несовместим с быстрым вращением звезды. Не удается выделить определенное значение периода и в высокоточной фотометрии CDIPS/TESS. Если переменность с 17-дневным периодом подтвердится, это может являться орбитальным периодом в двойной системе. Указанием на это является переменная лучевая скорость звезды. В наших измерениях  $V_R$  меняется в пределах от +20 до +32 км с<sup>-1</sup>.

В спектрах звезды были найдены усиленные линии стронция, однако спектры в нашем рабочем диапазоне крайне бедны линиями вследствие высокой скорости вращения. Наши измерения дают для HD 36899 значение  $v_e \sin i = 250$  км с<sup>-1</sup>. В качестве оценок фундаментальных параметров мы нашли  $T_{\text{eff}} = 10\,400$  К и  $\log g = 4.0$ .

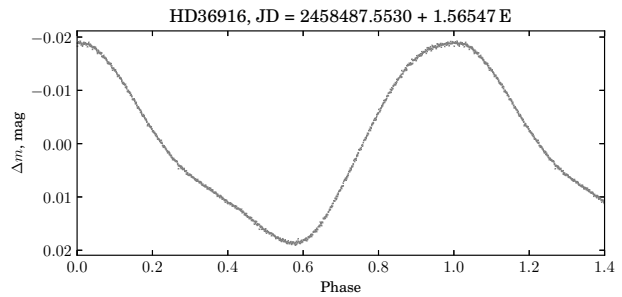


Рис. 7. Кривая блеска звезды HD 36916, полученная TESS.

### 3.3.8. HD 36916 = HIP 26182 = Renson 9700 = Brown 133c = Parenago 1628

В базе SIMBAD звезда HD 36916 (V1045 Ori) отмечена как переменная типа  $\alpha^2$  CVn. Химически пекулярная звезда характеризуется ослабленными линиями гелия и усиленными линиями кремния. Период, найденный нами по фотометрии TESS  $P_{\text{TESS}}$ , равен 1<sup>d</sup>5655 сут. (рис. 7).

Мы получили шесть измерений продольного поля, результаты опубликованы в статье Romanjuk et al. (2017b). Мы подтверждаем прежние результаты, полученные в работах Romanjuk et al. (2017a; 2018). Согласно каталогу переменных звезд в рассеянных скоплениях (Zejda et al. 2012) она является членом скопления NGC 1981, входящего в ассоциацию Орион OB1. Средне-квадратическое магнитное поле, полученное двумя методами представлены ниже:

- $\langle B_e(z) \rangle = 692 \pm 347$  Гс,  $\chi^2/n = 11.1$  (Babcock 1958);
- $\langle B_e(r) \rangle = 461 \pm 181$  Гс,  $\chi^2/n = 7.2$  (Bagnulo et al. 2002).

Parenago (1954) поместил звезду в список объектов Туманности Ориона. Однако параллакс GAIA ( $\pi = 3.87$  mas) указывает на расстояние 258 пк. Звезда находится ближе к нам, чем Туманность Ориона. Полное поглощение слабо:  $A_V = 0^m01$ , поляризация  $Pol = 0.27\%$ .

Мы нашли физические параметры звезды:  $T_{\text{eff}} = 14\,500$  К,  $\log g = 4.1$ ,  $v_e \sin i = 55$  км с<sup>-1</sup>. Лучевая скорость переменная:  $V_R$  меняется от +12 до +25 км с<sup>-1</sup>.

### 3.3.9. HD 36918 = BD -06° 1231 = Renson 9710 = Brown 134c = Parenago 1632

Эта He-wk звезда является главным компонентом тройной системы BDS 2830A и включена в список объектов Туманности Ориона (Parenago 1954). Согласно каталогу Zejda et al. (2012) является членом скопления NGC 1976 в Орионе.

Из таблицы 1 видно, что расстояние до объекта 405 пк. Компонент *B* находится на угловом расстоянии 28" от *A*, компонент *C* — 97" В работе Romanuk et al. (2013) мы отметили, что HD 36918 находится близко от пекулярной звезды с усиленными линиями кремния HD 36960. Угловое расстояние 2.4 На расстоянии 400 пк это соответствует расстоянию 0.4 пк в картинной плоскости. Однако это всего лишь оптическая иллюзия. Так как по параллаксам GAIA расстояние до HD 36960 составляет 495 пк, реальное расстояние между звездами равно 90 пк.

Мы нашли следующие значения среднеквадратического магнитного поля HD 36918:

- $\langle B_e(z) \rangle = 1224 \pm 1009$  Гс,  $\chi^2/n = 3.9$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 234 \pm 167$  Гс,  $\chi^2/n = 1.7$ .

Таким образом, звезда явно немагнитная, что также подтверждает результаты работы Vagnulo et al. (2015).

В базе SIMBAD приведена лучевая скорость звезды  $V_R = +40.8$  км с<sup>-1</sup>. В наших наблюдениях лучевая скорость звезды была слабо переменной со средним значением +25 км с<sup>-1</sup>. Мы нашли следующие фундаментальные параметры HD 36918:  $v_e \sin i = 75$  км с<sup>-1</sup>,  $T_{\text{eff}} = 14\,500$  К,  $\log g = 4.0$ .

3.3.10. HD 36958 = BD -04°1179A = Renson 9750 = Brown 139c = Parenago 1708

Звезда спектрального класса V3 He-wk находится в Туманности Ориона на расстоянии  $d = 411$  пк ( $\pi = 2.43$  mas). Полное поглощение в направлении на звезду составляет  $A_V = 0^m28$ . Наблюдается также сильная, видимо околосредняя, поляризация величиной  $Pol = 0.935\%$ .

Измерения магнитного поля можно провести с достаточно высокой точностью, однако в наших шести наблюдениях оно не было обнаружено. Измерения двумя методами надежно показали его отсутствие в пределах ошибок измерений:

- $\langle B_e(z) \rangle = 181 \pm 263$  Гс,  $\chi^2/n = 0.5$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 86 \pm 115$  Гс,  $\chi^2/n = 1.1$ .

Измеренная нами лучевая скорость переменна (от  $V_R = +33$  км с<sup>-1</sup> до  $V_R = +46$  км с<sup>-1</sup>) и существенно отличается от данных, представленных в базе SIMBAD:  $V_R = +23$  км с<sup>-1</sup>, что указывает на двойственность. В каталоге спектрально-двойных звезд в Туманности Ориона (Kounkel et al. 2016), лучевая скорость звезды также переменная. В работе Oelkers et al. (2018) приведен период

$P = 37^d133$ , что в принципе согласуется с небольшим вращательным уширением линий. Однако, кривая блеска CDIPS/TESS содержит несколько частот, одна из которых — 0.71 сут. — указывает на возможные пульсации типа SPB.

В полученных нами спектрах видны очень сильные линии гелия 4471 Å и 4713 Å, а также железа 4924 Å. Линия магния 4481 Å слабая. В целом, линии очень узкие и немногочисленны. Наш взгляд классификация звезды как He-wk не очень надежна и возможно, что содержание гелия нормальное. Звезда спектрально-двойная. По спектрам мы нашли следующие фундаментальные параметры:  $T_{\text{eff}} = 19\,000$  К,  $\log g = 4.3$ .

3.3.11. HD 36960 = HIP 26199 = Renson 9780 = Brown 141c = Parenago 1728

Эта яркая ( $V = 4^m75$ ) звезда спектрального класса B0p с усиленными линиями кремния является главным компонентом кратной системы ADS 4182A и относится к Туманности Ориона (Parenago 1954). Параллакс GAIA (Gaia Collaboration et al. 2018)  $\pi = 2.02$  mas дает расстояние до звезды  $d = 495$  пк. Поляризация в направлении на звезду составляет  $Pol = 0.11\%$ . Линия  $H_\alpha$  в эмиссии (Parsamian and Chavira 1982).

В четырех наблюдениях поле HD 36960 на БТА нам обнаружить не удалось:

- $\langle B_e(z) \rangle = 98 \pm 135$  Гс,  $\chi^2/n = 0.9$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 93 \pm 63$  Гс,  $\chi^2/n = 1.1$ .

По нашим данным, лучевая скорость на протяжении четырех лет практически не менялась и составляла в среднем  $V_R = +27$  км с<sup>-1</sup>, что совпадает с приведенной в базе SIMBAD. Анализ спектров дает следующие физические параметры:  $v_e \sin i = 45$  км с<sup>-1</sup>,  $T_{\text{eff}} = 21\,000$  К,  $\log g = 3.4$ .

3.3.12. HD 36982 = BD -05°1313 = Renson 9800 = Brown 003d = Parenago 1772

HD 36982 — одна из трех CP-звезд, принадлежащих подгруппе (*d*) ассоциации согласно Romanuk et al. (2013). Звезда классифицирована как B2 с усиленными линиями гелия (Renson and Manfroid 2009). Сильное поглощение  $A_V = 0^m94$  и поляризация  $Pol = 1.007\%$  доказывают, что она находится в глубине Туманности Ориона. В каталоге переменных звезд рассеянных скоплений (Zejda et al. 2012) представлена как член скопления NGC 1976.

Используя данные из архива FORS1 (Vagnulo et al. 2006) и результаты собственных измерений, мы приходим к выводу, что звезда немагнитная:

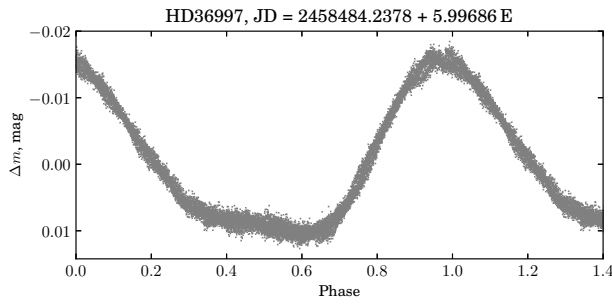


Рис. 8. Кривая блеска главного компонента системы HD 36997 по данным TESS.

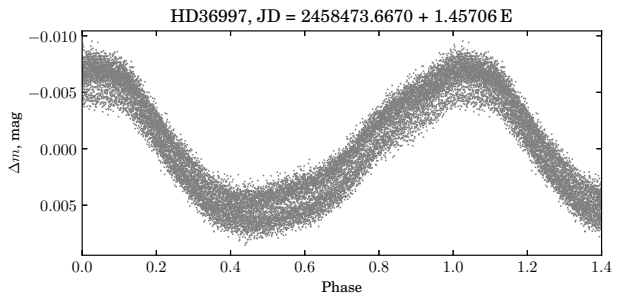


Рис. 9. Кривая блеска вторичного компонента системы HD 36997 по данным TESS.

- $\langle B_e(z) \rangle = 624 \pm 732$  Гс,  $\chi^2/n = 0.6$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 104 \pm 75$  Гс,  $\chi^2/n = 1.1$ .

Однако Kholtygin et al. (2020) считают звезду слабо магнитной звездой типа Ae/Be Хербига. Собрав все литературные данные они находят, что среднеквадратическое магнитное поле  $\langle B_e \rangle = 222 \pm 65$  Гс и  $\chi^2/n = 7.9$  (Kholtygin et al. 2020). По мнению авторов, звезда относится к классу Ae/Be Хербига но не исключают, что она является уже звездой ГП, сохранившей признаки Ae/Be Хербига. Поэтому мы не исключаем, что слабое поле ниже предела нашего обнаружения у звезды все же может быть. Однако, исходя из наших критериев, для однородности анализа будем считать звезду немагнитной.

Фундаментальные параметры звезды, найденные нами, следующие:  $T_{\text{eff}} = 20\,000$  К,  $\log g = 4.0$ ,  $v_e \sin i = 80$  км с<sup>-1</sup>, лучевая скорость постоянна в пределах ошибок  $V_R = +27$  км с<sup>-1</sup>.

### 3.3.13. HD 36997 = HIP 26216 = Renson 9810 = Brown 146c

Пекулярная звезда спектрального класса B9 SiSr внесена в каталог звезд Ae/Be Хербига в близких OB-ассоциациях (Hernández et al. 2005). Согласно параллаксу GAIA (Gaia Collaboration et al. 2018) расстояние до объекта 476 пк.

В работе Bernhard et al. (2015) приведен период вращения звезды  $P = 6^{\text{d}}.0072$ . Однако анализ фотометрии TESS приводит нас к выводу, что мы наблюдаем два периодических сигнала с близкими амплитудами, но разными периодами:  $P_1 = 5^{\text{d}}.9969$  и  $P_2 = 1^{\text{d}}.457$  рис. 8, 9. Отметим, что форма обеих кривых блеска является типичной для CP-звезд.

Спектрополяриметрия HD 36997 на БТА показывает, что мы нашли новую магнитную звезду. Наши измерения  $\langle B_e \rangle$  дают следующие результаты:

- $\langle B_e(z) \rangle = 879 \pm 93$  Гс,  $\chi^2/n = 112.7$ ;

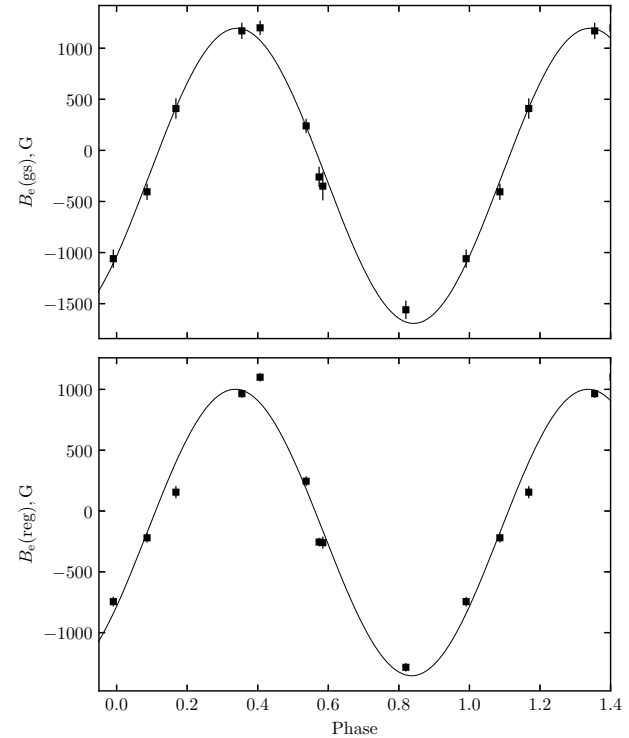


Рис. 10. Кривые продольного магнитного поля звезды HD 36997, измеренного по методу Бэбкока и регрессии, фазированные с периодом 5.94 сут.

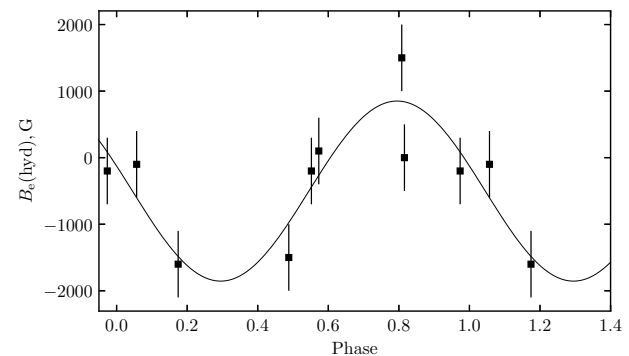


Рис. 11. Кривая продольного магнитного поля звезды HD 36997, измеренного по крыльям линии водорода, фазированная с периодом 6.0072 сут.

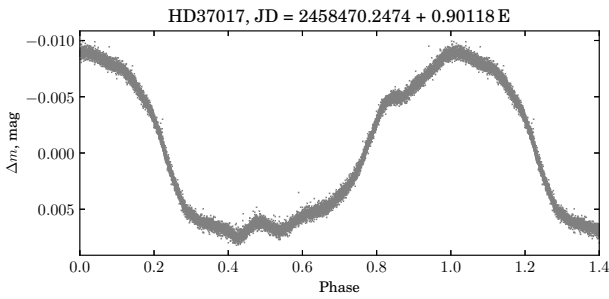


Рис. 12. Кривая блеска звезды HD 37017 по наблюдениям TESS.

- $\langle B_e(r) \rangle = 716 \pm 40$  Гс,  $\chi^2/n = 400.0$ .

Наши измерения магнитного поля подтверждают, что шестидневный период Vernhard et al. (2015) ближе всего к истинному, но рассеяние точек, полученных методами Бэбкока и регрессии получается наименьшим в предположении о  $P = 5.94$  сут. Причины расхождений нам не до конца понятны, но вероятными объяснениями нам кажутся: 1) более сложная форма кривой магнитного поля (ср. с кривой блеска звезды на рис. 8), и 2) влияние линий второго компонента, не выделяемых за счет малой разницы лучевых скоростей.

По спектру в линии  $H_\beta$  видно, что звезда двойная SB2. Лучевая скорость звезды на протяжении шести лет менялась от  $+26$  км с $^{-1}$  до  $+40$  км с $^{-1}$ . Один спутник  $V = 10^m 3$  находится на расстоянии  $\rho = 0'' 1$ . В качестве основных физических параметров в предположении, что в спектре доминируют линии только одной звезды, мы оценили следующие параметры:  $T_{\text{eff}} = 12\,000$  К,  $\log g = 3.8$ ,  $v_e \sin i = 30$  км с $^{-1}$ .

### 3.3.14. HD 37017 = HIP 26233 = Renson 9820 = Brown 152c = Parenago 1933

Эта хорошо изученная магнитная химически пекулярная звезда находится в Туманности Ориона (Parenago 1954). В направлении на звезду наблюдается значимая поляризация  $Pol = 0.25\%$ , а полное поглощение  $A_V$  составляет  $0^m 49$ . HD 37017 с эмиссией в линии  $H_\alpha$  (Parsamian and Chavira 1982) включена в список звезд Ae/Be Хербига в близких ассоциациях (Hernández et al. 2005).

Tetzlaff et al. (2011) оценивают возраст звезды  $t = 5.4$  млн. лет. Кривая блеска TESS имеет сложную форму и меняется с периодом  $P = 0^d 901178$  рис. 12.

Магнитное поле звезды открыли Vogra and Landstreet (1979). Наблюдения были продолжены Bohlender et al. (1987) с водородным магнитометром как в линии  $H_\beta$ , так и в линии гелия  $5876 \text{ \AA}$ . Мы с анализатором круговой поляризации получили

только два спектра. Линии в спектре очень широкие, так что измерения поля затруднены. По этой причине мы решили воспользоваться опубликованными данными из работы Bohlender et al. (1987), в которой представлена хорошо прописанная с фазой периода вращения кривая продольного поля  $B_e$ , которая описывается синусоидой. Для расчета  $\langle B_e \rangle$  мы взяли только данные измерений по водороду:

- $\langle B_e(h) \rangle = 1460 \pm 279$  Гс,  $\chi^2/n = 33.6$ .

HD 37017 является спектрально-двойной звездой. В VIZIER приводится лучевая скорость  $V_R = +29.0$  км с $^{-1}$ , что абсолютно совпадает с нашими измерениями. Вид звездных спектров соответствует параметрам  $v_e \sin i = 100$  км с $^{-1}$ ,  $T_{\text{eff}} = 20\,000$  К.

### 3.3.15. HD 37041 = HIP 26235 = Renson 9830 = Brown 007d = Parenago 1993

Горячая звезда спектрального класса B0 с усиленными линиями гелия является членом известной кратной системы в Трапедии Ориона ADS 4188 A. Детальные сведения об этой звезде приведены в монографии Vitrichenko (2004). В направлении на HD 37041 наблюдается большое поглощение  $A_V = 0^m 62$  и большая поляризация  $Pol = 0.792\%$ .

По четырем наблюдениям величина  $\langle B_e(z) \rangle$  получается следующей:

- $\langle B_e(z) \rangle = 877 \pm 664$  Гс,  $\chi^2/n = 1.7$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 107 \pm 148$  Гс,  $\chi^2/n = 2.6$ .

Таким образом, мы не нашли видимых причин считать звезду HD 37041 магнитной.

Tetzlaff et al. (2011) оценили массу звезды ( $M = 17 M_\odot$ ) и ее возраст ( $t = 0.2$  млн. лет). Анализ полученного материала позволил нам оценить скорость вращения и эффективную температуру звезды следующим образом:  $v_e \sin i = 120$  км с $^{-1}$ ,  $T_{\text{eff}} = 22\,000$  К. Лучевая скорость звезды переменная. Спектр звезды характеризуется эмиссией в линии  $H_\beta$ .



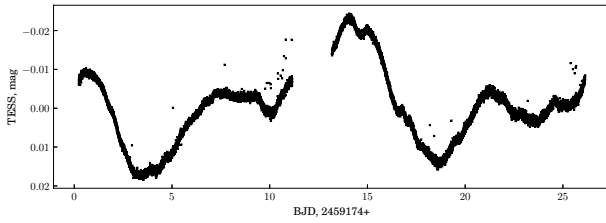


Рис. 13. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37058 по наблюдениям TESS.

3.3.16. *HD 37058 = BD −04°1187 = Renson 9850 = Brown 160c = Parenago 2082*

Эта горячая магнитная пекулярная звезда типа He-wk находится в Большой туманности Ориона (Parenago 1954). Расстояние до объекта по данным миссии GAIA (Gaia Collaboration et al. 2018) составляет 460 пк. Полное поглощение в направлении на звезду составляет  $A_V = 0^m15$ , поляризация —  $Pol = 0.540\%$ .

Результаты наших наблюдений магнитного поля и их детального анализа были опубликованы в статье Romanjuk et al. (2017b). В ней мы приводим в том числе и ссылки на исследования предыдущих авторов. Результаты всех измерений продольного поля хорошо описываются периодом вращения  $P = 14^d612$ . Кривая блеска фотометрии TESS на первый взгляд неплохо согласуется с этим значением периода, однако ее вид намного более сложный (рис. 13), что может быть вызвано как вкладом других, невидимых компонентов, так и присутствием пятен или околосредных структур вроде магнитосферы.

Кривая  $B_e$  при этом получается близкой к синусоиде. Среднеквадратическое магнитное поле для разных методов приблизительно одинаково, что свидетельствует о высокой надежности полученных данных:

- $\langle B_e(z) \rangle = 864 \pm 77$  Гс,  $\chi^2/n = 186.8$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 775 \pm 75$  Гс,  $\chi^2/n = 186.5$ .

На протяжении пяти лет наблюдений наши измерения лучевой скорости мало менялись относительно значения  $+28$  км с $^{-1}$ . Измеренная проекция скорости вращения ограничена инструментальными свойствами спектрографа:  $v_e \sin i$  около 25 км с $^{-1}$ . Мы оценили следующие параметры:  $T_{\text{eff}} = 16\,000$  К,  $\log g = 3.8$ .

3.3.17. *HD 37114 = Renson 9880 = Brown 011d = Parenago 2284*

Третья химически пекулярная звезда из подгруппы (d). Основные сведения о HD 37114 содержатся в нашей статье Romanjuk et al. (2013). Исходя из значения параллакса GAIA  $\pi = 3.15$  mas для HD 37114, есть основания считать, что расстояние до звезды может быть короче, чем до переднего фронта Туманности Ориона. В таком случае HD 37114 просто проецируется на туманность. HD 37114 также включена в каталог Bernhard et al. (2015) в качестве члена рассеянного скопления NGC 1976. Тип пекулярности HD 37114 точно не определен.

В данных фотометрии, полученных TESS и доступных в архиве проекта CDIPS, наблюдаются два периода: 28.2 и 0.1474 сут. Если происхождение более длинного периода может быть связано с инструментальными трендами наблюдений, то короткий период однозначно указывает на пульсации. Таким образом, рассматриваемая звезда может относиться к классу пульсирующих переменных.

В наших наблюдениях магнитное поле не обнаружено. В спектре звезды наблюдается несколько широких линий сложной формы, что делает невозможными точные измерения. Среднеквадратические значения продольного магнитного поля для разных методов следующие:

- $\langle B_e(z) \rangle = 3711 \pm 3060$  Гс,  $\chi^2/n = 0.9$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 248 \pm 111$  Гс,  $\chi^2/n = 3.9$ .

В работе Tetzlaff et al. (2011) авторы приводят массу звезды  $M = 3 M_{\odot}$  и возраст  $t = 6.65$  млн лет. Обе оценки противоречат оценкам возраста подгруппы (d) — менее 1 млн лет, и таким образом косвенно подтверждают, что звезда не является частью туманности. Мы нашли следующие значения параметров  $v_e \sin i = 120$  км с $^{-1}$ ,  $T_{\text{eff}} = 13\,000$  К, и  $\log g = 4.6$ . Лучевая скорость звезды с учетом низкой точности измерений равна  $+25$  км с $^{-1}$ , может быть переменной.

3.3.18. *HD 37129 = BD −04°1190 = Renson 9890 = Brown 167c = Parenago 2314*

HD 37129 классифицирована, как пекулярная звезда спектрального класса B3 с ослабленными линиями гелия. Расстояние до звезды составляет 435 пк, и она является частью Туманности Ориона (Parenago 1954). В направлении на HD 37129 наблюдается умеренная линейная поляризация  $Pol = 0.320\%$ . Полное поглощение  $A_V = 0^m12$  также умеренное. В каталоге Zejda et al. (2012) звезда отнесена к рассеянному скоплению NGC 1981.

В фотометрии TESS/CDIPS можно выделить как минимум 6 частот, половину из которых нельзя считать независимыми. По характеру колебаний блеска можно сказать, что перед нами одна, а возможно и две горячие звезды с пульсациями.

Наши измерения не показали наличия поля. Среднеквадратические величины магнитного поля, вычисленные разными способами, представлены ниже:

- $\langle B_e(z) \rangle = 501 \pm 608$  Гс,  $\chi^2/n = 0.7$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 128 \pm 130$  Гс,  $\chi^2/n = 1.0$ .

Очевидно, звезда немагнитная.

Спектр звезды не богат линиями, но выглядит достаточно сложно. Профили линий имеют переменный профиль, меняется и лучевая скорость от  $+17$  км с $^{-1}$  до  $+32$  км с $^{-1}$ . Наша оценка фундаментальных параметров следующая:  $T_{\text{eff}} = 18000$  К,  $\log g = 4.0$ . Скорость вращения сложно оценить из-за небольшого количества линий, однако большинство измерений  $v_e \sin i$  дают значения в диапазоне  $50$ – $57$  км с $^{-1}$ .

### 3.3.19. HD 37151 = HIP 26304 = Renson 9930 = Brown 170c

Химически пекулярная звезда спектрального класса В8 с пекулярностями типа He-wk и необычной переменностью. Блеск звезды меняется мультипериодично с элементами:

$HJD(\text{min}) = 2444614.266$ ,  $P_1 = 5.6732 \pm 0.0143$ ,  $P_2 = 4.1513 \pm 0.0092$  (North 1984). Форма кривой блеска TESS/CDIPS является типичной для пульсирующих звезд. Согласно параллаксу GAIA ( $\pi = 4.05$  mas), расстояние до звезды всего  $d = 247$  пк. Возможно, HD 37151 не является членом ассоциации, а является объектом переднего плана. Параллакс HIPPARCOS дает расстояние еще меньше:  $d = 190$  пк. В работе Tetzlaff et al. (2011) указан возраст звезды  $t = 31$  млн лет. Величина полного поглощения  $A_V = 0^{\text{m}}04$  и межзвездной поляризации  $Pol = 0.130\%$  только подтверждают предположение о том, что HD 37151 — более старая звезда переднего плана.

Магнитное поле на грани обнаружения было найдено Вогга (1981):  $\langle B_e(z) \rangle = 190 \pm 190$  Гс. Линии в спектре узкие и резкие, но даже несмотря на это найти поле нам не удалось. Среднеквадратическое значение продольного поля в зависимости от метода следующее:

- $\langle B_e(z) \rangle = 792 \pm 379$  Гс,  $\chi^2/n = 3.6$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 232 \pm 118$  Гс,  $\chi^2/n = 2.1$ .

К аналогичному выводу пришли и авторы работы (Bagnulo et al. 2015). Таким образом, мы считаем HD 37151 звездой без магнитного поля.

Мы нашли следующие фундаментальные параметры HD 37151:  $T_{\text{eff}} = 13000$  К,  $\log g = 4.0$ ,  $v_e \sin i = 30$  км с $^{-1}$ . Лучевая скорость по нашим измерениям переменна от  $+17$  до  $+33$  км с $^{-1}$ , в базе данных SIMBAD указана  $V_R = +21.1$  км с $^{-1}$ . Это говорит в пользу двойственности звезды, что отчетливо видно и по спектрам.

### 3.3.20. HD 37210 = BD −06°1254 = RNS 9950 = Brown 174c = Parenago 2410

HD 37210 — химически пекулярная звезда с ослабленными линиями гелия и усиленными линиями кремния. Межзвездное поглощение и поляризация в направлении на звезду малы:  $A_V = 0^{\text{m}}05$ ,  $Pol = 0.11\%$ .

Вогга (1981) находит звезду магнитной с экстремумами продольного поля  $+400$  и  $-760$  Гс. И хотя в Чили одно наблюдение на VLT ((Bagnulo et al. 2006)) поля не показало, наши измерения показывают, что звезда магнитная:

- $\langle B_e(z) \rangle = 289 \pm 76$  Гс,  $\chi^2/n = 16.6$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 232 \pm 80$  Гс,  $\chi^2/n = 10.1$ .

Результаты измерений четырех полученных на БТА спектров находятся в согласии с периодом  $P = 11^{\text{d}}0494$  предложенным Catalano and Renson (1998).

Мы нашли фундаментальные параметры звезды:  $T_{\text{eff}} = 13500$  К,  $\log g = 4.2$ . Проекция скорости вращения измеряется на пределе спектрального разрешения ОЗСП:  $v_e \sin i = 20$  км с $^{-1}$ . Лучевая скорость  $V_R$  звезды в наших измерениях менялась от  $+17$  км с $^{-1}$  до  $+40$  км с $^{-1}$ . Таким образом, HD 37210 возможно является двойной системой.

### 3.3.21. HD 37470 = HIP 26530 = Renson 10070 = Brown 198c = Parenago 2699

Эта молодая звезда находится в Туманности Ориона в области, в направлении на которую наблюдается сильная линейная поляризация  $Pol = 1.511\%$  и достаточно сильное поглощение  $A_V = 0^{\text{m}}42$ . Спектральный класс HD 37470 был определен как В8, в спектре аномально усилены линии кремния. Отличительной особенностью данной звезды является наличие депрессии континуума в спектре на длине волны  $5200 \text{ \AA}$  (Kudryavtsev et al. 2006). Наличие депрессии сподвигло нас включить этот объект для наблюдений в программу поиска новых магнитных звезд. В линии  $H_\beta$  также наблюдается либо эмиссия, либо это признаки

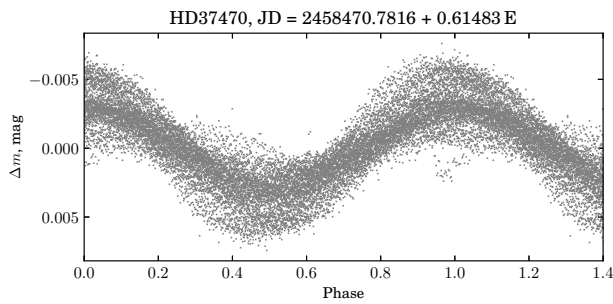


Рис. 14. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37470 по наблюдениям TESS.

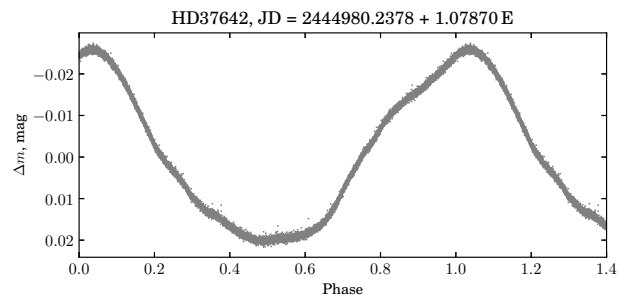


Рис. 15. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37642 по наблюдениям TESS.

линии другого компонента. Видимо, как и в ранее описанном случае для звезды HD 36313 (Romanuk et al. 2021), узкие линии металлов принадлежат второму, более слабому и скорее всего немагнитному компоненту.

В работе Oelkers et al. (2018) найден период вращения  $P = 2^d 635950$ . Однако, фотометрия TESS противоречит этому выводу. Кривая блеска имеет сильную модуляцию с доминирующим периодом колебаний 0.614829 сут. (рис. 14). Нельзя исключить, что этот сигнал вызван пульсациями звезды вкпе с вращением с близким периодом.

На FORS1 VLT звезда наблюдалась единожды и продольное поле оказалось меньше ошибок измерений (Vagnulo et al. 2002). Мы также не нашли признаков поля:

- $\langle B_e(z) \rangle = 320 \pm 80$  Гс,  $\chi^2/n = 2.9$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 71 \pm 160$  Гс,  $\chi^2/n = 0.3$ .

Звезда является довольно быстрым ротатором с малым количеством линий в спектре. Анализируя спектры, нами были определены следующие фундаментальные параметры звезды:  $T_{\text{eff}} = 12000$  К,  $\log g = 4.0$ ,  $v_e \sin i = 130$  км с<sup>-1</sup>. Лучевая скорость переменна от 5–39 км с<sup>-1</sup>. В спектрах видны линии второго компонента, что дало возможность измерить лучевую скорость и проекцию скорости вращения каждого компонента системы:  $V_R(A) = 1.5$  км с<sup>-1</sup>,  $V_R(B) = 24$  км с<sup>-1</sup>;  $v_e \sin i(A) = 130$  км с<sup>-1</sup>,  $v_e \sin i(B) = 20$  км с<sup>-1</sup>.

3.3.22. HD 37642 = HIP 26656 = Renson 10150 = Brown 209c

Спектральный класс этой звезды был классифицирован как B9 с аномалиями содержания типа He-wk, Si. Измеренный параллакс GAIA ( $\pi = 2.47$  mas) дает расстояние до объекта 405 пк.

North (1984) описывает изменения блеска звезды следующими элементами:  
 $HJD(\text{min}) = 2444980.269 + 1.07977E \pm 0.00068$ .

Правильность периода подтверждается высокоточными наблюдениями TESS (рис. 15). Как видно, кривая блеска TESS имеет сложную форму, далекую от простой синусоиды.

В спектре HD 37642 наблюдается сильная депрессия ( $Z = -0.041$ ,  $\Delta a = 0.034$ ). Магнитное поле звезды было обнаружено Vogt (1981). По шести измерениям он установил экстремумы продольного компонента поля:  $-2980$  и  $+2700$  Гс. Мы выполнили десять новых наблюдений звезды (см. таблицу 2). Итоговые значения среднеквадратического продольного магнитного поля для двух методов измерения получаются следующими:

- $\langle B_e(z) \rangle = 3502 \pm 1120$  Гс,  $\chi^2/n = 13.6$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 1311 \pm 234$  Гс,  $\chi^2/n = 27.6$ .

Мы нашли следующие фундаментальные параметры звезды:  $T_{\text{eff}} = 16000$  К,  $\log g = 4.0$ ,  $v_e \sin i = 85$  км с<sup>-1</sup>. Лучевая скорость слабопеременна: от  $+20$  до  $+30$  км с<sup>-1</sup>,  $\Delta V_R$  превышает ошибку измерения примерно в 2–3 раза.

3.3.23. HD 37687 = HIP 26693 = Renson 10160 = Brown 211c

Звезда спектрального класса B7p имеет аномально ослабленные линии гелия и усиленные линии кремния в спектре. Для звезды отмечается большое поглощение  $A_V = 0^m 51$ , но нет никакой информации о поляризации в направлении на нее.

В работе Oelkers et al. (2018) приведен период вращения звезды  $P = 3^d 852380$ . Фотометрия TESS показывает очень слабую переменность, период которой сложно найти.

Магнитное поле звезды было найдено Aurière et al. (2007). Результаты наших наблюдений совпадают с выводами из этой работы. Среднеквадратическое продольное поле по нашим данным получается следующим:

- $\langle B_e(z) \rangle = 568 \pm 36$  Гс,  $\chi^2/n = 280.5$ ;

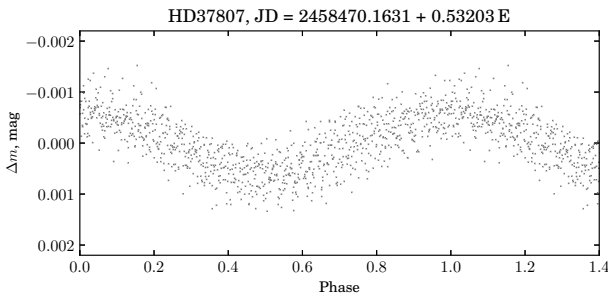


Рис. 16. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37807 по наблюдениям TESS.

- $\langle B_e(r) \rangle = 525 \pm 31$  Гс,  $\chi^2/n = 752.0$ .

Поле звезды имеет постоянный положительный знак.

Лучевая скорость по полученным спектрам слабопеременна: от  $+18$  до  $29$  км  $\text{с}^{-1}$ , проекция скорости вращения на пределе разрешения спектрографа —  $20$  км  $\text{с}^{-1}$ .

### 3.3.24. HD 37807 = HIP 26766 = Renson 10200 = Brown 215c

Звезда спектрального класса B5 представлена в списке звезд Ae/Be Хербига в близких OB-ассоциациях. Спектр звезды характеризуется небольшим количеством резких линий. Судя по усиленным линиям гелия  $4471 \text{ \AA}$  и  $4713 \text{ \AA}$ , звезду можно классифицировать как CP типа He-rich или с нормальным составом, но никак не He-wk. Поглощение  $A_V$  в направлении на звезду составляет  $0^m 15$ , поляризация  $Pol = 0.300\%$ .

Изучение фотометрии TESS, доступной в архиве проекта CDIPS, дает оценку значения периода переменности  $0.532$  сут. (рис. 16) Несмотря на то, что периодичность прекрасно видна, ее источник требует дополнительного исследования.

Звезда возможно обладает магнитным полем, но имеющихся данных пока недостаточно для надежного вывода:

- $\langle B_e(z) \rangle = 316 \pm 202$  Гс,  $\chi^2/n = 2.0$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 144 \pm 73$  Гс,  $\chi^2/n = 5.3$ .

На данном этапе мы будем считать звезду немагнитной.

По анализу спектров мы получили следующие фундаментальные параметры:  $T_{\text{eff}} = 16\,000$  К,  $\log g = 4.0$ ,  $v_e \sin i = 20$  км  $\text{с}^{-1}$ , лучевая скорость  $V_R = 31$  км  $\text{с}^{-1}$ .

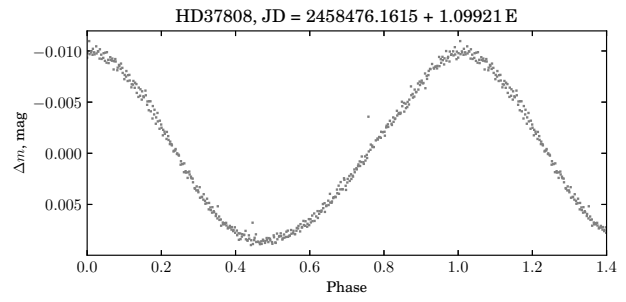


Рис. 17. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37808 по наблюдениям TESS.

### 3.3.25. HD 37808 = HIP 26728 = Renson 10210 = Brown 216c

HD 37808 — звезда спектрального типа B9 с усиленными линиями кремния. Согласно параллаксу GAIA, звезда от нас удалена на  $188$  пк. Параллакс HIPPARCOS соответствует расстоянию  $240$  пк, что все равно ближе переднего края ассоциации. Мы допускаем, что эта звезда лишь проецируется на ассоциацию, но на самом деле ей не принадлежит.

Звезда HD 37808 является переменной с периодом  $P = 1^d 0991$  (Catalano and Renson 1998). Высокоточная фотометрия TESS/CDIPS прекрасно согласуется с опубликованным значением периода (рис. 17).

В непрерывном спектре звезды наблюдается умеренная депрессия на  $5200 \text{ \AA}$ :  $\Delta a = 0.027$  (Paunzen et al. 2005). Магнитное поле HD 37808 определяется надежно:

- $\langle B_e(z) \rangle = 870 \pm 161$  Гс,  $\chi^2/n = 32.7$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 615 \pm 103$  Гс,  $\chi^2/n = 39.6$ .

Мы нашли следующие фундаментальные параметры звезды:  $T_{\text{eff}} = 14\,500$  К,  $\log g = 4.1$ ,  $v_e \sin i = 25$  км  $\text{с}^{-1}$ , лучевая скорость звезды в пределах  $+22$  км  $\text{с}^{-1}$ .

### 3.3.26. HD 40146 = HIP 28156 = Renson 10710 = Brown 289c

Эта малоизученная звезда спектрального класса A0 имеет аномалии кремниевого типа. Расстояние до звезды составляет  $500$  пк ( $\pi = 2.00$  mas, GAIA). В VIZIER в качестве периода вращения приводится величина  $P = 1^d 871$ , однако анализ фотометрии TESS говорит о том, что настоящее значение  $P$  вдвое больше и составляет  $3.5604$  сут. (рис. 18). Кривая блеска имеет вид двойной несимметричной волны.

Магнитное поле HD 40146 было обнаружено нами. В спектре достаточно много линий, они узкие,

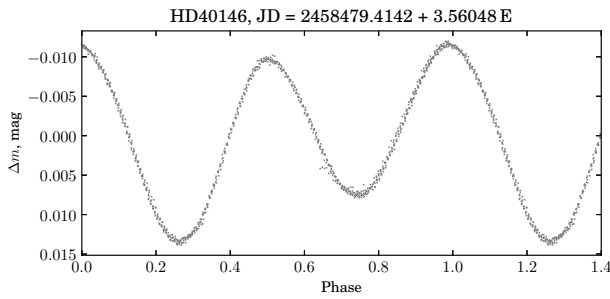


Рис. 18. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 40146 по наблюдениям TESS.

а потому точность измерений магнитного поля высокая. Результаты наших наблюдений показывают, что безусловно звезда является магнитной:

- $\langle B_e(z) \rangle = 588 \pm 121$  Гс,  $\chi^2/n = 26.8$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 374 \pm 56$  Гс,  $\chi^2/n = 48.0$ .

Мы обнаружили следующие фундаментальные параметры звезды  $T_{\text{eff}} = 9700$  К,  $\log g = 3.5$ ,  $v_e \sin i = 40$  км с<sup>-1</sup>. Лучевая скорость  $V_R$  в наших наблюдениях была равна 37 км с<sup>-1</sup>.

3.3.27. HD 40759 = HIP 28479 = Renson 10900 = Brown 308 c

Эта звезда классифицирована как химически пекулярная звезда типа СгЕи.

В непрерывном спектре звезды наблюдается сильная депрессия континуума на 5200 Å ( $\Delta a = 0.027$ ,  $Z = -0.041$ ). Магнитное поле было найдено нами (Kudryavtsev et al. 2006). Результаты наблюдений звезды на БТА свидетельствуют о наличии сильного поля, продольный компонент которого меняется сложным образом с периодом около 3 суток:

- $\langle B_e(z) \rangle = 1544 \pm 140$  Гс,  $\chi^2/n = 320.7$ ;
- $\langle B_e(r) \rangle = 1120 \pm 65$  Гс,  $\chi^2/n = 418.4$ .

В литературе сведений о периоде вращения нет, однако анализ результатов наблюдений TESS обнаруживает крайне сложную картину фотометрической переменности (рис. 19), которая включает несколько независимых периодов, в том числе затмения в двойной системе.

Мы предварительно нашли следующие фундаментальные параметры  $T_{\text{eff}} = 10\,700$  К,  $\log g = 4.0$ ,  $v_e \sin i = 20$  км с<sup>-1</sup>, лучевая скорость переменна: от +34 до +46 км с<sup>-1</sup>. Профили спектральных линий переменны, определение физических параметров затруднено, поэтому полученные значения несут лишь предварительный характер. Детальному изучению звезды будет посвящена отдельная статья.

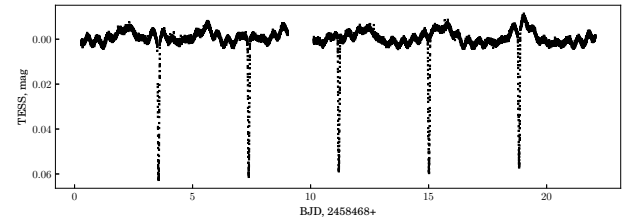


Рис. 19. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 40759 по наблюдениям TESS.

#### 4. АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализировать полученные для подгрупп (с) и (д) данные мы будем аналогично тому, как это было сделано в статьях (Romanuyk et al. 2019; 2021). Примем также во внимание, что точность измерений магнитного поля и, следовательно, нижняя граница его обнаружения зависят от количества линий в спектре и их ширины. Магнитное поле горячих быстрых ротаторов, к которым относится большинство СР-звезд в ассоциации Orion OB1, измерять значительно труднее, чем у медленно вращающихся холодных звезд с большим количеством линий в спектрах. Часто использование классического метода измерений магнитных полей по сдвигу центров тяжести циркулярно-поляризованных линий, предложенного Бэбкоком, оказывается невозможным. В таком случае более уместным выглядит применение метода регрессии. Этим методом можно выявить сигнал крупномасштабного поля даже у очень быстрых ротаторов с малым количеством линий в спектре, но, как правило, в этом случае значения поля получаются заниженными. Кроме того, метод регрессии невозможно использовать в случае сильных и сложных полей как у звезды HD 37776. Ввиду этого нельзя исключить, что среди проанализированных нами звезд есть те, поле которых оказалось ниже точности применяемых нами методов. Поэтому приведенные ниже выводы имеют предварительный характер. Тем не менее, мы хотим подчеркнуть, что во всех подгруппах ассоциации точность измерений была одинаковой и анализ проводился единым способом, поэтому выявленные различия объективны.

##### 4.1. Доля магнитных звезд

Опираясь на полученные результаты обзора в подгруппе (с), можно заключить, что доля пекулярных звезд с магнитным полем по отношению к выборке всех СР звезд группы (13 из 24) составляет 54.2%. Доля магнитных звезд относительно всех В- и А-звезд подгруппы (с) ассоциации (13 из 350) составляет 3.7%. Обе величины находятся посередине между аналогичными показателями для

**Таблица 3.** Доля магнитных звезд в разных подгруппах ассоциации Orion OB1

Подгруппа	$\log t$	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$\phi_1, \%$	$\phi_2, \%$
<i>a</i>	7.0	311	15	7	46.6	2.2
<i>b</i>	6.2	139	15	11	73.3	7.9
<i>c</i>	6.6	350	24	13	54.2	3.7
<i>d</i>	<6.0	14	3	0	0	0

подгрупп (*a*) и (*b*) (см. таблицу 3). В заголовке таблицы 3:  $\log t$  — возраст звезд в подгруппе согласно Romanuk et al. (2013),  $N_1$  — общее количество звезд согласно Romanuk et al. (2013),  $N_2$  — общее количество CP звезд Romanuk et al. (2013),  $N_3$  — общее количество магнитных звезд,  $\phi_1 = N_3/N_2$  — доля пекулярных относительно всех A- и B-звезд,  $\phi_2 = N_3/N_1$  — доля магнитных относительно всех A- и B-звезд.

Таким образом, мы видим: что в ассоциации Orion OB1 доля химически пекулярных звезд относительно всех A- и B-звезд и доля магнитных звезд относительно всех A- и B-звезд резко падает с возрастом. Отдельный вопрос о подгруппе (*d*). Возможно все три объекта подгруппы являются звездами типа Ae/Be Хербига. Дело в том, что по одномерным спектрам трудно отличить звезды типа Ae/Be Хербига с эмиссией в линии  $H_\alpha$  от горячей B-звезды просто находящейся в туманности и эмиссия в  $H_\alpha$  не является признаком звезды, в ее спектре светится туманность. Ярким примером такой ситуации является звезда HD 37776 с явной эмиссий в  $H_\alpha$ , излучаемой туманностью, в которую погружена эта звезда. Различить эти два типа звезд можно по двумерным спектрам достаточно высокого разрешения

#### 4.2. Величина магнитного поля

Сравним величины магнитного поля в подгруппах. В качестве характеристики поля возьмем его среднеквадратическую величину  $\langle B_e \rangle$ . Методика определения  $\langle B_e \rangle$  подробно описана в предыдущей работе Romanuk et al. (2021), 1, 2, 3. По причинам, описанным в ней, сравним результаты измерений таблицы 4, выполненные методом регрессии. В ней приведено среднеквадратическое поле только магнитных звезд в каждой подгруппе, немагнитные звезды не учитывались.

Видим, что величины полей в подгруппах (*a*) и (*c*) в среднем одинаковы, но степень надежности выделения магнитных звезд в группе (*c*) намного выше. А в самой молодой подгруппе (*b*) поле в

**Таблица 4.** Величины среднеквадратического поля магнитных звезд в разных подгруппах ассоциации Orion OB1

Подгруппа	$\log t$	$\langle B_e \rangle, \text{Гс}$	$\sigma, \text{Гс}$	$\chi^2/n$
<i>a</i>	7.0	1286	229	29.8
<i>b</i>	6.2	3014	212	266.6
<i>c</i>	6.6	1074	145	92.5

три раза выше. Отметим также, что вопреки нашим ожиданиям, самое сильное магнитное поле для звезд в ассоциации Orion OB1 наблюдаются не в областях звездообразования, а на периферии ассоциации. Самые типичные примеры HD 34736 и HD 37776 — звезды с рекордно сильным и сложным полем. В большой Туманности Ориона только одна звезда HD 37017 имеет поле, продольный компонент которого равен 2 кГс.

#### 4.3. Звезды в Туманности Ориона

В ходе работы над обзором ассоциации мы заметили, что среди пекулярных звезд, входящих в каталог Ragenago (1954) очень мало магнитных звезд. Анализ наших данных показывает, что на расстояниях ближе Туманности Ориона межзвездное поглощение и поляризация малы. Они возникают в самой туманности. Сравним магнитное поле звезд, входящих в Большую Туманность Ориона (таблица 5) и не входящих в нее (таблица 6). В таблицах приведены расстояния, степень поляризации  $Pol$ , полное поглощение  $A_V$  и величины  $\langle B_e(r) \rangle$ , полученные методом регрессии.

В таблице 5 звездочкой (\*) отмечена звезда HD 36916 находящаяся ближе переднего края туманности. Так как HD 36916 не входит в Туманность Ориона, переместим ее в таблицу 6. Найдем средние параметры звезд выборки из таблицы 5: среднее расстояние  $\langle d \rangle = 423 \pm 15$  пк, средняя поляризация  $\langle Pol \rangle = 0.758 \pm 0.154\%$ , среднее поглощение  $\langle A_V \rangle = 0^m686 \pm 0^m152$ .

Из 24 звезд подгруппы (*c*) 12 входит в туманность Ориона, из них 3 магнитных и 9 немагнитных. Все три CP-звезды подгруппы (*d*) входят в туманность Ориона и ни у одной из них сильного поля не обнаружено. Средняя поляризация немагнитных звезд:  $\langle Pol \rangle = 0.94 \pm 0.24\%$ . Средняя поляризация для магнитных звезд Romanuk et al. (2021):  $\langle Pol \rangle = 0.29 \pm 0.09\%$ . А так как в подгруппе (*c*) всего 13 магнитных звезд, то получается, что за пределами туманности мы имеем 9 магнитных звезд и 2 немагнитных. Теперь среднее поле для всех звезд из туманности в Орионе, полученные методом регрессии:

Таблица 5. Звезды подгрупп (с) и (d) ассоциации Орион OB1, входящие в большую Туманность Ориона

Звезда	Paragago (1954)	Расстояние, пк	$Pol, \%$	$A_V, mag$	$\langle B_e(z) \rangle \pm \sigma, Gc$	$\chi^2/n$
HD 36540	867	418	1.64	0.59	$390 \pm 185$	3.3
HD 36559	908	330	0.28	0.05	$179 \pm 201$	0.7
HD 36629	1044	480	1.84	0.69	$94 \pm 69$	2.4
HD 36899	1562	400	0.89	0.03	$267 \pm 164$	3.0
HD 36916	1628	258*	0.27	0.01	$461 \pm 181$	7.2
HD 36918	1634	405	—	0.09	$235 \pm 167$	1.7
HD 36958	1708	411	0.93	0.28	$86 \pm 115$	1.1
HD 36960	1728	495	0.11	0.07	$93 \pm 63$	1.7
HD 37017	1933	380	0.25	0.49	$1460 \pm 279$	33.6
HD 37058	2083	460	0.54	0.15	$775 \pm 57$	186.5
HD 37129	2314	435	0.32	0.12	$128 \pm 130$	1.0
HD 37210	2410	540	0.11	0.05	$232 \pm 81$	10.1
HD 37470	2699	425	1.51	0.48	$71 \pm 160$	0.3
HD 36982	1772	410	1.01	0.94	$91 \pm 116$	1.0
HD 37041	1993	450	0.79	0.62	$88 \pm 168$	1.2
HD 37114	2284	317	0.39	0.04	$341 \pm 125$	7.2

Таблица 6. Звезды, не входящие в Туманность Ориона

Звезда	Расстояние, пк	$Pol, \%$	$A_V, mag$	$\langle B_e(z) \rangle \pm \sigma, Gc$	$\chi^2/n$
HD 34736	365	0.18	—	$4700 \pm 350$	—
HD 34889	366	0.28	0.01	$433 \pm 92$	50.5
HD 35901	340	0.62	0.16	$174 \pm 93$	2.8
HD 36997	476	—	0.26	$614 \pm 68$	62.0
HD 37151	247	0.13	0.04	$232 \pm 118$	2.1
HD 37642	405	—	0.14	$1414 \pm 242$	32.0
HD 37687	452	—	0.51	$525 \pm 31$	752.0
HD 37807	392	0.30	0.15	$144 \pm 73$	5.3
HD 37808	188	—	0.03	$615 \pm 102$	39.6
HD 40146	500	—	0.48	$374 \pm 56$	48.0
HD 40759	431	—	0.14	$1119 \pm 65$	418.4
HD 36916	258	0.27	0.01	$461 \pm 181$	7.2

- $\langle B_e(r) \rangle = 319.2 \pm 140.1 \text{ Гс } \chi^2/n = 18.0;$
- среднее  $\langle B_e(r) \rangle = 343 \pm 108 \text{ Гс},$   
 $\langle \chi/n \rangle = 16.9 \pm 14.1.$

В результате получаем выразительный эффект: из 15 химически пекулярных звезд, находящихся в Туманности Ориона только 3 магнитных и 12 немагнитных. Таким образом, доля магнитных звезд в этой области составляет 20%. За пределами туманности в подгруппе (c) ассоциации находится 12 химически пекулярных звезд и среди них 10 магнитных и 2 немагнитных. Доля магнитных составляет 83%. Объекты подгруппы (c), которые не входят в туманность, находятся ближе ее: среднее расстояние  $\langle d \rangle = 368 \pm 27 \text{ пк}$ , что на 54 пк ближе; средняя поляризация  $\langle Pol \rangle = 0.30 \pm 0.07\%$ ; среднее поглощение  $\langle A_V \rangle = 0^m175 \pm 0^m053$ , что значительно меньше, чем у звезд в туманности и указывает на меньшее расстояние.

Сравним величины полей магнитных звезд в Туманности Ориона и вне ее пределов:

- $\langle B_e(r) \rangle = 866 \pm 174 \text{ Гс}, \chi^2/n = 56.7$   
4 звезды в туманности;
- $\langle B_e(r) \rangle = 1730 \pm 165 \text{ Гс}, \chi^2/n = 109.9$   
10 звезд вне туманности.

Отсюда видно, что магнитное поле для звезд вне Туманности Ориона в 2 раза больше, чем для звезд Туманности.

Безусловно, мы имеем дело с малыми выборками, но обратить внимание на такую тенденцию необходимо. Возможно, имеет место инструментальная селекция, затрудняющая классификацию магнитных (или химически пекулярных) звезд в Туманности Ориона. Многие из наших звезд входят в каталоги звезд типа Ae/Be Хербига. Возможно, в Туманности Ориона наблюдаются два типа звезд с эмиссиями. Во-первых, это действительно могут быть объекты типа Ae/Be Хербига, а во вторых — просто горячие звезды у которых свечение исходит от окружающей туманности, как это имеет место для известной звезды HD 37776.

Так или иначе, мы получаем сведения о достоверном различии магнитных свойств звезд внутри и вне Туманности Ориона. Доля магнитных звезд в туманности в четыре раза, а средняя величина магнитного поля в два раза меньше, чем у объектов за ее пределами.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящей работой мы заканчиваем публикацию результатов измерений магнитных полей звезд в ассоциации Orion OB1. Постановка задачи и выделение объектов для исследований проведено нами в работе Romanjuk et al. (2013). Из 85 изначально отобранных объектов при более детальном анализе 28 оказались немагнитными звездами, в основном типа Am или Ae/Be Хербига. Для остальных 57 потенциально магнитных Вр- и Ар-звезд на 6-м телескопе БТА был получен наблюдательный материал: более 600 спектров с анализатором круговой поляризации. Детальный анализ полученных результатов еще предстоит. Здесь мы лишь сообщаем, что общее количество магнитных химически пекулярных звезд в ассоциации равно тридцати, т.е. составляет примерно половину от всех СР-звезд.

Мы нашли резкое падение доли химически пекулярных звезд в ассоциации в интервале возраста от 2 млн. лет до 10 млн. лет. Мы также видим резкое уменьшение доли магнитных звезд в Туманности Ориона. Очевидно, что формирование магнитного поля звезд происходит сложным образом. Не исключено, что в Туманности Ориона по спектрам низкого разрешения невозможно отделить эмиссии от оболочек звезд типа Ae/Be Хербига, возникающих в окружающей туманности. Возможно, наши данные дадут важный наблюдательный тест для теоретических исследований.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Авторы благодарят Российский Фонд Фундаментальных Исследований за финансовую поддержку (грант РФФИ №20-02-00233 А). Якунин И.А. благодарит Российский фонд фундаментальных исследований за финансовую поддержку работы (грант №19-32-60007). Наблюдения на телескопах САО РАН выполняются при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (включая соглашение №05.619.21.0016, уникальный идентификатор проекта RFMEFI61919X0016). Обновление приборной базы осуществляется в рамках национального проекта «Наука».

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M. Aurière, G. A. Wade, J. Silvester, et al., *Astron. and Astrophys.* **475** (3), 1053 (2007).
2. H. W. Babcock, *Astrophys. J. Suppl.* **3**, 141 (1958).
3. S. Bagnulo, L. Fossati, J. D. Landstreet, and C. Izzo, *Astron. and Astrophys.* **583**, A115 (2015).
4. S. Bagnulo, J. D. Landstreet, E. Mason, et al., *Astron. and Astrophys.* **450** (2), 777 (2006).
5. S. Bagnulo, T. Szeifert, G. A. Wade, et al., *Astron. and Astrophys.* **389**, 191 (2002).
6. K. Bernhard, S. Hümmerich, and E. Paunzen, *Astronomische Nachrichten* **336** (10), 981 (2015).
7. A. Blaauw, *Annual Rev. Astron. Astrophys.* **2**, 213 (1964).
8. D. A. Bohlender, D. N. Brown, J. D. Landstreet, and I. B. Thompson, *Astrophys. J.* **323**, 325 (1987).
9. E. F. Borra, *Astrophys. J.* **249**, L39 (1981).
10. E. F. Borra and J. D. Landstreet, *Astrophys. J.* **228**, 809 (1979).
11. L. G. Bouma, J. D. Hartman, W. Bhatti, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **245** (1), 13 (2019).
12. F. A. Catalano and P. Renson, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **127**, 421 (1998).
13. G. A. Chounonov, in *Magnetic Stars. Proceedings of the International Conference held in the SAO RAS, August 27-31, 2003*, ed. by Yu. Glagolevskij, D. Kudryavtsev, I. Romanyuk (SAO RAS, Nizhny Arkhyz, 2004), pp. 286–291.
14. P. Didelon, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **53**, 119 (1983).
15. Gaia Collaboration, A. G. A. Brown, A. Vallenari, et al., *Astron. and Astrophys.* **616**, A1 (2018).
16. R. Głębocki and P. Gnaniński, in *13th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun*, ed. by F. Favata, G. A. J. Hussain, and B. Battrick, ESA Special Publication **560**, 571 (2005).
17. C. Heiles, *Astron. J.* **119** (2), 923 (2000).
18. A. N. Heinze, J. L. Tonry, L. Denneau, et al., *Astron. J.* **156** (5), 241 (2018).
19. J. Hernández, N. Calvet, L. Hartmann, et al., *Astron. J.* **129** (2), 856 (2005).
20. A. F. Kholtygin, A. A. Batrakov, S. N. Fabrika, et al., *Astrophysical Bulletin* **75** (3), 278 (2020).
21. M. Kounkel, L. Hartmann, J. J. Tobin, et al., *Astrophys. J.* **821** (1), 8 (2016).
22. D. O. Kudryavtsev, I. I. Romanyuk, V. G. Elkin, and E. Paunzen, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **372** (4), 1804 (2006).
23. P. North, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **55**, 259 (1984).
24. R. J. Oelkers, J. E. Rodriguez, K. G. Stassun, et al., *Astron. J.* **155** (1), 39 (2018).
25. V. E. Panchuk, G. A. Chuntonov, and I. D. Naidenov, *Astrophysical Bulletin* **69** (3), 339 (2014).
26. P. P. Parenago, *Trudy Gosudarstvennogo Astronomicheskogo Instituta* **25**, 3 (1954).
27. E. S. Parsamian and E. Chavira, *Boletin del Instituto de Tonantzintla* **3**, 69 (1982).
28. E. Paunzen, C. Stütz, and H. M. Maitzen, *Astron. and Astrophys.* **441** (2), 631 (2005).
29. D. A. Rastegaev, Y. Y. Balega, V. V. Dyachenko, et al., *Astrophysical Bulletin* **69** (3), 296 (2014).
30. P. Renson and J. Manfroid, *Astron. and Astrophys.* **498** (3), 961 (2009).
31. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **69** (4), 427 (2014).
32. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, D. O. Kudryavtsev, et al., *Astrophysical Bulletin* **72** (4), 391 (2017a).
33. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **73** (2), 178 (2018).
34. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **74** (1), 55 (2019).
35. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **76** (2021).
36. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, I. A. Yakunin, and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **68** (3), 300 (2013).
37. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, I. A. Yakunin, et al., *Astrophysical Bulletin* **72**, 165 (2017b).
38. E. A. Semenko, I. I. Romanyuk, D. O. Kudryavtsev, and I. A. Yakunin, *Astrophysical Bulletin* **69** (2), 191 (2014).
39. N. Tetzlaff, R. Neuhauser, and M. M. Hohle, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **410** (1), 190 (2011).
40. E. A. Vitrichenko, *Trapeziya Oriona* (Nauka, 2004).
41. S. D. Wiramihardja, T. Kogure, S. Yoshida, et al., *Publ. Astron. Soc. Japan* **41**, 155 (1989).
42. T. Wu and Y. Li, *Astrophys. J.* **881** (1), 86 (2019).
43. E. Zari, A. G. A. Brown, J. de Bruijne, et al., *Astron. and Astrophys.* **608**, A148 (2017).
44. E. Zari, A. G. A. Brown, and P. T. de Zeeuw, *Astron. and Astrophys.* **628**, A123 (2019).
45. E. Zari, H. Hashemi, A. G. A. Brown, et al., *Astron. and Astrophys.* **620**, A172 (2018).
46. M. Zejda, E. Paunzen, B. Baumann, et al., *Astron. and Astrophys.* **548**, A97 (2012).

**Super-Fast Line-Profile Variability in the Spectra of OBA Stars. IV:  $\zeta$  Ori A****I. I. Romanyuk<sup>1</sup>, E. A. Semenko<sup>1,2</sup>, A. V. Moiseeva<sup>1</sup>, I. A. Yakunin<sup>1,3</sup>, and D. O. Kudryavtsev<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhnii Arkhyz, 369167 Russia<sup>2</sup>National Astronomical Research Institute of Thailand, Chiangmai, 50180 Thailand<sup>3</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, 199034 Russia

The paper presents the results of magnetic field measurements of 27 chemically peculiar stars in subgroups (c) and (d) of the the Orion OB1 association. In total, more than 140 circularly polarized spectra were obtained and measured in the period from 2013 to 2020. An analysis of the results showed that 13 out of 24 CP stars in subgroup (c) have a magnetic field. At the same time, no field of a significant strength was found in any of the three CP stars in subgroup (d). We found that the occurrence of magnetic stars in subgroup (c), whose average age is approximately 5 Myr, lies in the middle between the occurrence of magnetic stars in subgroups (a) with an age of 10 Myr and (b), whose age is about 2 Myr. Our results indicate a sharp decrease in the occurrence of magnetic CP stars and a simultaneous decrease in their magnetic field with age. The data obtained with the example of the Orion OB1 association generally support the theory of the fossil origin of the magnetic field of chemically peculiar stars; however, the process of the field formation itself can have a number of features manifesting observationally.

Keywords: *stars: magnetic field—stars: chemically peculiar*