

УДК 524.35-337:524.45

# МАГНИТНЫЕ ЗВЕЗДЫ В СКОПЛЕНИЯХ РАЗНОГО ВОЗРАСТА. I. РАССЕЯННОЕ СКОПЛЕНИЕ ПЛЕЯДЫ И КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ГРУППИРОВКА ПЛЕЯД

© 2023 И. И. Романюк<sup>1\*</sup>, А. В. Моисеева<sup>1</sup>,  
И. А. Якунин<sup>1,2</sup>, В. Н. Аитов<sup>1</sup>, Е. А. Семенко<sup>1,3</sup>

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

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 199034 Россия

<sup>3</sup>Национальный институт астрономических исследований Таиланда, Чиангмай, 50180 Таиланд

Поступила в редакцию 23 октября 2022 года; после доработки 24 ноября 2022 года; принята к публикации 27 ноября 2022 года

В статье представлены результаты поиска и исследования магнитного поля четырех химически пекулярных звезд в рассеянном скоплении Плеяды и 21 CP-звезды в одноименной кинематической группе. Наблюдения были выполнены на 6-м телескопе БТА САО РАН с анализатором круговой поляризации. В скоплении Плеяды ранее были выделены четыре звезды с аномально усиленными линиями кремния. Ни у одной из них магнитного поля мы не обнаружили. В группе Плеяд имеет семь немагнитных HgMn-звезд и 14 потенциально магнитных Ap/Vr звезд разных типов. Мы обнаружили или подтвердили наличие магнитного поля у восьми объектов. Доля магнитных CP-звезд составляет 57% относительно Ap/Vr. В группировке не найдено ни одного объекта, у которого продольное магнитное поле  $B_e$  превышало бы 2 кГс.

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

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Исследования звездных магнитных полей относятся к наиболее важным и актуальным проблемам современной наблюдательной астрофизики. Магнитное поле отвечает за многие процессы, связанные с энерговыделением космических объектов. Величины космического поля варьируются в широком диапазоне: от микрогаусс в межзвездной среде нашей Галактики, до сотен и более мегагаусс в белых карликах и других компактных объектах.

Среди магнитных звезд выделяется группа химически пекулярных (CP). Они обладают достаточно сильным (килогауссы) крупномасштабным полем, в большинстве случаев простой дипольной конфигурации.

Впервые магнитное поле у этих объектов открыл Babcock (1958a). Многие из них являются яркими звездами, что позволяет проводить исследования с высоким спектральным разрешением на крупных телескопах и строить детальные карты распределения магнитного поля (магнитное картирование поверхности). На протяжении многих десятилетий исследований этих объектов не найдено никаких

признаков изменения топологии и величины поля. Характерное магнитное поле CP-звезд не способно генерироваться конвективными движениями плазмы в атмосфере, как это наблюдается на Солнце, а формируется в результате мощных процессов, охватывающих всю звезду.

Проведение различных наблюдательных тестов, подтверждающих ту или иную гипотезу формирования магнитного поля, является актуальной задачей. К одним из важнейших вопросов в этом направлении относится поиск зависимости величины магнитного поля от возраста CP-звезд.

На основании ранее полученных результатов измерений магнитного поля большинство исследователей сходятся во мнении, что наблюдается постепенное ослабление поля и упрощение его геометрии с возрастом. Однако эти выводы часто оказываются недостаточно надежными из-за сложностей определения возраста и низкой точности оценки магнитного поля звезд.

Не все химически пекулярные звезды имеют сильное магнитное поле, а только их подкласс: Ap/Vr-звезды. Другие подклассы — более холодные Am-звезды, с усиленными линиями металлов железного пика, или более горячие HgMn-звезды, с усиленными линиями рутути и марганца — не

\*E-mail: roman@sao.ru

имеют магнитного поля или его величина меньше 100 Гс (Макаганиук et al. 2011).

Магнитное поле звезды можно измерить по проявлению эффекта Зеемана в профилях отдельных спектральных линий. Точность магнитных измерений в значительной степени зависит от количества линий и их ширины. Для холодных звезд с большим количеством узких спектральных линий точность определения поля классическими методами может достигать 100 Гс, а для горячих звезд с малым количеством линий и быстрым вращением — 500–1000 Гс.

В большинстве случаев можно определить не величину магнитного поля на поверхности звезды  $B_s$ , а лишь усредненную по всей видимой поверхности звезды величину эффективного продольного магнитного поля  $B_e$ . Измеряя магнитное поле в разные фазы вращения звезды, удается построить фазовую кривую изменения  $B_e$  — магнитную кривую. У CP-звезд чаще всего они представляют собой гармоническую синусоиду, которая может быть описана моделью наклонного ротатора с центральным или смещенным диполем (Stibbs 1950).

Как правило, химически пекулярные звезды являются объектами поля. Несмотря на наличие довольно точных параллаксов миссий Gaia и Hipparcos, остается ряд сложностей с оценкой физических параметров этих звезд. Поэтому путем их нанесения на диаграмму Герцшпрунга—Рассела (ГР), мы можем лишь косвенно оценить их эволюционный статус, ошибка определения возраста в этом случае будет около 50%. С другой стороны, для оценки возраста звезд в скоплениях можно подобрать наиболее подходящие эволюционные треки, так как точность определения параметров светимости и металличности выше. Более подробно этот вопрос рассмотрели Vagnulo et al. (2006).

Для изучения механизмов генерации и эволюции звездного магнитного поля нами была предложена идея нового исследования магнитных OBA-звезд, которые являются членами звездных скоплений разного возраста (Romanuyuk et al. 2013). Для этого около 15 лет назад на 6-м телескопе БТА мы начали наблюдения и поиск магнитных звезд в скоплениях разного возраста. Конечной целью нашего исследования являются ответы на вопросы: зависит ли от возраста частота встречаемости пекулярных звезд относительно нормальных звезд разного возраста и какова доля магнитных звезд относительно пекулярных.

К настоящему времени завершен первый этап работы: закончены измерения магнитных звезд-членов молодой ассоциации Orion OB1 (Romanuyuk et al. 2019; 2021a; b, Semenko et al. 2022).

За 10 лет выполнения этой программы было получено более 600 зеемановских спектров для

60 CP-звезд. Результаты показывают, что самое сильное поле в ассоциации наблюдается в области с наиболее молодыми звездами. Оказалось, что для звезд с возрастом около 1 млн. лет поле в три раза сильнее, чем для звезд с возрастом 10 млн. лет. Однако, в области еще более молодых звезд, типа Ae/Be Херbiga, доля магнитных CP-звезд резко падает.

Достоверность полученных различий высокая. Отметим, что вопреки нашим ожиданиям, самое сильное поле для звезд в ассоциации Orion OB1 обнаружено не в областях звездообразования, а на ее периферии. Самые типичные примеры — HD 34736 и HD 37776 — звезды с рекордно сильным продольным полем  $B_e$  более 5 кГс (Kochukhov et al. 2011a, Semenko et al. 2014). В Большой Туманности Ориона, в центре области звездообразования, только одна звезда имеет поле, продольный компонент которого  $B_e$  равен 2 кГс (Romanuyuk et al. 2021b).

## 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Основной целью исследования является определение зависимости величины магнитного поля от возраста CP-звезд, что поможет понять его эволюцию. Также необходимо подтвердить или опровергнуть уникальность молодой ассоциации Orion OB1 по доле магнитных звезд относительно нормальных и по величине их магнитного поля.

Для решения этой задачи необходимо выполнить спектрополяриметрические наблюдения большого количества химически пекулярных звезд как среди членов скоплений разного возраста, так и звезд поля.

Потребуется существенные усилия по определению принадлежности звезд к тем или иным скоплениям и определению возраста конкретных звезд, которые планируется выполнить в будущем. В настоящее время мы сконцентрируем усилия по определению магнитного поля избранных CP-звезд.

Наиболее обширным источником информации о CP-звездах является каталог Renson and Manfroid (2009), который насчитывает более 8200 объектов. Для проведения спектрополяриметрических наблюдений каждого объекта из этого каталога необходимо затратить много наблюдательного времени и ресурсов телескопа, что нецелесообразно. Поэтому необходимо было выбрать другой подход, в котором бы анализировались химически пекулярные звезды. Подобное исследование было проведено в работе Korylov (1987), где представлен количественный анализ индексов пекулярности 160 CP-звезд, расположенных преимущественно в скоплениях разного возраста. В настоящее время

эта работа является наиболее полной, в которой количественно определена степень пекулярности различных химических элементов в однородной системе по спектрам достаточного разрешения ( $R = 15\,000$ ). Степенью пекулярности, согласно работе Корюлов (1987), является отношение эквивалентных ширин спектральных линий в химически пекулярной звезде относительно этих же линий в нормальной звезде с такими же физическими параметрами.

Каталог Renson and Manfroid (2009) компилятивный, информация о пекулярности в нем получена разными способами по наблюдательному материалу разного качества. В целом информация о степени пекулярности звезд в списке Корюлов (1987) находится в согласии с данными работы Renson and Manfroid (2009). Но в случае различий приоритетными являются данные из работы Корюлов (1987).

Еще один источник сведений, который использовался в данной работе — база данных звездных скоплений WEBDA (Paunzen et al. 2013a). По этим данным мы отобрали скопления, в которых имеются как минимум три СР-звезды. Общее количество объектов, которые надо исследовать на предмет наличия магнитного поля, превышает 200. Часть объектов была исследована ранее, сведения о магнитном поле можно найти в литературе.

Вабсоок (1958a) определил, что среди исследуемых им Ар/Вр-звезд, около 25% имеют обнаруживаемое магнитное поле. Конечно, эта величина напрямую зависит от точности определения магнитного поля. В эпоху работы Вабсоок (1958a) данные были получены на фотопластинках, и точность оценки магнитного поля была низкая, около 300–500 Гс. Использование ПЗС-матриц повысило точность оценки магнитного поля на порядок. Это позволяет фиксировать СР-звезды с более слабым магнитным полем. Поэтому оценка доли магнитных СР-звезд является актуальной задачей.

В силу разных методических причин нет возможности определить все ли СР-звезды имеют магнитное поле. В работе Aurière et al. (2007) на основании измерений магнитного поля 27 звезд показано, что существует так называемая магнитная пустыня («magnetic desert»), в которой магнитное поле слабее 100 Гс для СР-звезд не существует.

Мы нашли, что среди химически пекулярных молодых звезд в ассоциации Орион ОВ1, магнитным полем обладают более половины из них (Semenko et al. 2022). Для решения задачи о доле магнитных звезд среди более старых, необходимо исследовать магнитное поле максимально возможного количества СР-звезд как среди членов скоплений, так и звезд поля. Для решения поставленной нами задачи и получения статистически значимых

результатов, необходимо провести спектрополяриметрические наблюдения для 100–120 объектов.

Из-за вращения звезды продольный компонент магнитного поля  $B_e$  является переменной величиной, которая зависит от ориентации магнитного диполя по отношению к лучу зрения. Поэтому для каждого объекта требуется провести по 3–4 наблюдения в разные фазы вращения. Таким образом, всего необходимо получить около 500 поляризованных спектров.

Оценка принадлежности СР-звезды к скоплению или группировке также является важной задачей. В данной работе мы определяем принадлежность СР-звезд к конкретной группировке согласно Корюлов (1987). Но во многих случаях сведения в этой работе не соответствуют данным из базы WEBDA (Paunzen et al. 2013a).

Оценка точного возраста исследуемых звезд запланирована на будущие этапы работы, поэтому в разделе 4 будут приведены преимущественно литературные значения.

### 3. ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗВЕЗД

Рассмотрим результаты первых наблюдений по указанной программе. На начальном этапе мы решили изучить магнитное поле СР-звезд в скоплении Плеяды и группе Плеяд. Согласно Корюлов (1987), в указанных выше группировках находится 25 СР-звезд: четыре в скоплении и 21 в группировке.

Магнитное поле для некоторых звезд исследовалось ранее, и для таких объектов в разделе 4 будут указаны соответствующие литературные источники. Остальные СР-звезды ранее не исследовались на предмет поиска магнитного поля. Наши наблюдения для них выполнены впервые.

#### 3.1. Наблюдения

Наблюдения выполнялись на Основном звездном спектрографе (ОЗСП)<sup>1</sup> (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 менее  $S/N \approx 200$ . 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.

<sup>1</sup><https://www.sao.ru/hq/lizm/mss/en/index.html>

Для большинства звезд мы получили не менее трех спектров в разные даты. Основная масса спектров покрывает область длин волн 4450–4950 Å со средним разрешением  $R = 15\,000$ .

Некоторые звезды исследовались ранее. В случае, если количество наблюдений для анализа магнитного поля звезды оказывалось достаточным, то мы использовали литературные данные и новые наблюдения не выполняли.

Возможно, что среди исследованных нами SR-звезд дополнительно имеются еще магнитные звезды, но с более слабым полем, а наша методика не позволила их обнаружить. Примем 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 звезд с быстрым вращением измерять значительно труднее, чем у медленно вращающихся холодных звезд с большим количеством линий в спектрах. Тем не менее мы хотим подчеркнуть, что во всех случаях методика измерений была одинаковой и анализ проводился единым способом, принятым нами ранее при исследовании магнетизма звезд в ассоциации Oρίon OB1.

### 3.2. Результаты измерений магнитного поля

Список исследованных звезд и их физические параметры приведены в таблице 1. В ее колонках приведены: название звезды в каталоге HD, спектральный класс и тип пекулярности (Koruylov 1987, Renson and Manfroid 2009), параллакс Gaia в миллисекундах дуги, среднеквадратичное магнитное поле  $B_{\text{rms}}$ , его ошибка  $\sigma_{\text{rms}}$  и 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  $\lg t$ . Индексы  $a$  и  $b$  показывают значения параметров для каждого компонента системы. Как и в нашем предыдущем исследовании (Romanyuk et al. 2019; 2021a; b), в таблице 1 приведено среднеквадратичное магнитное поле, полученное методом регрессии. Звезду достоверно можно считать магнитной при значении параметра  $\chi^2/n \geq 5$ . Индивидуальные измерения отдельных звезд будут представлены в следующих работах. В разделе 4 приводится детальное описание с указанием литературных источников для исследуемых нами звезд.

Для измерения магнитного поля нами использовались два метода:

- 1) модифицированный классический метод Babcock (1958a), в котором измеряется сдвиг спектральных линий между циркулярно-поляризованными компонентами;

- 2) метод регрессии (Bagnulo et al. 2002), в котором исследуется степень поляризации спектральных линий по параметрам Стокса.

В наших предыдущих работах (Romanyuk et al. 2019; 2021a; b) детально описана методика измерений магнитного поля звезд.

Анализ полученных результатов показал, что из-за наличия ограничений в методах оценки магнитного поля звезд, точность этих методов может различаться. Например, у некоторых звезд, имеющих большую скорость вращения и малое количество спектральных линий, измерить магнитное поле классическим методом невозможно. Также стоит учесть, что продольное магнитное поле меняется в зависимости от фазы при вращении звезды. Так как период для большинства звезд неизвестен, для сравнения результатов используется среднеквадратичное магнитное поле  $B_{\text{rms}}$ . Для расчета  $B_{\text{rms}}$ , его ошибки  $\sigma_{\text{rms}}$  и приведенной статистики  $\chi^2/n$  используются формулы (1)–(3), где  $B_{ei}$  — измерения продольного магнитного поля,  $\sigma_i$  — его ошибка и  $n$  — количество измерений.

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

$$\sigma_{\text{rms}} = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

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

## 4. КОММЕНТАРИИ К ЗВЕЗДАМ

Ниже представлены результаты измерений магнитного поля и некоторые другие параметры SR-звезд, отмеченных в статье Коруйлов (1987) как члены рассеянного скопления Плеяды, так и кинематической группы Плеяд. В дальнейшем планируется изучить принадлежность SR-звезд к указанным группировкам. Цель настоящего исследования — поиск магнитного поля у звезд-кандидатов. Ниже представлены комментарии к каждой из них, где основное внимание уделено исследованию магнитного поля, физических параметров и возраста.

### 4.1. Звезды скопления Плеяды

Рассеянное скопление Плеяды (Pleiades, Melotte 22) хорошо видно на северных широтах на осеннем и зимнем небе. В базе WEBDA приведены следующие сведения:

**Таблица 1.** Результаты исследования CP-звезд скопления Плеяды и кинематической группы Плеяд

Star	Sp, pec	$\pi$ , mas	$B_{\text{rms}} \pm \sigma (\chi^2/n)$ , Гс	$T_{\text{eff}}$ , К	$\lg g$	$v_e \sin i$ , км с <sup>-1</sup>	$\lg L/L_{\odot}$	$M, M_{\odot}$	$R, R_{\odot}$	$\lg t$
HD 358	B8, HgMn	33.62	67 ± 67	13 800	3.75	52	2.38	3.9	2.99	7.8
HD 11415	B3, He-wk	7.00	20 ± 90 (0.5)	15 600	3.5	45	3.2	9.2	6.2	7.2
HD 11503	A2, SiCrSr	19.62	605 ± 143 (19.7)	10 235	3.95	69	1.78	2.57	2.5	8.47
HD 11529	B8, He-wk, Sr	4.48	174 ± 154 (1.4)	13 000	3.5	46	2.7	3.4	5.4	8.3
HD 14392	B9, Si	8.52	222 ± 300 (0.6)	11 390	3.75	81	2.24	3.4	2.8	8.21
HD 23387	A0, CrSi	8.78	120 ± 92 (1.9)	8 100	3.3	25	1.56	2.0	2.1	8.13
HD 23642 <sup>a</sup>	A8, Si	7.24	165 ± 143 (1.1)	9 950	4.2	37	1.4	2.2	1.8	8.7
HD 23642 <sup>b</sup>				7 640	4.2	32				
HD 23950	B8, HgMn, Si	7.41	59 ± 180 (0.1)	12 892	4.02	76	1.9	3.0	3.1	8.0
HD 23964	B9, SiSrCr	7.39	121 ± 46 (11.9)	10 000	3.7	≤20	1.5	2.4	3.6	8.25
HD 25823	B9, SrCr	7.76	690 ± 195 (11.9)	12 500	3.91	—	2.5	3.8	3.6	8.13
HD 27309	A0, SiCr	11.40	732 ± 148 (269.5)	11 750	4.0	40	2.01	3.04	2.3	8.07
HD 32549	B9, SiCr	8.93	150 ± 135 (4.7)	10 800	3.6	43	2.9	2.7	4.3	8.3
HD 33904	B9, HgMn	19.18	190 ± 85 (6.3)	12 800	3.85	16	2.45	3.7	3.4	8.4
HD 74521	A1, SiSrCr	6.50	652 ± 154 (24.8)	11 000	3.3	20	2.04	2.92	2.8	8.42
HD 75333	B9, HgMn	7.59	4 ± 15	12 250	3.72	35	2.3	3.5	3.7	8.4
HD 107612	A2, SrCr	5.66	320 ± 140 (8.7)	8 970	3.7	37	1.8	2.0	3.4	8.7
HD 143807 <sup>a</sup>	A0, HgMn	8.77	137 ± 193	11 250	3.75	≤0.5	2.01	3.5	3.8	8.3
HD 143807 <sup>b</sup>				9 250	4.0	≤0.5				
HD 173524 <sup>a</sup>	A0, HgMn	9.58	71 ± 51 (4.0)	11 700	4.1	≤5	2.25	3.4	3.5	8.4
HD 173524 <sup>b</sup>				11 100	4.1	≤5				
HD 174933 <sup>a</sup>	B9, CrHgMn	7.85	104 ± 107	13 100	4.1	5.8	2.22	3.3	3.3	8.32
HD 174933 <sup>b</sup>				8 500	4.2	10				
HD 175744	B9, Si	3.15	132 ± 135 (0.6)	12 600	3.4	50	2.7	4.0	4.9	7.93
HD 175869	B8, Si	3.20	264 ± 251 (1.7)	12 000	3.4	166	2.86	4.3	7.9	8.25
HD 183339	B7, He-wk	3.10	1515 ± 513 (9.3)	14 000	3.9	41	2.75	4.3	4.0	7.91
HD 184961 <sup>a</sup>	B9, Si	4.88	1120 ± 117 (145.7)	11 800	3.8	30	2.35	3.47	3.42	8.5
HD 184961 <sup>b</sup>						130				
HD 190229	B9, HgMn	4.96	85 ± 50 (1.8)	13 200	3.6	8	2.63	4.2	4.5	8.25
HD 220825	A2, CrSr	20.31	245 ± 37 (85.1)	9 120	4.2	—	1.3	2.0	1.8	8.45

- скопление компактное, с центром на  $\alpha = 3^{\text{h}}47^{\text{m}}$ ,  $\delta = +24^{\circ}27'$ ;
- расстояние до скопления  $d = 150$  пк, модуль расстояния  $|V - M_V| = 5.97$ ;
- возраст  $\lg t = 8.131$ .

Kopylov (1987) выделил в нем четыре CP-звезды: HD 23387, HD 23642, HD 23950 и HD 23964. Мы выполнили магнитные измерения каждой из них.

#### 4.1.1. HD 23387

Интересная звезда HD 23387 является частью сложной системы WDS J03456+2420 Aa, Ab (Torres et al. 2021, Worley and Douglass 1997).

Нами было получено пять спектров циркулярно-поляризованного излучения, по которым магнитное поле зафиксировать не удалось. Но в работе Buehkov et al. (2009) эта звезда числится магнитной ( $B_{\text{rms}} = 1861 \pm 45$  Гс,  $\chi^2/n = 11.7$ ) по двум измерениям. Landstreet et al. (2007) также отметили, что HD 23387 немагнитная звезда.

Gebran et al. (2016) оценили физические параметры звезды по спектральным данным, используя метод моделей атмосфер и инверсионный метод PCA (Principal Component Analysis) (Paletou et al. 2015). В результате были получены следующие значения  $T_{\text{eff}} = 7900$  К,  $\lg g = 3.3$ ,  $v_e \sin i = 25$  км с<sup>-1</sup>,  $[\text{Fe}/\text{H}] = -1.3$ . Stepień and Lipski (2008), сравнивая наблюдаемое распределение энергии с теоретическим, нашли следующие значения физических параметров:  $T_{\text{eff}} = 8250$  К,  $\lg L/L_{\odot} = 1.562$ ,  $M = 2.0M_{\odot}$ ,  $R = 2.1R_{\odot}$ . Kochukhov and Bagnulo (2006) провели оценку эволюционного статуса звезды, согласно которому ее возраст:  $\lg t = 8.13$ .

#### 4.1.2. HD 23642

Звезда HD 23642 является главным компонентом затменно-двойной системы SB2 (Southworth 2015, Torres et al. 2021), а вторичным является Ам-звезда.

Поиск магнитного поля звезды HD 23642 ранее не проводился. Нами было получено три спектра, по которым магнитное поле зафиксировать не удалось.

Подробный анализ физических параметров методом моделей атмосфер проведен в работе Groenewegen et al. (2007). Авторы по эшелле спектрам высокого разрешения ( $R = 50\,000$ ,  $S/N \approx 150$ ) оценили физические параметры всех компонентов двойной системы:  $T_{\text{eff}}(A) = 9950$  К,  $T_{\text{eff}}(B) = 7640 \pm 40$  К;  $\lg g(A) = 4.25 \pm 0.02$ ,  $\lg g(B) = 4.23 \pm 0.03$ ;  $v_e \sin i(A) = 36.5 \pm 0.8$  км с<sup>-1</sup>,  $v_e \sin i(B) = 31.9 \pm 1.2$  км с<sup>-1</sup>;  $M(A) = 2.22 \pm 0.03M_{\odot}$ ,

$M(B) = 1.57 \pm 0.02M_{\odot}$ ;  $R(A) = 1.84 \pm 0.04R_{\odot}$ ,  $R(B) = 1.59 \pm 0.02R_{\odot}$ , светимость системы  $\lg L/L_{\odot} = 1.4$  (McDonald et al. 2017).

Bochanski et al. (2018) методом изохрон при применении эволюционных треков MIST (Modules for Isochrones and Stellar Tracks) проекта MESA (Modules for Experiments in Stellar Astrophysics) оценили возраст звезды по наблюдательным данным Gaia, 2MASS, WISE:  $\lg t = 8.81$ . Близкое значение возраста было получено Gontcharov (2012), используя эволюционные треки базы данных Padova с учетом межзвездного поглощения:  $\lg t = 8.6$ .

#### 4.1.3. HD 23950

HD 23950 довольно яркая и близкая HgMn-звезда. Bagnulo et al. (2015), Hubrig et al. (2006) провели поиск магнитного поля на спектрополяриметре FORS1 и обнаружили, что его величина  $B_{\text{rms}} \leq 100$  Гс. На ОЗСП 6-м телескопа БТА нами было получено четыре спектра, по которым также не было найдено признаков магнитного поля.

Saffe and Levato (2014) оценили содержание химических элементов, используя материал со спектрографа ELODIE. Физические параметры были определены при помощи фотометрических индексов системы Стремгrena с корректировками для HgMn-звезд:  $T_{\text{eff}} = 12\,892$  К,  $\lg g = 4.02$ ,  $v_e \sin i = 69$  км с<sup>-1</sup>. Paunzen et al. (2013b) по фотометрическим данным спутника STEREO оценили период и проекцию скорости вращения звезды:  $P = 3.2509$  суток,  $v_e \sin i = 83 \pm 4$  км с<sup>-1</sup>. Параметры светимости и радиуса  $\lg L/L_{\odot} = 1.9$ ,  $R = 3.1$  можно найти в работе McDonald et al. (2017). На основании всех перечисленных данных мы рассчитали массу звезды и возраст по эволюционным трекам Bertelli et al. (1994):  $M \approx 3.0M_{\odot}$ ,  $\lg t \approx 8.0$ .

#### 4.1.4. HD 23964

HD 23964 последняя CP-звезда из скопления Плеяды в нашем исследовании. Согласно работам Brown et al. (2021), Turon et al. (1993), она является главным компонентом тройной системы.

Магнитное поле звезды измерялось нами на 6-м телескопе БТА в период 2010–2011 гг. (Romanyuk et al. 2017; 2018), 2013 г. (Romanyuk et al. 2022a), 2021–2022 гг. Всего было снято восемь спектров циркулярно-поляризованного излучения. Полученная величина магнитного поля с учетом ошибок совпадает с нижним порогом обнаружения на ОЗСП ( $B_{\text{rms}} \leq 100$  Гс). Других работ по изучению магнитного поля в литературе нет. Поэтому, согласно нашим данным, будем считать звезду HD 23964 немагнитной.

Оценка физических параметров методом моделей атмосфер проведена в работе Moiseeva et al. (2019):  $T_{\text{eff}} = 10\,000$  К,  $\lg g = 3.7$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 1.5$ ,  $M = 2.4 M_{\odot}$ ,  $R = 3.6 R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i \leq 20$  км с<sup>-1</sup>. Полученные значения совпадают с результатами Conti and Strom (1968), Soubiran et al. (2010).

Оценен возраст звезды методом изохрон с использованием эволюционных треков:  $\lg t = 8.1$  (Rieke et al. 2005);  $\lg t = 8.4$  (Gontcharov 2012).

#### 4.2. Звезды кинематической группы Плеяд

Звезды кинематической группы Плеяд были выделены Eggen (1975) на основании общности компонента скорости в направлении галактического вращения. Звезды, входящие в группу, рассеяны в большом объеме Галактики с характерным размером около 800 пк. Помимо звезд поля, Eggen относит к группе и ряд рассеянных звездных скоплений. Klochikova and Kopylov (1985) составили список из 137 звезд-членов этой группы спектральных классов А и В. Среди них оказалось 21 химически пекулярная Ap/Bp-звезда, что составляет 15%. Ниже мы подробно рассматриваем каждую из них.

##### 4.2.1. HD 358 ( $\alpha$ And)

HD 358 довольно яркая и близкая HgMn-звезда, которая является главным компонентом в SB2-системе (Catanzaro and Leto 2004, Worley and Douglass 1997).

Звезда неоднократно исследовалась с целью поиска магнитного поля (Aurière et al. 2010, Bagnulo et al. 2012, Borra and Landstreet 1980, Glagolevskij et al. 1985b, Hubrig et al. 2006, Makaganiuk et al. 2011, Shorlin et al. 2002, Sikora et al. 2019, Wade et al. 2006). Наши измерения подтверждают выводы предыдущих исследований, что это немагнитная звезда со среднеквадратичным магнитным полем  $B_{\text{rms}} < 100$  Гс.

Комбинируя спектрофотометрические данные и результаты моделирования, Ryabchikova et al. (1999) получили следующие параметры для главного компонента системы:  $T_{\text{eff}} = 13\,800 \pm 125$  К,  $\lg g = 3.75 \pm 0.15$ ,  $[M/H] = 0.2$ ,  $v_e \sin i = 52$  км с<sup>-1</sup>. Используя эволюционные треки, McDonald et al. (2017) оценили светимость и возраст звезды:  $\lg(L/L_{\odot}) = 2.38 \pm 0.14$ ,  $M = 3.9 M_{\odot}$ ,  $\lg t = 7.8$ , радиус звезды  $R = 2.99 R_{\odot}$ .

Kochukhov et al. (2021) по фотометрическим данным со спутника TESS оценили период вращения звезды:  $P = 2^{\text{d}}3834$ . Авторы подтвердили предыдущие выводы работы Kochukhov et al. (2007) о том, что период вращения звезды, определенный по фотометрическим данным, не будет постоянным из-за медленной эволюции распределения пятен на поверхности звезды.

##### 4.2.2. HD 11415 ( $\epsilon$ Cas)

Объект является яркой B[e]-звездой (Jaschek and Egret 1982), однако Ahmed and Sigut (2017) по изучению спектрополяриметрического материала не обнаружили признаков эмиссии в H $\alpha$ .

В литературе отсутствуют сведения по исследованию магнитного поля. По двум нашим спектрам магнитного поля более 100 Гс не обнаружено.

По спектрополяриметрическому материалу Ahmed and Sigut (2017) провели оценку физических параметров, используя метод pop-LTE моделей атмосфер в программе TLUSTY:  $T_{\text{eff}} = 15\,600 \pm 500$  К,  $\lg g = 3.5 \pm 0.5$ ,  $v_e \sin i = 45$  км с<sup>-1</sup>. Светимость и радиус, определенные по фотометрическим данным, можно найти в работе McDonald et al. (2017):  $\lg L/L_{\odot} = 3.2$ ,  $R = 6.2 R_{\odot}$ . Tetzlaff et al. (2011) оценили возраст и массу звезды:  $\lg t = 7.2 \pm 0.1$ ,  $M = 9.2 M_{\odot}$ .

##### 4.2.3. HD 11503, $\gamma$ Ari

Интересная mCP-звезда HD 11503, которая является главным компонентом системы WDS J01535+1918A (Worley and Douglass 1997).

Впервые обнаружить магнитное поле звезды попытался Babcock (1958b), но из-за того, что в спектре присутствует малое количество широких линий, этого сделать не удалось. Впоследствии магнитное поле звезды обнаружили Landstreet et al. (1975): продольный компонент поля меняется в пределах  $-780$  Гс до  $900$  Гс, но построить фазовую кривую не удалось. Borra and Landstreet (1980) продолжили изучение объекта на водородном магнитометре, уточнили период вращения  $P = 1^{\text{d}}6093$  и построили фазовую кривую переменности магнитного поля. Она синусоидальной формы, что говорит о простой дипольной конфигурации магнитного поля. Результаты магнитного моделирования следующие:  $i = 47^{\circ}$ ,  $\beta = 68^{\circ}$ ,  $B_p = 3$  кГс. В каталоге Vukobratovic et al. (2009) указано среднеквадратичное магнитное поле:  $B_{\text{rms}} = 545 \pm 344$  Гс,  $\chi^2/n = 11.4$ . Наши измерения не противоречат этим результатам и также демонстрируют наличие магнитного поля.

Kochukhov and Bagnulo (2006) определили эволюционный статус выборки mCP-звезд. Используя фотометрические данные, авторы оценили физические параметры:  $\lg T_{\text{eff}} = 4.010 \pm 0.013$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 1.78 \pm 0.05$ ,  $M = 2.57 \pm 0.06 M_{\odot}$ ,  $\lg t = 8.47 \pm 0.08$ . Проекция скорости вращения согласно Borra and Landstreet (1980)  $v_e \sin i = 69$  км с<sup>-1</sup>. Glagolevskij (2019) также по фотометрическим данным оценил  $\lg g = 3.95$ ,  $R = 2.5 R_{\odot}$ .

#### 4.2.4. HD 11529 ( $\omega$ Cas)

Звезда HD 11529 входит в состав двойной системы SB2, с орбитальным периодом  $P = 69^d.92$  (Bischoff et al. 2017).

Магнитное поле этой звезды наблюдалась нами на 6-м телескопе БТА в 2011 и 2012 годах (Romanyuk et al. 2020; 2018). По пяти измерениям магнитное поле не найдено.

Анализ физических параметров по спектрам циркулярно-поляризованного излучения проведен в работе Moiseeva et al. (2019):  $T_{\text{eff}} = 13\,000 \pm 250$  K,  $\lg g = 3.5 \pm 0.4$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 2.7$ ,  $M = 3.4 M_{\odot}$ ,  $R = 5.4 R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 46 \pm 5$  км с<sup>-1</sup>, что с учетом ошибок совпадает с данными Huang et al. (2010). Оценка возраста звезды приведена в работе Gontcharov (2012) и составляет  $\lg t = 8.3$ .

#### 4.2.5. HD 14392 (63 And)

Поиск магнитного поля HD 14392 предпринимался несколько раз: Bohlender et al. (1993), Borra and Landstreet (1980), Landstreet et al. (1975), но оно не было найдено. В каталоге Bychkov et al. (2009):  $B_{\text{rms}} = 195 \pm 316$  Гс,  $\chi^2/n = 0.5$ . В направлении на звезду наблюдается сильная линейная поляризация  $p = 0.18\%$  (Leroy 1995).

Спектроскопические исследования фундаментальных параметров можно найти в работе Ghazaryan et al. (2018):  $T_{\text{eff}} = 11\,390$  K,  $\lg g = 3.75$ . Они не сильно отличаются от оценки по фотометрическим данным (Glagolevskij 2019, McDonald et al. 2017):  $T_{\text{eff}} = 11\,036$  K,  $\lg g = 3.9$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 2.24$ ,  $M = 3.4 M_{\odot}$ ,  $R = 2.8 R_{\odot}$ .

Royer et al. (2002), используя спектральные данные, нашли проекцию скорости вращения  $v_e \sin i = 81$  км с<sup>-1</sup>, что с учетом ошибок не противоречит результатам других авторов (Abt et al. 2002, Landstreet et al. 1975). Период вращения звезды  $P = 1^d.308$  (Renson and Catalano 2001) был уточнили Raunzen et al. (2021), используя фотометрические данные SMEI (the Solar Mass Ejection Imager):  $P = 1^d.3086$ .

В работах Glagolevskij (2019), Gontcharov (2012) приведены близкие значения возраста звезды:  $\lg t = 8.25$ .

#### 4.2.6. HD 25823 (41 Tau)

HD 25823 является яркой и близкой CP-звездой спектрального класса B9.

Первые магнитное поле обнаружил Babcock (1958a): продольный компонент меняется в интервале от  $-100$  Гс до  $1200$  Гс, среднеквадратичное поле  $B_{\text{rms}} = 668 \pm 463$  Гс,  $\chi^2/n = 7.1$  (Bychkov et al. 2009). На 6-м телескопе БТА звезда не исследовалась.

Lipski and Stępień (2008) оценили физические параметры звезды по ее распределению энергии в UV- и V-диапазоне спектра:  $T_{\text{eff}} = 12\,500 \pm 500$  K,  $R = 3.6 R_{\odot}$ . Glagolevskij (2019), Kochukhov and Bagnulo (2006), используя фотометрические данные, также измерили ряд физических параметров и возраст звезды:  $T_{\text{eff}} = 13\,180 \pm 150$  K,  $\lg g = 3.91$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 2.5 \pm 0.1$ ,  $M = 3.8 \pm 0.2 M_{\odot}$ ,  $\lg t = 8.13$ .

#### 4.2.7. HD 27309 (56 Tau)

HD 27309 — яркая и близкая магнитная CP-звезда. В литературе приведено 21 измерение продольного магнитного поля различными методами (Aurière et al. 2007, Borra and Landstreet 1980, Glagolevskij et al. 1985a, Sikora et al. 2019). Нами на 6-м телескопе БТА звезда наблюдалась в 2015 году, было получено три спектра. Согласно всем этим данным значение среднеквадратичного магнитного поля близко к  $1$  кГс. Sikora et al. (2019) на основании своих и ранее опубликованных данных провели магнитное моделирование звезды и получили следующие параметры: углы наклона (в градусах) оси вращения  $i = 49_{-10}^{+16}$ , магнитной оси  $\beta = 7 \pm 4$ ; магнитное поле на полюсе диполя  $B_d = 3600_{-590}^{+1980}$  Гс.

Оценка физических параметров по распределению энергии в UV- и V-диапазонах спектра проведена в статье Lipski and Stępień (2008):  $T_{\text{eff}} = 11\,750 \pm 2\,000$  K,  $R = 2.3 R_{\odot}$ . По фотометрическим данным оценку параметров и возраста звезды можно найти в работах Ghazaryan et al. (2018), Kochukhov and Bagnulo (2006):  $T_{\text{eff}} = 11\,995 \pm 395$  K,  $\lg L/L_{\odot} = 2.01 \pm 0.07$ ,  $\lg g = 4.0$ ,  $M = 3.04 \pm 0.09 M_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 40.0$  км с<sup>-1</sup>,  $\lg t = 8.07$ .

#### 4.2.8. HD 32549 (11 Ori)

Поиск магнитного поля HD 32549 проводили Aurière et al. (2007), Borra and Landstreet (1980). На 6-м телескопе звезда наблюдалась в течение 2004–2006 гг. и 2008–2010 гг. (Romanyuk et al. 2015; 2016; 2017). В результате сделано около 30 измерений. По нашим и литературным данным звезда скорее всего немагнитная.

Определение физических параметров методом моделей атмосфер выполнено в работе Moiseeva et al. (2019):  $T_{\text{eff}} = 10\,800 \pm 250$  K,  $\lg g = 3.6 \pm 0.2$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 2.9$ ,  $M = 2.7 M_{\odot}$ ,  $R = 4.3 R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 43$  км с<sup>-1</sup>, что совпадает с оценками из работ других авторов (Ghazaryan et al. 2018, Wraight et al. 2012).

Возраст звезды, который определен по фотометрическим данным при помощи метода изохрон, приведен в работах:  $\lg t = 8.378$  (Westin 1985),  $\lg t = 8.25$  (Glagolevskij 2019).



#### 4.2.9. HD 33904 ( $\mu$ Lep)

Одной из самых ярких HgMn-звезд является интересная звезда  $\mu$  Lep. Попытки поиска магнитного поля у звезды предпринимались многими авторами и не увенчались успехом: ее среднеквадратичное поле  $B_{\text{rms}} \leq 200$  Гс (Bagnulo et al. 2015, Vuchkov et al. 2009, Hubrig et al. 2012, Makaganiuk et al. 2011).

Kochukhov et al. (2011b) нашли спектральную переменность в линиях Sc, элементов железного пика, Y, Sr, Hg. Также авторы не обнаружили признаков магнитного поля: верхний предел среднего продольного магнитного поля составляет всего 3 Гс.

Значения физических параметров и химическое содержание можно найти в каталоге Ghazaryan et al. (2018):  $T_{\text{eff}} = 12\,800$  К,  $\lg g = 3.85$ ,  $v_e \sin i = 15.5$  км с<sup>-1</sup>. Оценка возраста приведена в работе Gontcharov (2012):  $\lg t = 8.4$ .

#### 4.2.10. HD 74521 (49 Can)

Магнитное поле химически пекулярной звезды HD 74521 впервые нашел Babcock (1958a), диапазон изменения  $B_e$  от  $-200$  до  $1450$  Гс. Магнитное поле неоднократно измерялось другими авторами: Bohlender et al. (1993), Mathys (1991), Shorlin et al. (2002). На БТА наблюдений не проводилось.

Значения физических параметров и химического содержания некоторых элементов можно найти в каталоге Ghazaryan et al. (2018):  $T_{\text{eff}} = 11\,000$  К,  $\lg g = 3.3$ ,  $v_e \sin i = 20$  км с<sup>-1</sup>. По химическому содержанию наблюдается дефицит легких элементов азота и кислорода, избыток кремния и гадолиния.

Оценка эволюционного статуса звезды проведена в работах Kochukhov and Bagnulo (2006), Glagolevskij (2019):  $\lg T_{\text{eff}}(\text{K}) = 4.033 \pm 0.016$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 2.04 \pm 0.10$ ,  $M = 2.92 \pm 0.12 M_{\odot}$ ,  $R = 2.8 R_{\odot}$ ,  $\lg t = 8.5$ .

#### 4.2.11. HD 75333 (14 Hya)

Еще одна яркая и близкая HgMn-звезда 14 Hya является главным компонентом тройной системы (A, Ba+Bb) (Schöller et al. 2010).

Измерения магнитного поля звезды (Babcock 1958a, Makaganiuk et al. 2011) указывают, что звезда немагнитная. Такой же результат продемонстрирован в каталоге Vuchkov et al. (2009):  $B_{\text{rms}} \leq 150$  Гс. На БТА наблюдения не проводились.

Физические параметры, полученные по спектроскопическим данным, можно найти в каталоге Ghazaryan and Alecian (2016):  $T_{\text{eff}} = 12\,250$  К,  $\lg g = 3.72$ ,  $v_e \sin i = 35$  км с<sup>-1</sup>. По фотометрическим данным параметры несколько отличаются:  $T_{\text{eff}} = 11\,073$  К,  $\lg g = 3.7$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 2.3$ ,

$M = 3.5 M_{\odot}$ ,  $R = 3.7 R_{\odot}$ . Различия в эффективной температуре вероятно вызваны большой запятностью поверхности звезды, что типично для CP-звезд. Оценка возраста представлена в работе Gontcharov (2012):  $\lg t = 8.4$ .

#### 4.2.12. HD 107612

Впервые магнитное поле звезды HD 107612 было открыто нами на 6-м телескопе БТА (Kudryavtsev et al. 2006). Первая попытка поиска магнитного поля принадлежит Babcock (1958a), но качество материала не позволило его обнаружить. Дальнейшее исследование звезды было проведено Kudryavtsev et al. (2006), Romanjuk et al. (2020): продольное магнитное поле небольшой величины и варьируется  $B_e$  от  $-450$  до  $430$  Гс.

Физические параметры, полученные методом моделей атмосфер с использованием инверсионного метода PCA, можно найти в работе Gebran et al. (2016):  $T_{\text{eff}} = 8970$  К,  $\lg g = 3.7$ ,  $v_e \sin i = 37.0$  км с<sup>-1</sup>. Фотометрические данные дают похожие значения параметров:  $T_{\text{eff}} = 8870$  К,  $\lg g = 3.6$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 1.8$ ,  $M = 2.0 M_{\odot}$ ,  $R = 3.4 R_{\odot}$  (Glagolevskij 2019, McDonald et al. 2017).

Возраст звезды, определенный по эволюционным трекам:  $\lg t = 8.7$  (Glagolevskij 2019, Gontcharov 2012).

#### 4.2.13. HD 143807 ( $\iota$ CrB)

Известная HgMn-звезда  $\iota$  CrB является главным компонентом в SB2 системе (Dworetzky 1980, Renson and Manfroid 2009).

Магнитное поле звезды исследовалось многими авторами: Aurière et al. (2010), Babcock (1958a), Borra et al. (1973), Didelon (1984), Shorlin et al. (2002). По всем этим данным HD 143807 является немагнитной звездой со среднеквадратичным магнитным полем  $B_{\text{rms}} \leq 150$  Гс. На 6-м телескопе БТА она не исследовалась.

Анализ физических параметров каждого компонента SB2-системы и химическое содержание элементов представлены в работе Ryabchikova (1998):  $T_{\text{eff}}(\text{A}) = 11\,250$  К,  $T_{\text{eff}}(\text{B}) = 9\,250$  К,  $\lg g(\text{A}) = 3.75$ ,  $\lg g(\text{B}) = 4.00$ ,  $v_e \sin i(\text{A, B}) \leq 0.5$  км с<sup>-1</sup>,  $M(\text{A}) = 3.5 M_{\odot}$ ,  $M(\text{B}) = 2.3 M_{\odot}$ ,  $R(\text{A}) = 3.8 R_{\odot}$ ,  $R(\text{B}) = 2.3 R_{\odot}$ . Оценка светимости системы по фотометрическим данным представлена в работе McDonald et al. (2017):  $\lg L/L_{\odot} = 2.01$ .

Оценка возраста получена в работах:  $\lg t = 8.138$  (Westin 1985),  $\lg t = 8.4$  (Gontcharov 2012).

## 4.2.14. HD 173524 (46 Dra)

Звезда HD 173524 входит в состав SB2-системы, в которой оба компонента являются HgMn-звездами, а измерения  $\gamma$ -скорости свидетельствуют о наличии третьего компонента (Adelman et al. 1998, Tsybmal et al. 1998).

Магнитное поле звезд изучалось мало: Conti (1970) получил пять значений поля для каждого компонента системы. Согласно этим данным, обе звезды немагнитные: их среднеквадратичное поле  $B_{\text{rms}} \leq 150$  Гс (Bychkov et al. 2009). На БТА наблюдений не проводилось.

Большое внимание было уделено изучению химического содержания элементов для этих звезд. Наиболее полный обзор выполнили Adelman et al. (1998), Tsybmal et al. (1998):  $T_{\text{eff}}(\text{A}) = 11\,700$  К,  $T_{\text{eff}}(\text{B}) = 11\,100$  К,  $\lg g(\text{A}, \text{B}) = 4.11$ ,  $v_e \sin i(\text{A}, \text{B}) \leq 5$  км с<sup>-1</sup>. Как видно из параметров, обе звезды практически идентичны, однако были выявлены различия в химическом содержании ряда элементов: для HD 173524A обнаружен избыток Al, Ni и сильный избыток Ga, Sr, Pt по сравнению с содержанием этих элементов в HD 173524B. По фотометрическим оценкам параметры системы следующие: светимость  $\lg L/L_{\odot} = 2.25$ , масса  $M = 3.4 M_{\odot}$ , радиус  $R = 3.5 R_{\odot}$  (McDonald et al. 2017).

Возраст системы, согласно работе Gontcharov (2012),  $\lg t = 8.41$ .

## 4.2.15. HD 174933 (112 Her)

Еще одна SB2 система, главный компонент которой (HD 174933A) является HgMn-звездой, а вторичный (HD 174933B) — Am-звездой (Ryabchikova et al. 1996).

Результаты измерения магнитного поля для обоих компонентов представлены в работе Conti (1970). Согласно этим данным, обе звезды немагнитные: параметр  $\chi^2/n \leq 5$  (Bychkov et al. 2009). На БТА исследований не проводилось.

Наиболее полный литературный обзор по исследованию содержания химических элементов представлен в статье Ryabchikova et al. (1996). Авторы определили физические параметры для каждого компонента:  $T_{\text{eff}}(\text{A}) = 13\,100$  К,  $T_{\text{eff}}(\text{B}) = 8500$  К,  $\lg g(\text{A}) = 4.1$ ,  $\lg g(\text{B}) = 4.2$ ,  $v_e \sin i(\text{A}) = 5.8 \pm 0.8$  км с<sup>-1</sup>,  $v_e \sin i(\text{B}) = 10 \pm 3$  км с<sup>-1</sup>, отношение масс  $m_A/m_B = 1.98 \pm 0.03$ . Светимость, масса и радиус, определенные по фотометрическим данным, можно найти в работе McDonald et al. (2017):  $\lg L/L_{\odot} = 2.22$ ,  $M = 3.3 M_{\odot}$ ,  $R = 3.3 R_{\odot}$ .

Возраст системы  $\lg t = 8.32$  (Gontcharov 2012).

## 4.2.16. HD 175744

Магнитное поле химически пекулярной звезды HD 175744 исследовали многие авторы: Bagnulo et al. (2015), Hubrig et al. (2006), Kochukhov and Bagnulo (2006), Shultz et al. (2022). На 6-м телескопе БТА звезда наблюдалась в 2012 году (Romanyuk et al. 2020). Согласно всем исследованиям, HD 175744 либо немагнитная звезда, либо обладает слабым магнитным полем на пределе обнаружения.

Оценка физических параметров по фотометрическим и литературным данным представлена в работах McDonald et al. (2017), Shultz et al. (2022):  $T_{\text{eff}} = 12\,600$  К,  $\lg g = 3.4$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 2.7 \pm 0.1$ ,  $M = 4.0 \pm 0.1 M_{\odot}$ ,  $R = 4.9 R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 50$  км с<sup>-1</sup>.

Возраст системы оценивался в нескольких работах:  $\lg t = 7.659$  (Westin 1985),  $\lg t = 8.2$  (Glagolevskij 2019, Gontcharov 2012).

## 4.2.17. HD 175869 (64 Ser)

HD 175869 является яркой и довольно близкой B[e]-звездой (Hoffleit and Jaschek 1991).

Gutiérrez-Soto et al. (2009) исследовали магнитное поле звезды методом LSD (least square deconvolution) по спектральным данным NARVAL. В результате они не зафиксировали наличие зеемановских сигнатур. По нашим двум измерениям с БТА магнитное поле не найдено.

Gutiérrez-Soto et al. (2009) представили физические параметры звезды, определенные по спектральным данным:  $T_{\text{eff}} = 12\,000 \pm 600$  К,  $\lg g = 3.40 \pm 0.12$ ,  $v_e \sin i = 166 \pm 10$  км с<sup>-1</sup>,  $\lg L/L_{\odot} = 2.86 \pm 0.11$ ,  $M = 4.3 \pm 0.2 M_{\odot}$ ,  $R = 7.9 \pm 2.4 R_{\odot}$ .

В литературе не найдено данных о возрасте звезды. Используя перечисленные физические параметры методом изохрон при помощи эволюционных треков Bertelli et al. (1994), мы оценили  $\lg t = 8.25$ .

## 4.2.18. HD 183339

Тип пекулярности химически пекулярной звезды HD 183339 — He-weak (Renson and Manfroid 2009).

Впервые магнитное поле обнаружили Glagolevskij and Chunakova (1985). Наши новые измерения подтверждают статус звезды как магнитной.

Физические параметры, определенные по фотометрическим данным, представлены в ряде работ и, с учетом приведенных ошибок, совпадают:  $T_{\text{eff}} \approx 14\,000$  К,  $\lg g \approx 3.9$ ,  $\lg L/L_{\odot} \approx 2.75$ ,  $M \approx 4.3 M_{\odot}$ ,  $R = 4.0 R_{\odot}$ ,  $v_e \sin i = 41$  км с<sup>-1</sup> (McDonald et al. 2017). Параметры, оцененные

по спектральным данным, немного отличаются:  $T_{\text{eff}} = 14\,900\text{ K}$ ,  $\lg g = 3.6$  (Topil'skaya 1993).

Возраст HD 183339 по эволюционным трекам определен в работах:  $\lg t = 7.765$  (Westin 1985),  $\lg t = 8.05$  (Kochukhov and Bagnulo 2006),  $\lg t = 7.91$  (Glagolevskij 2019).

#### 4.2.19. HD 184961

Магнитное поле HD 184961 исследовали одновременно и независимо Romanyuk et al. (2022b) на 6-м телескопе БТА, Shultz et al. (2022) на спектрополяриметре dimaPol 1.8-м телескопа Plaskett в Dominion Astrophysical Observatory. Авторы пришли к выводу, что звезда магнитная, продольное магнитное поле меняется в пределах  $B_e$  от 200 до 1200 Гс с периодом 6.335 суток.

Romanyuk et al. (2022b) не удалось оценить физические параметры по спектральным данным. Однако было замечено, что в профиле некоторых спектральных линий присутствуют признаки вторичного компонента, что позволило оценить проекцию скорости вращения:  $v_e \sin i (A) \approx 30\text{ км с}^{-1}$ ,  $v_e \sin i (B) \approx 130\text{ км с}^{-1}$ . Определенные фундаментальные параметры звезды по фотометрическим данным можно найти в работах:  $T_{\text{eff}} = 11\,800 \pm 1000\text{ K}$ ,  $\lg g = 3.8$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 2.35 \pm 0.08$ ,  $M = 3.47 \pm 0.09 M_{\odot}$ ,  $R = 3.42 R_{\odot}$  (Glagolevskij 2019, Shultz et al. 2022). Возраст звезды  $\lg t = 8.7$  (Glagolevskij 2019),  $\lg t = 8.32$  (Gontcharov 2012).

#### 4.2.20. HD 190229 (14 Sge)

HD 190229 является двойной HgMn-звездой типа SB1 (Renson and Manfroid 2009, Wolff and Preston 1978).

Исследований магнитного поля в литературе не найдено. Нами на БТА было получено два спектра, которые не показали признаков наличия магнитного поля.

Физические параметры звезды и химическое содержание элементов подробно описаны в работах Adelman (1988), Ghazaryan and Alecian (2016), McDonald et al. (2017):  $T_{\text{eff}} = 13\,200\text{ K}$ ,  $\lg g = 3.6$ ,  $v_e \sin i = 8\text{ км с}^{-1}$ ,  $\lg L/L_{\odot} = 2.63$ ,  $M = 4.2 M_{\odot}$ ,  $R = 4.5 R_{\odot}$ . Возраст звезды, согласно оценке Gontcharov (2012),  $\lg t = 8.25$ .

#### 4.2.21. HD 220825 ( $\kappa$ Psc)

HD 220825 является магнитной CP-звездой со слабым полем. Согласно многочисленным исследованиям (Aurière et al. 2007, Babcock 1958a, Borra and Landstreet 1980, Glagolevskij et al. 2006, Landstreet et al. 1975, Sikora et al. 2019) среднеквадратичное магнитное поле не превышает  $B_{\text{rms}} \leq 300\text{ Гс}$ .

Подробный анализ физических параметров и химического содержания элементов по трем типам данных проделан Romanovskaya et al. (2021):  $\langle T_{\text{eff}} \rangle = 9120\text{ K}$ ,  $\lg g = 4.2$ ,  $\langle \lg L/L_{\odot} \rangle = 1.3$ ,  $\langle R \rangle = 1.8 R_{\odot}$ . Используя перечисленные значения параметров, мы оценили массу звезды по эволюционным трекам:  $M = 2.0 M_{\odot}$ .

В литературе указано много значений возраста:  $\lg t \approx 8.2$  (David and Hillenbrand 2015, Nielsen et al. 2019),  $\lg t \approx 8.7$  (Glagolevskij 2019, Kochukhov and Bagnulo 2006).

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате нам удалось провести спектрополяриметрические наблюдения всех CP-звезд выборки: четырех объектов в рассеянном скоплении Плеяды, и 21 звезды в одноименной кинематической группе. Главной целью работы было оценить величину магнитного поля каждого объекта. По аналогии с исследованиями, выполненными в ассоциации Орион OB1, мы полагали, что звезда магнитная, если величина приведенной статистики  $\chi^2/n \geq 5$ . Среди 25 звезд нашего списка этому критерию удовлетворяют следующие десять объектов: HD 11503, HD 23964, HD 25823, HD 27309, HD 33904, HD 74521, HD 107612, HD 183339, HD 184961, HD 220825. Но HD 23964 и HD 33904 не могут считаться магнитными, так как величина среднеквадратичного магнитного поля меньше предела обнаружения и величина  $\chi^2/n$  имеет большую статистическую погрешность.

В скоплении Плеяды из четырех Ap/Vp-звезд магнитного поля не обнаружено ни у одной. Среднеквадратичное магнитное поле по нашим измерениям и возраст, согласно WEBDA:  $\langle B_{\text{rms}} \rangle = 120 \pm 125\text{ Гс}$ ,  $\chi^2/n = 2.5$ ,  $\lg t = 8.13$ . Среднее значение возраста, определенное по индивидуальным CP-звездам (см. таблицу 1), совпадает:  $\langle \lg t \rangle = 8.3 \pm 0.2$ .

Группа Плеяд не является классическим скоплением. В нее входят звезды разного возраста, но со сходными кинематическими параметрами. В результате Kopylov (1987) выделил 21 CP-звезду, из них семь объектов являются HgMn-звездами, а остальные 14 — потенциально магнитными объектами. Таким образом, доля магнитных звезд относительно всех CP-звезд группировки составляет 33%, а относительно Ap/Vp-звезд 57%. Средняя величина поля магнитных звезд по нашим измерениям и возраст группировки, согласно работе Eggen (1975):  $\langle B_{\text{rms}} \rangle = 830 \pm 220\text{ Гс}$ ,  $\chi^2/n = 27.8$ ,  $\lg t = 7.48$ . Среднее значение возраста CP-звезд группировки (см. таблицу 1) отличается:  $\langle \lg t \rangle = 8.2 \pm 0.2$ .

Сравнивая полученные результаты с нашим предыдущим исследованием по ассоциации Orion OB1, можно сделать следующие предварительные выводы:

- 1) не найдено магнитных звезд в более старом рассеянном скоплении Плеяды;
- 2) получено, что доля магнитных звезд и величина магнитного поля  $B_{rms}$  в кинематической группе Плеяд примерно соответствуют этим величинам в более старых подгруппах ассоциации 1a и 1c, но в три раза меньше, чем в самой молодой подгруппе 1b;
- 3) в группе Плеяд не найдено звезд, продольное магнитное поле которых превышало бы 2 кГс.

В данной работе мы самостоятельно не исследовали принадлежность звезд выборки к скоплению и к группировке, мы воспользовались литературными данными. Как показало проведенное нами исследование, лишь для некоторых звезд из нашего списка 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

При выполнении работы авторы пользовались базами данных NASA Astrophysics Data System (<https://ui.adsabs.harvard.edu/>), SIMBAD (<https://simbad.cds.unistra.fr/>), VizieR (<https://vizier.cds.unistra.fr/>), WEBDA (<https://webda.physics.muni.cz/>). 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

Обработка спектрального материала, магнитные измерения и анализ физических параметров были выполнены при финансировании Российского Научного Фонда (РНФ) № 21-12-00147. ИАЯ выражает благодарность проекту Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ) № 19-32-60007 за финансовую поддержку при проведении наблюдений.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H. A. Abt, H. Levato, and M. Grosso, *Astrophys. J.* **573** (1), 359 (2002).
2. S. J. Adelman, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **235**, 763 (1988).
3. S. J. Adelman, T. A. Ryabchikova, and E. S. Davydova, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **297** (1), 1 (1998).
4. A. Ahmed and T. A. A. Sigut, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **471** (3), 3398 (2017).
5. M. Aurière, G. A. Wade, F. Lignières, et al., *Astron. and Astrophys.* **523**, id. A40 (2010).
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 (1958a).
8. H. W. Babcock, *Astrophys. J.* **128**, 228 (1958b).
9. S. Bagnulo, L. Fossati, J. D. Landstreet, and C. Izzo, *Astron. and Astrophys.* **583**, id. A115 (2015).
10. S. Bagnulo, J. D. Landstreet, L. Fossati, and O. Kochukhov, *Astron. and Astrophys.* **538**, id. A129 (2012).
11. S. Bagnulo, J. D. Landstreet, E. Mason, V. Andretta, J. Silaj and G. A. Wade *Astron. and Astrophys.* **450** (2), 777 (2006).
12. S. Bagnulo, T. Szeifert, G. A. Wade, et al., *Astron. and Astrophys.* **389**, 191 (2002).
13. G. Bertelli, A. Bressan, C. Chiosi, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **106**, 275 (1994).
14. R. Bischoff, M. Mugrauer, T. Zehe, et al., *Astronomische Nachrichten* **338** (6), 671 (2017).
15. J. J. Bochanski, J. K. Faherty, J. Gagné, et al., *Astron. J.* **155** (4), article id. 149 (2018).
16. D. A. Bohlender, J. D. Landstreet, and I. B. Thompson, *Astron. and Astrophys.* **269**, 355 (1993).
17. E. F. Borra and J. D. Landstreet, *Astrophys. J. Suppl.* **42**, 421 (1980).
18. E. F. Borra, J. D. Landstreet, and A. H. Vaughan Jr., *Astrophys. J.* **185**, L145 (1973).
19. V. D. Bychkov, L. V. Bychkova, and J. Madej, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **394** (3), 1338 (2009).
20. A. G. A. Brown et al. (Gaia Collab.), *Astron. and Astrophys.* **650** C1 (2021).
21. G. Catanzaro and P. Leto, *Astron. and Astrophys.* **416**, 661 (2004).
22. G. A. Chountonov, *Astrophysical Bulletin* **71** (4), 489 (2016).
23. P. S. Conti, *Astrophys. J.* **160**, 1077 (1970).
24. P. S. Conti and S. E. Strom, *Astrophys. J.* **152**, 483 (1968).
25. T. J. David and L. A. Hillenbrand, *Astrophys. J.* **804** (2), article id. 146 (2015).
26. P. Didelon, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **55**, 69 (1984).
27. M. M. Dworetzky, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **191**, 521 (1980).
28. O. J. Eggen, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **87**, 37 (1975).
29. M. Gebran, W. Farah, F. Paletou, et al., *Astron. and Astrophys.* **589**, id. A83 (2016).
30. S. Ghazaryan and G. Alecian, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **460** (2), 1912 (2016).

31. S. Ghazaryan, G. Alecian, and A. A. Hakobyan, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **480** (3), 2953 (2018).
32. Y. V. Glagolevskij, *Astrophysical Bulletin* **74** (1), 66 (2019).
33. Y. V. Glagolevskij, V. D. Bychkov, I. I. Romanjuk, and N. M. Chunakova, *Astrofiz. Issled.: Izvestiya Spets. Astrofiz. Obs.* **19**, 28 (1985a).
34. Y. V. Glagolevskij and N. M. Chunakova, *Astrofiz. Issled.: Izvestiya Spets. Astrofiz. Obs.* **19**, 37 (1985).
35. Y. V. Glagolevskij, I. K. Iliev, I. K. Stateva, and G. A. Chountonov, *Astrophysics* **49** (4), 497 (2006).
36. Y. V. Glagolevskij, I. I. Romanyuk, V. D. Bychkov, and I. D. Najdenov, *Pis'ma Astron. Zh.* **11**, 107 (1985b).
37. G. A. Gontcharov, *Astronomy Letters* **38** (12), 771 (2012).
38. M. A. T. Groenewegen, L. Decin, M. Salaris, and P. De Cat, *Astron. and Astrophys.* **463** (2), 579 (2007).
39. J. Gutiérrez-Soto, M. Floquet, R. Samadi, et al., *Astron. and Astrophys.* **506** (1), 133 (2009).
40. D. Hoffleit and C. Jaschek, *VizieR Online Data Catalog: Bright Star Catalogue*, 5th ed. (New Haven, Conn.: Yale University Observatory, 1991).
41. W. Huang, D. R. Gies, and M. V. McSwain, *Astrophys. J.* **722** (1), 605 (2010).
42. S. Hubrig, J. F. González, I. Ilyin, et al., *Astron. and Astrophys.* **547**, id. A90 (2012).
43. S. Hubrig, P. North, M. Schöller, and G. Mathys, *Astronomische Nachrichten* **327**, 289 (2006).
44. M. Jaschek and D. Egret, *IAU Symp.*, **98**, 261 (1982).
45. V. G. Klochkova and I. M. Kopylov, *Sov. Astron.* **29**, 51 (1985).
46. O. Kochukhov, S. J. Adelman, A. F. Gulliver, and N. Piskunov, *Nature Physics* **3** (8), 526 (2007).
47. O. Kochukhov and S. Bagnulo, *Astron. and Astrophys.* **450** (2), 763 (2006).
48. O. Kochukhov, V. Khalack, O. Kobzar, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **506** (4), 5328 (2021).
49. O. Kochukhov, A. Lundin, I. Romanyuk, and D. Kudryavtsev, *Astrophys. J.* **726** (1), article id. 24 (2011a).
50. O. Kochukhov, V. Makaganiuk, N. Piskunov, et al., *Astron. and Astrophys.* **534**, id. L13 (2011b).
51. I. M. Kopylov, *Astrofiz. Issled.: Izvestiya Spets. Astrofiz. Obs.* **24**, 44 (1987).
52. D. O. Kudryavtsev, I. I. Romanyuk, V. G. Elkin, and E. Paunzen, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **372** (4), 1804 (2006).
53. J. D. Landstreet, S. Bagnulo, V. Andretta, et al., *Astron. and Astrophys.* **470** (2), 685 (2007).
54. J. D. Landstreet, E. F. Borra, J. R. P. Angel, and R. M. E. Illing, *Astrophys. J.* **201**, 624 (1975).
55. J. L. Leroy, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **114**, 79 (1995).
56. Ł. Lipski and K. Stępień, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **385** (1), 481 (2008).
57. V. Makaganiuk, O. Kochukhov, N. Piskunov, et al., *Astron. and Astrophys.* **525**, id. A97 (2011).
58. G. Mathys, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **89**, 121 (1991).
59. I. McDonald, A. A. Zijlstra, and R. A. Watson, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **471** (1), 770 (2017).
60. A. V. Moiseeva, I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, et al., *Astrophysical Bulletin* **74** (1), 62 (2019).
61. E. L. Nielsen, R. J. De Rosa, B. Macintosh, et al., *Astron. J.* **158** (1), article id. 13 (2019).
62. F. Paletou, T. Böhm, V. Watson, and J. F. Trouilhet, *Astron. and Astrophys.* **573**, id. A67 (2015).
63. V. E. Panchuk, G. A. Chuntunov, and I. D. Naidenov, *Astrophysical Bulletin* **69** (3), 339 (2014).
64. E. Paunzen, Z. Mikulášek, R. Poleski, et al., *Astron. and Astrophys.* **556**, id. A12 (2013a).
65. E. Paunzen, J. Supíková, K. Bernhard, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **504** (3), 3758 (2021).
66. E. Paunzen, K. T. Wraight, L. Fossati, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **429** (1), 119 (2013b).
67. P. Renson and F. A. Catalano, *Astron. and Astrophys.* **378**, 113 (2001).
68. P. Renson and J. Manfroid, *Astron. and Astrophys.* **498** (3), 961 (2009).
69. G. H. Rieke, K. Y. L. Su, J. A. Stansberry, et al., *Astrophys. J.* **620** (2), 1010 (2005).
70. A. M. Romanovskaya, D. V. Shulyak, T. A. Ryabchikova, and T. M. Sitnova, *Astron. and Astrophys.* **655**, id. A106 (2021).
71. I. I. Romanyuk, A. V. Moiseeva, E. A. Semenko, et al., *Astrophysical Bulletin* **75** (3), 294 (2020).
72. I. I. Romanyuk, A. V. Moiseeva, E. A. Semenko, et al., *Astrophysical Bulletin* **77** (1), 94 (2022a).
73. I. I. Romanyuk, A. V. Moiseeva, E. A. Semenko, et al., *Astrophysical Bulletin* **77** (3), 271 (2022b).
74. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **70** (4), 444 (2015).
75. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, D. O. Kudryavtsev, and A. V. Moiseeva, *Astrophysical Bulletin* **71** (3), 302 (2016).
76. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, D. O. Kudryavtsev, et al., *Astrophysical Bulletin* **72** (4), 391 (2017).
77. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **73** (2), 178 (2018).
78. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **74** (1), 55 (2019).
79. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **76** (1), 39 (2021a).
80. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **76** (2), 163 (2021b).
81. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, I. A. Yakunin, and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **68** (3), 300 (2013).
82. F. Royer, S. Grenier, M. O. Baylac, et al., *Astron. and Astrophys.* **393**, 897 (2002).
83. T. Ryabchikova, *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso* **27** (3), 319 (1998).
84. T. A. Ryabchikova, V. P. Malanushenko, and S. J. Adelman, *Astron. and Astrophys.* **351**, 963 (1999).
85. T. A. Ryabchikova, L. A. Zakharova, and S. J. Adelman, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **283** (4), 1115 (1996).

86. C. Saffe and H. Levato, *Astron. and Astrophys.* **562**, id. A128 (2014).
87. M. Schöller, S. Correia, S. Hubrig, and N. Ageorges, *Astron. and Astrophys.* **522**, id. A85 (2010).
88. E. Semenko, I. Romanyuk, I. Yakunin, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **515** (1), 998 (2022).
89. E. A. Semenko, I. I. Romanyuk, D. O. Kudryavtsev, and I. A. Yakunin, *Astrophysical Bulletin* **69** (2), 191 (2014).
90. S. L. S. Shorlin, G. A. Wade, J. F. Donati, et al., *Astron. and Astrophys.* **392**, 637 (2002).
91. M. E. Shultz, S. P. Owocki, A. ud-Doula, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **513** (1), 1429 (2022).
92. J. Sikora, G. A. Wade, J. Power, and C. Neiner, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **483** (3), 3127 (2019).
93. C. Soubiran, J. F. Le Campion, G. Cayrel de Strobel, and A. Caillo, *Astron. and Astrophys.* **515**, id. A111 (2010).
94. J. Southworth, *ASP Conf. Ser.* **496**, 164 (2015).
95. K. Stepień and L. Lipski, *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso* **38** (2), 353 (2008).
96. D. W. N. Stibbs, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **110**, 395 (1950).
97. N. Tetzlaff, R. Neuhauser, and M. M. Hohle, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **410** (1), 190 (2011).
98. G. P. Topil'skaya, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **36**, 52 (1993).
99. G. Torres, D. W. Latham, and S. N. Quinn, *Astrophys. J.* **921** (2), id. 117 (2021).
100. V. V. Tsymbal, O. P. Kotchukhov, V. L. Khokhlova, and D. L. Lambert, *Astronomy Letters* **24** (1), 90 (1998).
101. C. Turon, M. Creze, D. Egret, et al., *Bulletin d'Information du Centre de Donnees Stellaires* **43**, 5 (1993).
102. G. A. Wade, M. Aurière, S. Bagnulo, et al., *Astron. and Astrophys.* **451** (1), 293 (2006).
103. T. N. G. Westin, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **60**, 99 (1985).
104. S. C. Wolff and G. W. Preston, *Astrophys. J. Suppl.* **37**, 371 (1978).
105. C. E. Worley and G. G. Douglass, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **125**, 523 (1997).
106. K. T. Wraight, L. Fossati, M. Netopil, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **420** (1), 757 (2012).

## Magnetic Stars in Clusters of Different Ages.

### I. The Pleiades Open Cluster and the Pleiades Kinematic Group

I. I. Romanyuk<sup>1</sup>, A. V. Moiseeva<sup>1</sup>, I. A. Yakunin<sup>1,2</sup>, V. N. Aitov<sup>1</sup>, and E. A. Semenko<sup>1,3</sup>

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

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University, Saint Petersburg 199034, Russia

<sup>3</sup>National Astronomical Research Institute of Thailand, Mae Rim, Chiang Mai 50180, Thailand

The paper presents the results of searching and studying magnetic field of 4 chemically peculiar stars in the Pleiades open cluster and 21 CP stars in the kinematic group of the same name. Observations were carried out at the 6-m BTA SAO RAS telescope with a circular polarization analyzer. Four stars with anomalously strong silicon lines were previously specified in the Pleiades cluster. We did not find a magnetic field in any of them. The Pleiades group contains seven non-magnetic HgMn stars and 14 potentially magnetic Ap/Bp stars of various types. We detected or confirmed magnetic field in eight objects. The fraction of magnetic CP stars is 57% relative to Ap/Bp. Not a single object was found in the group, in which the longitudinal magnetic field  $B_e$  would exceed 2 kG.

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