

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НА КОНКУРС им. И.М. Копылова

Романюк И.И., Семенко Е.А., Моисеева А.В., Якунин И.А., Кудрявцев Д.О.

Магнитные поля химически пекулярных звезд в ассоциации в Орионе

Цикл из 4-х работ

Иван Михеевич Копылов в последний период своей работы в САО вместе с В.Г. Клочковой выполнил большой цикл работ по изучению магнитных химически пекулярных звезд в скоплениях разного возраста.

После почти 40-летнего перерыва мы возобновляем эту работу, но уже на новом уровне, используя новые инструментальные возможности.

В представляемом цикле статья 1 (2013 года) - постановочная. В ней выделены 85 химически пекулярных звезд в ассоциации в Орионе и предлагается программа исследований.

В статьях 2 (2019 г) и 3 - 4 (2021 г) представлены полные результаты измерений всех выделенных нами магнитных звезд в ассоциации. Исследования продолжались около 10 лет.

Главный результат работы - в ассоциации найдено быстрое падение с возрастом доли магнитных звезд относительно нормальных и падение величины их магнитного поля

Все наблюдения были выполнены на 6м телескопе, получено и обработано более 600 спектров с зеемановским анализатором.

Кроме магнитного поля были получены сведения о лучевых скоростях и проекциях скоростей вращения на луч зрения.

Ром

И.И. Романюк

Согласны:

Ром - И.И. Романюк

ЕА - Е.А. Семенко

АВ - А.В. Моисеева

ИА - И.А. Якунин

ДЮ - Д.О. Кудрявцев

СПРАВКА

о месте работы и проживании участников заявки на конкурс
им. И.М. Копылова

1. Романюк Иосиф Иванович - зав. лабораторией САО РАН
 пос. Нижний Архыз, дом 2 кв. 79
2. Семенко Евгений Алексеевич - старший научный сотрудник САО РАН
 пос. Нижний Архыз, дом 3 кв 84
3. Моисеева Анастасия Валерьевна - научный сотрудник САО РАН
 пос. НИжний Архыз, дом 5 кв. 17
4. Якунин Илья Андреевич - научный сотрудник САО РАН по совместительству
 пос. НИжний Архыз, дом 5 кв 8
5. Кудрявцев Дмитрий Олегович - и.о. Старшего научного сотрудника САО РАН
 пос. НИжний Архыз, дом 3, кв. 59



УДК 524.423; 524.35-32

ХИМИЧЕСКИ ПЕКУЛЯРНЫЕ ЗВЕЗДЫ В АССОЦИАЦИИ ОРИОН ОВ1. I. ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ, ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И КИНЕМАТИКА

© 2013 И. И. Романюк, Е. А. Семенко, И. А. Якунин, Д. О. Кудрявцев

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 15 апреля 2013 года; принята в печать 18 мая 2013 года

В работе выделено 85 СР-звезд разных типов из 814 объектов, членов ассоциации Орион ОВ1. Доля СР-звезд уменьшается с возрастом для разных подгрупп скопления: от 15.1% в самой молодой подгруппе (b) до 7.7% в самой старой (a). Приведены комментарии ко всем 85 звездам, в которых анализируются физические параметры каждого объекта и расстояния до них. Мы нашли, что все 23 обнаруженным нами Ап-звезды находятся на удалении от 100 до 300 пк и, видимо, не являются членами ассоциации Орион ОВ1. Это объекты переднего плана. Нами выделено 59 Вр-звезд, что составляет 13.4% общего количества В-звезд ассоциации. Мы показали, что доля пекулярных В-звезд в ассоциации Орион ОВ1 в два раза превышает долю пекулярных А-звезд. Эта же закономерность справедлива и для объектов поля. В ассоциации насчитывается 22 магнитные звезды, из которых 21 Вр-звезда и только одна Ар-звезда. Семнадцать из них — это объекты с аномальными линиями гелия. Магнитные звезды имеют ярко выраженную тенденцию концентрироваться в центральной области ассоциации (в поясе Ориона), где сосредоточена большая часть из них. Не обнаружено значимых различий в величине поля магнитных В-звезд ассоциации и Вр-звезд поля в целом, хотя заметна тенденция — поля звезд с усиленными линиями гелия (He-rich) больше, чем у звезд с ослабленными линиями гелия (He-weak). Мы выделили 17 двойных, что составляет 20% от общего количества исследованных пекулярных звезд, такое отношение является стандартным для СР-звезд. За исключением одной ртутно-марганцевой двойной звезды (HD 35548), лучевые скорости и собственные движения выделенных нами объектов соответствуют указанным параметрам нормальных В-звезд.

Ключевые слова: *звезды: химически пекулярные—рассеянные скопления и ассоциации: индивидуальные: Орион ОВ1*

1. ВВЕДЕНИЕ

В созвездии Ориона находится одна из наиболее популярных группировок звезд ранних типов в окрестности Солнца, получившая название ассоциации Орион ОВ1. Термин “звездные ассоциации” ввел Амбарцумян [1], который описал их как очень молодые концентрированные группировки звезд, которые еще не успели “разбежаться” от места их формирования. Настоящей работой мы открываем цикл исследований химически пекулярных звезд в ассоциации Орион ОВ1.

Ассоциация в Орионе находится примерно на расстоянии 400 пк от Солнца и лежит ниже галактической плоскости (на галактической широте b от -5° до -25° , поэтому межзвездное поглощение и покраснение звезд в Орионе невелики: $A_V = 0^m3$, $E(B - V) = 0^m06$ (данные взяты из работы Ключевой [2]).

Три ярких звезды образуют так называемый пояс Ориона, на несколько градусов южнее пояса

невооруженным глазом видно туманное пятно. Это Туманность Ориона, состоящая из светящегося газа. В центре туманности расположены четыре ярких звезды, образующие трапецию. Трапеция Ориона посвящена монография Э. А. Витриченко [3], данные из которой мы будем использовать в нашем исследовании.

Первый список 526 звезд ассоциации приведен в фундаментальной работе Уоррена и Хессера [4]. В этой и последующих двух объемных работах этих авторов [5, 6] продемонстрированы результаты их фотометрических наблюдений, собраны многочисленные сведения по астрометрии, фотометрии и спектроскопии, выполнен детальный анализ всей совокупности данных, в результате чего для каждой звезды оценена вероятность её принадлежности к ассоциации по трем различным критериям.

Внутри ассоциации Блау [7] выделил четыре области — подгруппы (a), (b), (c), (d) — несколько отличающиеся по своему возрасту и звездному

составу. Карта с разделением ассоциации Ог1 ОВ1 на подгруппы приведена в указанной выше работе Уоррена и Хессера [4]. Из неё следует, что подгруппа (a) относится к северной части ассоциации, подгруппа (b) — это пояс Ориона, (c) — область южнее пояса Ориона. Область (d) очень компактная и относится к центральной части ассоциации.

Согласно Ключковой [2], самая старая и протяженная подгруппа (a) имеет угловой размер около 6° , что на расстоянии 400 пк соответствует 50 пк; самая горячая звезда в подгруппе В0.5. Аналогичные характеристики для остальных подгрупп: (b) — 25 пк ($2^\circ 5'$), О9; (c) — 15 пк ($1^\circ 9'$), О9, (d) — 2 пк ($0^\circ 2'$), О6.

Подгруппа (d) пространственно и, видимо, генетически связана с Туманностью Ориона, звёздами Трапеции, Южным молекулярным облаком. Для этой центральной подгруппы ассоциации характерно значительное поглощение, из-за чего избытки цвета достигают одной звёздной величины.

Модуль расстояния и возраст каждой из подгрупп определялся неоднократно в основном методами фотометрии, так как выполнить спектроскопические наблюдения с относительно высоким разрешением для большой группы объектов технически весьма затруднительно. В тех случаях, когда имеются и спектральные и фотометрические данные, видим значительный разброс полученных параметров. Поэтому можно сделать заключение, что абсолютные величины и возраст звёзд ассоциации определены ещё очень неточно.

Отметим, что в последние годы получены новые результаты по определению точных расстояний до отдельных группировок, входящих в ассоциацию. Например, в работе [8] показано, что расстояние до скопления Туманности Ориона (ОНС) составляет 414 ± 7 пк. В это скопление входит примерно 3500 звёзд с возрастом менее 2 млн лет. Расстояние было найдено путем измерений тригонометрических параллаксов с интерферометром со сверхдлинной базой (VLBI).

В работе [9] на основании наблюдений методом спекл-интерферометрии построена высокоточная абсолютная орбита известной звезды θ^1 Ог1 С, что позволило надежно определить расстояние до объекта $d = 434$ пк. Но, такие точные расстояния получены только для очень ограниченного количества членов ассоциации.

Большинство объектов в ассоциации Ог1 ОВ1 — это нормальные горячие звёзды Главной последовательности (ГП), однако её членами являются также ещё не дошедшие до ГП объекты типа Ae/Be Хербига, Т Тельца и разного вида аномальные (пекулярные) звёзды. Самые молодые объекты найдены в областях Becklin-Neugebauer/Kleiman-Low (BN/KL) [8]. BN/KL — наиболее плотная

часть Молекулярного Облака I в Орионе, которое находится в нескольких парсеках позади ОНС. Даже очень краткий обзор данных, проделанный выше показывает насколько сложна и многообразна структура ассоциации Ог1 ОВ1.

Но наша цель — выделение и исследование химически пекулярных (СР) звёзд в ассоциации. СР-звёзды отличаются от нормальных аномальным химическим составом, проявляющимся в спектре в усилении или ослаблении линий определенных элементов. Детальнее о СР-звёздах можно прочитать, например, в обзоре [10]. Здесь отметим лишь, что все СР-звёзды можно разделить на две группы: 1) магнитные Ар/Вр-звёзды и 2) немагнитные Ам и ртутно-марганцевые звёзды. Наиболее подробный каталог СР-звёзд составлен Ренсоном и Манфруа [11], в нём насчитывается более 8200 объектов.

Абт [12] первым изучил частоту встречаемости Ар-звёзд в рассеянных скоплениях. Он нашёл, что доля Ар-звёзд среди более старых звёзд поля растёт по сравнению с долей указанных объектов в более молодых скоплениях. Однако, он не обнаружил значимой разницы между частотой встречаемости Ам-звёзд в скоплениях и в поле.

Из более поздних крупных работ отметим исследование Ключковой и Копылова [13]. Проанализировав обширный наблюдательный материал, полученный на БТА, они показали, что зависимости частоты встречаемости СР-звёзд от возраста скопления не наблюдается. Доля СР-звёзд в скоплениях разного возраста и в поле значимо не различается.

За последние четверть века проведено много новых наблюдений СР-звёзд, поэтому возникает необходимость в новом анализе полученных данных. Наша цель — подробное исследование массивных химически пекулярных и магнитных звёзд ассоциации Ог1 ОВ1 с использованием всех доступных данных. Основные работы по указанной теме и их анализ представлены в обзоре Романюка и Якунина [14].

2. ВЫДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИ ПЕКУЛЯРНЫХ ЗВЁЗД В АССОЦИАЦИИ

2.1. Общие замечания

Группировки горячих звёзд в ассоциации Ог1 ОВ1 многократно привлекали к себе внимание. Остановимся здесь кратко лишь на вопросах, связанных с химически пекулярными звёздами, в частности магнитными полями этих объектов.

Борра и Ландстрит [15] открыли очень сильные магнитные поля у группы В-звёзд с усиленными линиями гелия в молодых скоплениях в Орионе.

Таблица 1. Модуль расстояния и возраст звёзд в ассоциации по данным Клочковой [2]

Подгруппа	$V - M_V, \text{mag}$	$\log t$
Ori OB1a	7.79	7.27
Ori OB1b	7.91	6.65
Ori OB1c	7.72	6.42
Ori OB1d	7.76	6.66

История вопроса и способы выделения пекулярных звёзд изложены в их работе. Таким образом было положено начало изучению магнетизма молодых массивных звёзд. Заметим, что первооткрыватель звёздного магнетизма Г. Бэбкок мог изучать только Ар-звёзды с многочисленными узкими и резкими линиями. Фотографическая методика Бэбкока [16] не позволяла обнаруживать поля быстрых горячих ротаторов.

Считаем также необходимым отметить здесь, что на 6-м телескопе в восьмидесятые годы прошлого века под руководством И. М. Копылова была выполнена обширная программа по изучению пекулярных звёзд в группировках разного возраста. Её результаты суммированы в работах Копылова [17] и Клочковой [18]. В рамках этой программы Клочкова [2] выполнила спектроскопию 24 химически пекулярных звёзд в ассоциации Ori OB1, используя фотографические спектры, полученные на Основном звездном спектрографе БТА. Она определила модуль расстояния и возраст подгрупп, которые приведены в Таблице 1.

Запуск астрометрического спутника Hipparcos практически не повлиял на точность определения расстояний до объектов в ассоциации Ori OB1. Как видим из Таблицы 1, средний модуль расстояния составляет около $7^m 80$ (соответствует удалению 370 пк), а, как показал опыт обработки наблюдений Hipparcos, надёжные расстояния по данным этого спутника можно определить, если они не превышают 300 пк.

Новый этап в исследованиях звёздного населения ассоциации Ori OB1 связан с работой Брауна и др. [19]. В ней представлены результаты фотометрии в системе Вальравена всех установленных и заподозренных членов ассоциации. Для всех 814 звёзд с использованием моделей атмосфер Куруча были определены эффективные температуры, ускорения силы тяжести, светимости, массы. Определены также модули расстояния и визуальная экстинкция. Показано, что ближний край облаков в ассоциации Ori OB1 находится на расстоянии порядка 320 пк, а дальний — порядка 500 пк.

Таблица 2. Модуль расстояния и возраст звёзд в ассоциации по данным Брауна и др. [19]

Подгруппа	$V - M_V, \text{mag}$	$\log t$
Ori OB1a	7.9	7.05
Ori OB1b	7.8	6.23
Ori OB1c	8.0	6.66
Ori OB1d	7.9	< 6.00

Среди 814 звёзд, приведенных в работе [19], чуть больше 400 находятся также и в таблицах работы Уоррена и Хессера [4], причем около 100 объектов из неё не включены в более поздний список Брауна и др. [19]. Как правило, это звёзды F–G разного типа, принадлежность которых к молодой ассоциации во многих случаях выглядела сомнительной.

Мы находим, что в работе [19] приведён наиболее полный к настоящему времени и надёжный список объектов из членов ассоциации Ori OB1, поэтому решили выделять химически пекулярные звёзды из указанных выше 814 объектов.

При анализе большого массива наблюдений важно решить, данным каких авторов отдать предпочтение. Как мы выше уже писали, имеются очень большие различия в физических параметрах и возрастах звёзд, определённых разными методами и разными авторами, что создаёт существенные затруднения при анализе данных. В качестве примера, демонстрирующего указанные различия, приведём в Таблице 2 модули расстояний $V - M_V$ и возраста $\log t$ из работы [19] и сравним с результатами работы [2], приведёнными в Таблице 1.

Видим, что имеется общее согласие — подгруппа (a) состоит из наиболее старых звёзд ассоциации. Но, в отличие от Клочковой [2], Браун и др. [19] предполагают, что самыми молодыми звёздами являются звёзды подгрупп (b) и (d). Кроме того, возраст всех подгрупп в [19] систематически меньше, чем в [2]. Отметим, что подгруппа (c) в работе [19] значительно объёмнее по количеству звёзд, чем у Уоррена и Хессера [4], а именно на данных последних авторов основана работа Клочковой [2]. Различия в возрасте объектов подгруппы (c) могут быть вызваны также и этим обстоятельством.

Мы здесь не делаем анализа, оценки каких авторов представляются более надёжными. Но поскольку в нашей работе мы используем эффективные температуры, светимости и другие параметры, найденные Брауном и др. [19], то примем также и вытекающие из них оценки возраста подгрупп.

Принадлежность объектов к скоплению — это специальный вопрос, и он подробно обсуждается

в работах [4, 19]. Звёзды выделяются по собственному движению, лучевой скорости, модулю расстояния. В то время как собственные движения и лучевые скорости определяются непосредственно из наблюдений и поэтому точны, модуль расстояния требует знания температуры и светимости звезды, которые находятся косвенным образом, и на результаты их определения могут влиять разные плохо учитываемые причины.

На Рис. 1 представлены гистограммы распределения по удаленности от Солнца 814 звёзд ассоциации Ori OB1 из списка [19]. Расстояния r были определены стандартным способом по известной формуле,

$$V - M_V = 5 \log r - 5 + A_V, \quad (A1)$$

где V — визуальная звёздная величина, M_V — абсолютная звёздная величина в полосе V , A_V — межзвёздное (или околозвёздное) поглощение в полосе V в направлении на звезду. Указанные данные взяты из работы [19].

Из Рис. 1 видим, что имеется достаточно большое количество звёзд, расположенных ближе 300 пк, вне пределов облаков ассоциации. Для горячих звёзд это не так заметно, но для звёзд с эффективными температурами менее 10 000 К 217 объектов из 375 (57.9%) находятся на расстоянии ближе 300 пк и, тем самым, являются объектами переднего перед облаками плана. Количество звёзд, расположенных дальше 500 пк, несущественно.

Для определённости будем считать объекты, находящиеся на расстояниях ближе 300 пк, звёздами переднего плана, проецирующимися на ассоциацию. Но, на наш взгляд, вопрос о ближней границе ассоциации нуждается в более тщательном изучении.

Примерно для 2/3 объектов из списка Брауна и др. [19] измерены параллаксы. Наш анализ показывает, что среди холодных звёзд выборки имеется относительно большое количество объектов с большими параллаксами, указывающими на то, что они являются звёздами переднего плана.

Прежде чем рассматривать химически пекулярные звёзды в ассоциации Ori OB1, посмотрим, как соотносятся между собой расстояния до объектов в ней, вычисленные по параллаксам Hipparcos [20] и определённые по данным, взятым из работы [19]. Для сравнения имеет смысл выбирать только звёзды с наибольшими параллаксами, иначе расстояние по ним будет определено очень неточно.

Судя по Рис. 1, мы имеем основания предполагать, что наиболее холодные звёзды ассоциации одновременно являются и самыми близкими к Солнцу. Поэтому мы выделили из общего списка работы [19] объекты с эффективной температурой

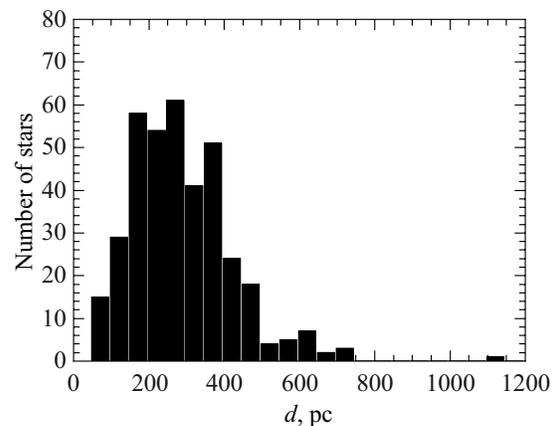
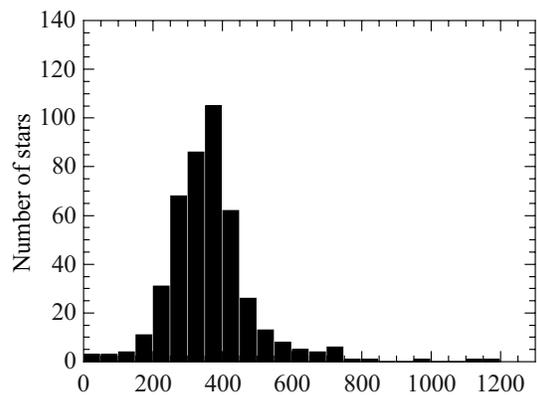
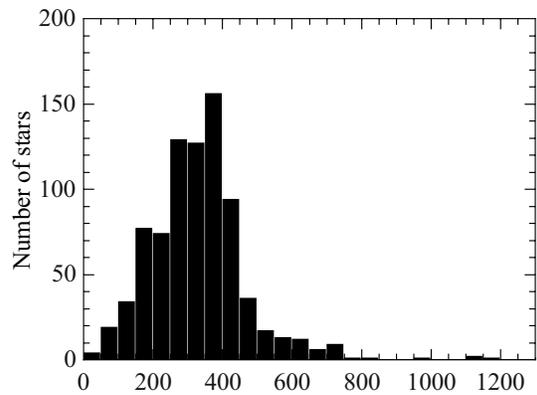


Рис. 1. Распределения звёзд ассоциации по расстоянию. Верхняя гистограмма для всех звёзд выборки, средняя — для звёзд с $T_{\text{eff}} > 10\,000$ К, нижняя — для звёзд с $T_{\text{eff}} < 10\,000$ К.

T_{eff} не выше 9000 К и выбрали те из них, для которых были измерены параллаксы. Боллометрические поправки для звёзд с T_{eff} от 8000 К до 9000 К близки к нулю, поэтому мы их не учитывали.

Результаты нашего сравнения помещены в Таблице 3. Если не указано другое, то здесь и в следующих таблицах физические параметры звёзд взяты из работы [19]. В столбцах Таблицы 3 приведены: название звезды, $\log T_{\text{eff}}$ — эффективная темпе-

Таблица 3. Расстояния до холодных звёзд ассоциации

Звезда	$\log T_{\text{eff}}$	$V - M_V$, mag	$d(\text{phys})$, пк	π , mas	$d(\text{par})$, пк
HD 30978	3.88	6.23	180	3.74	270
HD 32262	3.90	6.19	180	3.16	320
HD 34370	3.88	4.78	90	9.45	110
HD 34429	3.89	5.19	110	5.73	170
HD 34550	3.88	4.82	90	6.83	150
HD 34888	3.89	5.26	110	8.00	125
HD 35333	3.90	6.08	170	1.98	500
HD 35913	3.89	6.18	180	4.88	210
HD 35929	3.88	4.89	95	2.78	360
HD 36017	3.89	6.49	200	3.75	270
HD 36089	3.87	6.36	190	6.60	150
HD 36121	3.90	6.36	190	3.65	270
HD 36269	3.90	6.41	190	4.71	210
HD 36286	3.90	6.55	200	2.68	370
HD 36808	3.88	7.00	250	3.59	280
HD 36823	3.90	5.03	100	9.90	100
HD 36934	3.88	6.08	170	3.52	280
HD 36961	3.89	5.73	140	5.45	180
HD 37077	3.89	4.03	75	9.07	110
HD 37374	3.90	6.36	190	5.28	190
HD 37543	3.88	6.98	250	4.28	230
HD 37805	3.90	4.71	90	12.12	80
HD 37904	3.88	3.85	60	12.39	80
HD 38193	3.90	6.95	240	2.83	350
HD 38866	3.88	4.84	95	10.83	95
HD 40373	3.87	5.53	130	8.43	120
HD 40617	3.85	7.51	320	2.73	370
HD 41470	3.90	5.78	140	4.33	230
HD 42206	3.89	7.46	320	1.04	960
HD 245897	3.90	7.08	250	2.11	470
BD -01°781	3.87	8.32	480	1.25	800
BD -06°1184	3.87	7.03	250	3.58	280
BD -10°1214	3.88	7.23	280	2.30	430

ратура, $V - M_V$ — модуль расстояния с учетом межзвёздного поглощения (в звёздных величинах), $d(\text{phys})$ — расстояние до звезды в парсеках, определенное по модулю расстояния, π — параллакс, в угловых миллисекундах дуги по данным Hipparcos, $d(\text{par})$ — расстояние, определённое по параллаксу в парсеках.

Результаты сравнения расстояний по холодным звёздам показаны на Рис. 2. Анализируя Рис. 2 видим, что данными Hipparcos для определения расстояний можно пользоваться только если изучаемые объекты находятся ближе 250 пк. Отметим также, что, как правило, расстояния, определённые по параллаксу, завышены по сравнению с определёнными по физическим параметрам. В нашем случае такая закономерность имеет место для 27 звёзд из 33-х, представленных в Таблице 3.

В данной работе мы не будем рассматривать причины такого систематического различия, это предмет будущего анализа. Возможно, определения температур и других физических параметров, полученные на основе многоцветной фотометрии, по крайней мере для холодных звёзд содержат систематические отклонения, которые могут зависеть от температуры звезды.

Несмотря на это обстоятельство в данной работе основным способом определения расстояния до CP-звёзд в Орионе будет использование физических параметров, взятых из работы [19]. Данные Hipparcos мы также будем использовать, но они будут играть вспомогательную роль.

На среднем расстоянии до ассоциации Ori OB1 400 пк и при малом межзвёздном поглощении звезда с абсолютной визуальной величиной $M_V = +3$ (даже самые холодные Am-звёзды имеют большую светимость) будет иметь визуальный блеск $V = 11^m$. Это значит, что химически пекулярные звёзды всех типов (кроме редких случаев нахождения объекта в очень плотном облаке) являются заведомо ярче 11^m . А все более горячие Bp-звёзды, принадлежащие ассоциации, ярче $8-9^m$.

Как мы видели выше в Таблицах 1 и 2, возраст разных подгрупп ассоциации Ori OB1 составляет от 1 до 20 млн лет, поэтому не приходится ожидать наличия в них маломассивных звёзд — они в своей эволюции ещё не вышли на Главную последовательность. По-видимому, маломассивные звёзды принадлежат переднему фону. А большинство CP-звёзд ассоциации — это массивные Bp-звёзды, видимые как объекты 7–9 визуальной звёздной величины. Спектральная классификация таких объектов выполнялась неоднократно, параметры атмосфер определены надёжно.

2.2. Химически пекулярные звёзды в направлении ассоциации Ог1 ОВ1

2.2.1. Критерии выделения

Мы решили выделить химически пекулярные звёзды из 814 звёзд ассоциации Ог1 ОВ1, включенных в список Брауна и др. [19]. Критерием того, что звезда является пекулярной, мы примем её наличие в каталоге Ренсона и Манфруа [11].

Имеются отдельные работы, в которых изучаются СР-звёзды ассоциации Ог1 ОВ1, не представленные в каталоге [11]. Например, три молодые ртутно-марганцевые звезды в изучаемой нами ассоциации открыли Вульф и Ламберт [21]. В работе указывается, что Ог1 ОВ1 является наиболее молодым скоплением, в котором обнаружены ртутно-марганцевые звёзды. Видимо, результат нуждается в подтверждении, так как указанные три объекта не приведены в каталоге [11]. Поэтому мы не включили их в наш дальнейший анализ, так как это нарушило бы однородность критериев отбора пекулярных звёзд в нашей работе.

Мы считаем, что полнота нашей выборки СР-звёзд в Орионе, включающая объекты до $V = 10^m$, достаточная. Аномалии, на основании которых делается заключение о пекулярности звезды, хорошо видны даже при визуальном просмотре спектров, поэтому вероятность случайного пропуска СР-звёзд небольшая.

Впервые спектральная классификация звёзд ярче 10^m , позволяющая выделить Ар-звёзды, была выполнена Антонией Маури еще в 1898 г. при составлении спектрального каталога HD. За прошедшие 115 лет было проведено несколько фотометрических и спектральных обзоров неба, позволивших уверенно классифицировать все типы химически пекулярных звёзд, поэтому можно считать, что в нашей выборке ярких звёзд в Орионе может быть пропущено лишь незначительное количество объектов. Химически пекулярные звёзды слабее 10^m (не находящиеся в очень плотных облаках) — это далёкие объекты, не входящие в ассоциацию Ог1 ОВ1. Некоторые проблемы могут возникнуть при фотометрической классификации звёзд. Можно не отличить аномалий континуума, характерных для СР-звёзд, от эмиссий или других особенностей, влияющих на спектр, и, тем самым, ложным образом классифицировать звезду как химически пекулярную. Но фотометрическая классификация применяется при изучении очень слабых звёзд в далеких скоплениях, а звёзды ярче 10^m , как правило, классифицированы по спектрам.

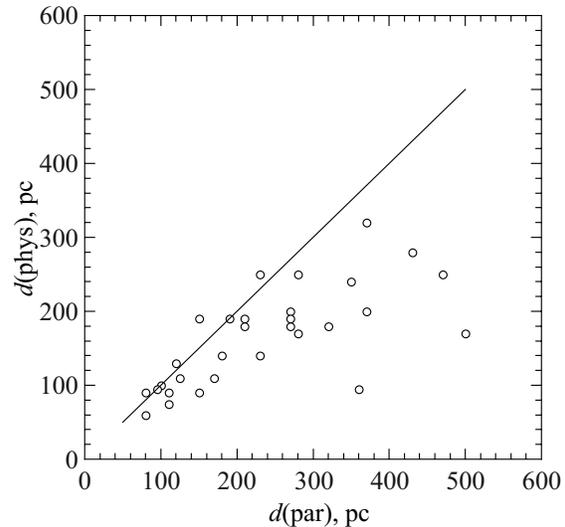


Рис. 2. Сравнение расстояний до холодных звёзд, проецирующихся на ассоциацию.

2.2.2. Список СР-звёзд, выделенных в направлении ассоциации Ог1 ОВ1

Используя работы [19] и [11], мы выделили 85 СР-звёзд в направлении ассоциации Ог1 ОВ1. Они представлены в Таблицах 4 и 5. Основная часть из них (59 объектов) — это Вр-звёзды, но, кроме того, мы нашли 23 Ам и 3 Ар-звёзды.

Для разных оценок, которые мы предпримем в этой работе, полезно иметь в виду, что на расстоянии 400 пк один градус в картинной плоскости примерно соответствует расстоянию 7 пк.

В Таблице 4 приведены параметры, характеризующие пространственное распределение и кинематику СР-звёзд, а в Таблице 5 — их физические параметры. Звёзды расположены в порядке возрастания номеров по каталогу HD. Рассмотрим вначале пространственное распределение и кинематику СР-звёзд в Орионе.

В столбцах Таблицы 4 приведены: номер звезды по каталогу HD; номер звезды по каталогу Ренсона и Манфруа [11]; принадлежность к подгруппе (согласно [4], если имеется, или [19]); галактические координаты l , b в градусах, собственные движения μ_α , μ_δ в миллисекундах дуги в год; параллакс π в миллисекундах дуги; лучевая скорость V_r в км/с, взята из базы данных SIMBAD; определенное нами расстояние до звезды d в парсеках. Способ получения этой величины будет описан ниже. Видим, что данные о параллаксах имеются для 58 звёзд (68% от всех) и о лучевых скоростях для 52 звёзд (61% от всех).

Как правило, для звёзд, расположенных ближе 250 пк, для определения расстояний до них взяты

Таблица 4. Пространственное распределение и кинематика CP-звезд в ассоциации Ori OB1

HD	Renston	Subgroup	$l, b,$ deg	$\mu_\alpha, \mu_\delta,$ mas/year	$\pi,$ mas	$d,$ пк	$V_r,$ км/с
32262	8218	a	197.708 –23.104	–6.40 –11.73	3.16	230	
33647	8580	a	200.479 –21.785	+6.25 +0.83	2.54	350	+20.1
33917	8560	a	203.679 –22.927	–2.16 –0.30	4.91	400	
34317	8730	a	199.811 –19.991	–11.64 –6.61	6.00	220	+7.5
34736	8860	c	208.981 –23.797	–3.00 –1.35	1.78	450	+15.4
34859	8900	a	205.408 –21.810	+1.27 –0.09	4.00	320	
34880	8910	c	207.191 –22.663	–2.56 –4.81	3.55	280	+22.9
34889	8929	c	207.128 –22.603	+1.58 –3.05	4.50	420	
34959	8930	a	198.534 –17.955	+0.46 –12.53	3.56	540	+5.0
34979	8937	a	199.334 –18.328	+6.4 –3.8		180	
35008	8940	a	203.686 –20.649	–1.67 –0.71	5.47	220	+11.1
35039	8953	a	202.634 –20.027	+1.23 +1.13	3.51	300	+28.8
35177	8980	a	200.873 –18.736	–0.95 –1.06	2.87	400	+16.1
35298	9020	a	200.624 –18.371	+0.38 +0.88	1.88	500	+25.0
35456	9070	a	204.985 –20.396	–3.64 –1.92	1.72	300	+21.8
35502	9120	a	205.328 –20.468	+5.24 –0.53	2.35	430	+17.8
35548	9150	a	203.264 –19.2814	–1.45 –3.67	4.65	290	–10.4 var!
35575	9160	a	204.159 –19.714	+1.4 –0.6	4.44	360	+8.0
35730	9230	a	199.624 –16.947	+1.18 +0.05	2.86	500	+18.0
35881	9250	a	202.044 –17.963	+1.01 –0.15	4.76	400	+29.6
35901	9255	a	209.516 –21.751	–0.32 –2.25	2.95	600	
36017	9270	c	207.544 –20.559	–7.83 –5.13	3.59	200	+19.8
36046	9290	b3	203.744 –18.573	+4.20 +0.29	4.53	500	+28.9
36089	9320	c	205.788 –19.567	–24.66 +28.77	6.60	150	
36313	9370	b3	203.767 –18.050	–2.60 –2.20		400	+31.3
36412	9410	c	208.834 –20.407	+0.72 –1.55	1.00	130	+28.0
36429	9420	a	200.949 –16.295	+2.62 –1.29	5.12	420	+21.9
36485	9440	b3	203.843 –17.733	–2.10 –14.60		350	+21
36526	9460	b2	205.087 –18.310	–0.1 –0.4		550	
36540	9480	c	207.824 –19.659	+2.07 –1.05	2.22	420	
36549	9490	a	201.746 –16.445	+3.50 –0.92	3.13	480	+22.5
36559	9500	c	207.902 –19.640	+2.50 –1.00		350	+10.8
36606	9540	c	208.306 –19.744	–0.7 –10.1		210	

Таблица 4. Продолжение

HD	Renson	Subgroup	$l, b,$ deg	$\mu_\alpha, \mu_\delta,$ mas/year	$\pi,$ mas	$d,$ пк	$V_r,$ км/с
36629	9550	c	207.954 –19.525	+2.57 –2.19	0.66	460	+21.2
36668	9560	b3	203.188 –16.986	+0.34 –1.34	4.82	400	+30.1
36670	9570	c	207.795 –19.352	+4.0 –0.1		480	
36671	9580	c	208.053 –19.494	–13.5 –15.1		140	
36694	9590	b3	204.025 –17.365	–4.90 +10.80		200	
36697	9600	c	210.868 –20.811	–4.56 –16.37	3.20	260	
36726	9620	b3	203.883 –17.226	–0.60 –5.50		260	
36811	9640	b2	205.607 –18.023	+1.40 +6.32	4.75	115	+6.0
36843	9660	c2	208.353 –19.312	+13.47 +8.04	5.19	100	+10.6
36899	9690	c3	208.688 –19.389	+1.2 –2.4		420	+32
36916	9700	c1	207.760 –18.885	–5.70 –0.78	3.74	320	+10.7
36918	9710	c4	209.541 –19.763	+1.8 +0.6		480	
36955	9740	b2	205.257 –17.587	+0.0 +0.6		340	
36958	9750	c2	208.366 –19.129	–2.5 +2.0		320	+23
36960	9780	b2	209.563 –19.711	+1.8 +3.8	2.02	500	+27.7
36982	9800	d	209.067 –19.443	+1.2 +2.5		600	+38.0
36997	9810	c	206.184 –18.012	+0.11 –1.08	3.39	300	
37017	9820	c1	208.177 –18.957	+1.25 +0.48	2.63	380	+29
37041	9830	d	209.048 –19.372	+2.29 +0.96	2.11	360	+35.6
37058	9850	c2	208.523 –19.071	+3.4 +3.2		500	+22.8
37111	9870	b3	204.392 –16.854	–1.50 +0.20		270	
37114	9880	d1	209.081 –19.222	+0.1 –3.4		350	+31.0
37129	9890	c1	208.202 –18.762	–2.5 +1.3		380	+28
37140	9910	b3	204.397 –16.795	–1.3 +1.7		400	+14.7
37149	9920	b	205.623 –17.427	+1.23 –0.21	2.51	400	+13.9
37151	9930	c	211.016 –20.097	–4.43 +4.77	5.28	280	+21.1
37210	9950	c	210.166 –19.587	+2.2 –0.0		4320	+36.5
37235	9960	b2	204.843 –16.842	–3.80 +1.00		480	+30
37321	10000	b2	205.584 –17.044	+0.77 –0.28	1.56	470	+22.5
37333	10010	b1	206.541 –17.500	–4.18 –3.68	3.01	330	
37410	10040	c	208.162 –18.140	+15.92 –18.33	9.15	110	+27.7
37444	10060	c	209.064 –18.523	–0.03 –12.95	4.72	90	
37470	10070	c	210.135 –18.999	+2.81 –3.03	3.39	370	

Таблица 4. Продолжение

HD	Renson	Subgroup	$l, b,$ deg	$\mu_\alpha, \mu_\delta,$ mas/year	$\pi,$ mas	$d,$ пк	$V_r,$ км/с
37479	10080	b1	206.816 –17.325	–1.5 –3.0		460	+29
37525	10110	b1	206.896 –17.290	–1.23 –0.92	3.24	450	
37633	10130	b1	207.010 –17.145	–2.5 +4.0		420	
37642	10150	c	207.637 –17.413	+2.32 –1.31	1.33	500	+5.5
37687	10160	c	207.776 –17.368	–4.69 –3.51	2.81	460	
37776	10190	b1	206.073 –16.342	+3.21 +1.76	3.03	480	+27.0
37807	10200	c	208.064 –17.283	+1.83 –2.44	0.17	420	+28.8
37808	10210	c	214.441 –20.367	–1.09 –0.33	4.11	240	+17.9
37874	10220	c	208.450 –17.365	–3.1 –0.5		250	
38271	10307	a	202.259 –13.274	–10.51 –4.83	4.99	200	
38724	10420	a	201.967 –12.187	1.21 –13.62	3.64	270	
38912	10450	a	204.376 –13.119	+2.28 –4.95	2.08	500	
39572	10598	a	204.649 –12.022	–12.08 –13.91	4.77	210	
40009	10666	c	208.509 –13.316	–9.46 +4.67	7.04	140	
40146	10710	c	210.051 –13.822	+8.42 +2.06	–0.82	480	
40759	10900	c	210.619 –13.045	–5.42 +1.46	4.63	250	+36.7
290665	9760	b	204.749 –17.298	+0.70 +1.80		180	
294046	9190	a	204.990 –20.042	+1.41 –2.51	2.44	410	+15.7
294265	9670	c3	208.608 –19.386	+3.9 –5.60		330	+30

Таблица 5. Физические параметры CP-звезд в ассоциации Орион OB1

HD	Brown+(94)	Sp, pec	$V,$ mag	$\log T_{\text{eff}}$	$A_V,$ mag	Pol, %	$v \sin i,$ км/с	$P,$ days
32262	015 a	A m	9.32	3.90	0.53			
33647	034 a	B9 HgMn	6.665	3.96	0.05	0.150	35	0.57
33917	051 a	A0 Si	9.30	4.48	0.30			
34317	062 a	A m	6.410	3.97	0.03	0.110	80	1.75
34736	032 c	B9 Si	7.860	4.14	0.12	0.184		
34859	082 a	A0 Si	9.118	4.11	1.06			1.05
34880	045 c	B8 Mn	6.412	4.12	0.28	0.304	50	
34889	047 c	B9 Si	8.730	4.11	0.17	0.281		
34959	086 a	B6 p	6.52	4.16	0.12	0.936	225	

Таблица 5. Продолжение

HD	Brown+(94)	Sp, pec	V, mag	$\log T_{\text{eff}}$	A_V , mag	Pol, %	$v \sin i$, км/с	P , days
34979	087 a	Am	9.10	3.93	0.65			
35008	089 a	B8 Si	7.095	4.08	0.12	0.500		
35039	091 a	B2 He-r	4.703	4.30	0.13	0.000	10	
35177	098 a	B9 Si	8.159	4.14	0.11			0.53
35298	106 a	B6 He-wk	7.91	4.20	0.08	0.119	50	1.85
35456	121 a	B7 He-wk	6.936	4.16	0.24	0.216		
35502	124 a	B6 SrCrSi	7.327	4.20	0.32	0.330	240	1.7
35548	125 a	B9 HgMn	6.560	4.04	0.09		20	
35575	127 a	B3 He-wk	6.402	4.28	0.16	0.140	115	
35730	137 a	B4 He-wk	7.175	4.28	0.07	0.180	85	
35881	150 a	B8 He-wk	7.782	4.15	0.09	0.430	200	
35901	081 c	B9 Si	9.196	4.03	0.16	0.620		
36017	084 c	Am	7.536	3.89	0.12			
36046	007 b	B8 He-wk	8.070	4.19	0.15			
36089	087 c	Am	8.66	3.87	0.00			
36313	014 b	B8 He-wk	8.174	4.11	0.12			
36412	100 c	Am	9.467	3.92	1.91			
36429	194 a	B6 He-wk	7.560	4.23	0.15	0.330		
36485	020 b	B2 He-r	6.828	4.29	0.12	0.000	40	1.7
36526	023 b	B8 He-wk,Si	8.29	4.22	0.18			1.84
36540	106 c	B7 He-wk	8.16	4.20	0.59	1.640		2.17
36549	198 a	B7 He-wk	8.560	4.16	0.09	0.115		
36559	110 c	A0 p	8.810	4.05	0.05	0.280	135	
36606	112 c	Am	8.74	3.95	0.26			
36629	114 c	B3 He-wk	7.648	4.32	0.69	1.843	21	
36668	031 b	B7 He-wk,Si	8.05	4.00	0.01			2.12
36670	117 c	Am	8.899	3.99	0.04	0.600	80	
36671	118 c	Am	8.675	3.89	0.30	0.390		
36694	034 b	Am	9.107	3.92	0.23			
36697	119 c	Am/Ap	8.65	4.00	0.26	0.440	9	
36726	037 b	Am	8.828	3.96	0.04			
36811	042 b	Am	7.063	3.93	0.16			
36843	127 c	Am	6.82	3.96	0.30			

Таблица 5. Продолжение

HD	Brown+(94)	Sp, pec	V , mag	$\log T_{\text{eff}}$	A_V , mag	Pol, %	$v \sin i$, км/с	P , days
36899	132 c	B9 Sr	9.49	3.98	0.03	0.890	250	
36916	133 c	B8 He-wk,Si	6.723	4.03	0.00	0.270	35	1.56
36918	134 c	B9 He-wk	8.34	4.16	0.09		150	
36955	052 b	A2 CrEu	9.530	3.89				
36958	139 c	B3 He-wk	7.31	4.23	0.28	0.935	50	
36960	141 c	B0 Si	4.78	4.45	0.07	0.110	30	
36982	003 d	B2 He-r	8.43	4.33	0.94	1.007	105	
36997	146 c	B9 SiSr	8.37	4.12	0.19			
37017	152 c	B2 He-r	6.553	4.32	0.21	0.250	160	0.90
37041	007 d	B0 He-r	5.08	4.50	0.62	0.792	120	
37058	160 c	B2 He-wk,Sr	7.32	4.31	0.15	0.540	21	14.6
37111	059 b	Am	8.83	3.99	0.03			
37114	011 d	B8p	9.01	4.03	0.04	0.390	210	
37129	167 c	B3 He-wk	7.130	4.27	0.12	0.320	60	
37140	063 b	B8 SiSr	8.56	4.18	0.69			2.71
37149	065 b	B7 He-wk	8.05	4.14	0.05		370	
37151	170 c	B8 He-wk	7.38	4.31	0.04	0.130	125	0.8
37210	174 c	B8 He-wk	8.08	4.12	0.05	0.110		11.05
37235	069 b	B9 He-wk	8.13	4.13	0.06		257	
37321	075 b	B5 He-wk	7.09	4.18	0.17	0.140	85	
37333	077 b	A0 Si	8.50	4.01	0.22			
37410	190 c	Am	6.862	3.96	0.18			
37444	195 c	Am	7.64	3.92	0.50			
37470	198 c	B8 Si	8.23	4.09	0.42	1.511		
37479	086 b	B2 He-r	6.66	4.39	0.25		175	1.19
37525	088 b	B6 He-wk	8.06	4.21	0.17			
37633	093 b	B9 EuSi	9.01	4.12	0.44			1.57
37642	209 c	B9 He-wk,Si	8.04	4.23	0.14			1.08
37687	211 c	B7 He-wk	7.038	4.16	0.51			
37776	104 b	B2 He-r	6.98	4.16	0.28	0.850	80	1.53
37807	215 c	B4 He-wk	7.87	4.22	0.15	0.300	25	
37808	216 c	B9 Si	6.455	4.19	0.03			
37874	218 c	Am	9.64	3.91	0.41			

Таблица 5. Продолжение

HD	Brown+(94)	Sp, pec	V, mag	log T_{eff}	A_V , mag	Pol, %	$v \sin i$, км/с	P , days
38271	245 a	Am	8.57	3.95	0.38			
38724	254 a	Am	9.13	3.93	0.44			
38912	257 a	B8 Si	9.37	4.08	0.96	0.428		
39572	263 a	Am	8.41	3.92	0.29			
40009	283 c	Am	9.05	3.91	0.22			
40146	289 c	A0 Si	9.38	4.01	0.48			
40759	308 c	A0 CrEu	8.53	4.00	0.14			
290665	128 b	B9 SrCrEuSi	9.44	3.86	0.19			
294046	304 a	B9 Si	8.26	4.18	0.20			
294265	340 c	Am	10.232	3.92	0.34		200	

параллаксы Hipparcos. Детально процедура оценки описана в комментариях к отдельным звёздам. Мы нашли, что для близких звёзд их абсолютные величины, полученные по параллаксам, достаточно хорошо совпадают с данными, взятыми из работы [19]. Расстояния до более далеких объектов оценены по физическим параметрам.

Собственные движения измерены для всех CP-звёзд. Это позволяет построить трёхмерную картину пространственного распределения звёзд нашей выборки и изучить движение большей части из них.

В Таблице 5 помещены: номер звезды по каталогу HD, обозначение звезды в списках [19], спектр и тип пекулярности (согласно каталогу [11]), звездная величина V , логарифм температуры $\log T_{\text{eff}}$ и поглощение A_V (в звездных величинах), межзвёздная или околозвёздная поляризация в направлении объекта Pol (из работы [22]), данные о скорости (в км/с) и периоде вращения (в сутках), взятые из базы данных VizieR.

Межзвёздная (или околозвёздная) поляризация определена для 41 звезды, проекция скорости вращения на луч зрения $v \sin i$ — для 35, и период вращения P — всего для 19 объектов. Таким образом, построить модели всех выделенных звёзд пока еще невозможно из-за недостатка наблюдательных данных.

На Рис. 3 приведено сравнение физических параметров нормальных и пекулярных звёзд, выделенных нами, с общим списком звёзд из работы Брауна и др. [19]. Видим, что выборка пекулярных звёзд по эффективной температуре и светимости смещена по сравнению с общей. Доля горячих

звёзд в ней больше. Если максимум распределения по эффективной температуре для всей выборки приходится на $\log T_{\text{eff}} = 3.95$, то для CP-звёзд он достигается на $\log T_{\text{eff}} = 4.15$. Соответственно, существенно различается и распределение абсолютных величин M_V и светимостей $\log L$. Это хорошо видно на Рис. 3.

Сделаем некоторые количественные оценки. Так как максимум распределения 814 звёзд по эффективным температурам приходится примерно на $\log T_{\text{eff}} = 4.0$, разделим все звезды на две группы, примерно равные по количеству звезд: 1) с эффективной температурой $\log T_{\text{eff}} \geq 4.0$ и 2) с $\log T_{\text{eff}} < 4.0$. Посмотрим, имеются ли различия по температурам в различных подгруппах ассоциации. Результат приведен в Таблице 6.

Таким образом, доля звёзд с эффективной температурой более 10 000 К составляет 53.9%. Видим, что доля горячих звёзд наибольшая для наиболее молодых и малочисленных внутренних

Таблица 6. Распределение звёзд по температурам в разных подгруппах ассоциации

Подгруппа	$\log T_{\text{eff}} \geq 4.00$	$\log T_{\text{eff}} < 4.00$	Сумма
a	159	152	311
b	100	39	139
c	167	183	350
d	13	1	14
Итого	439	375	814

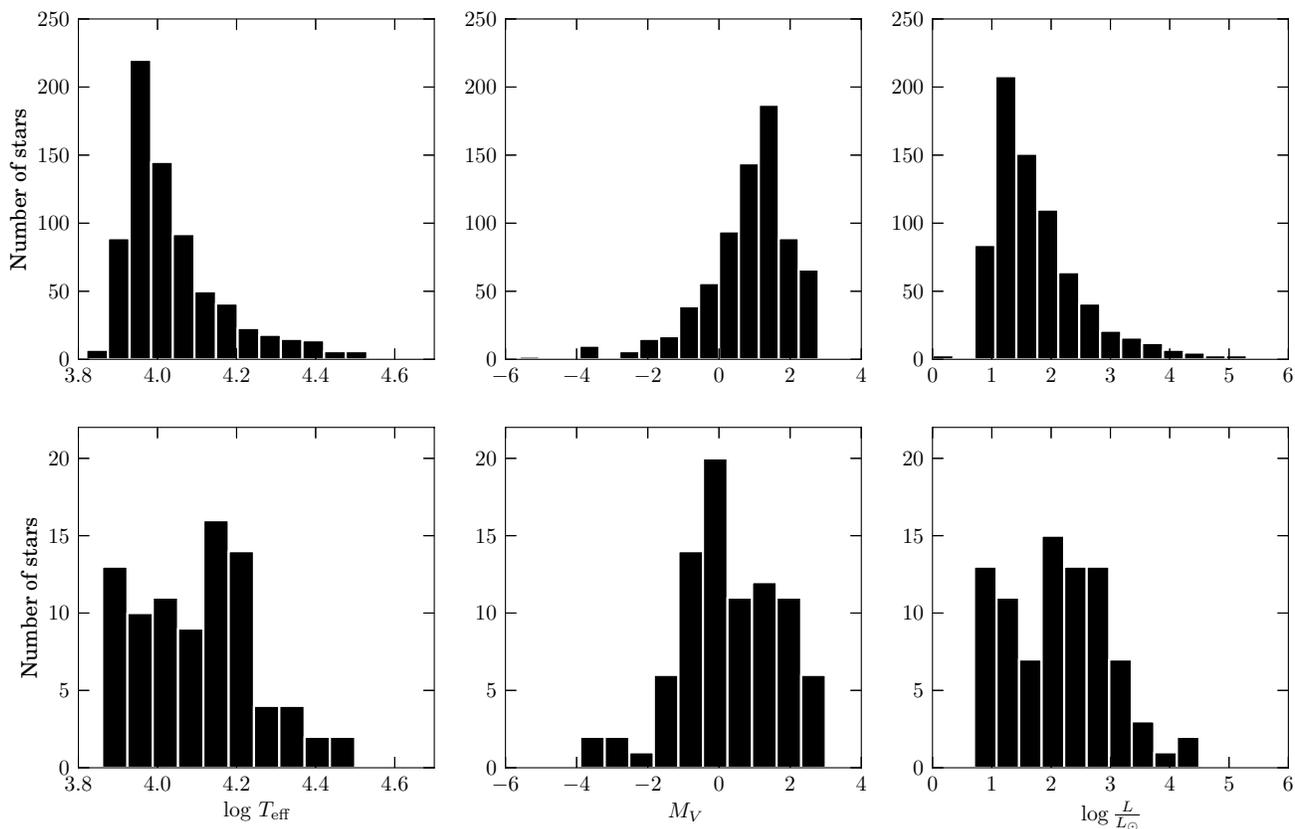


Рис. 3. Сравнение физических параметров пекулярных и нормальных звёзд в списке [19].

подгрупп ассоциации (b) = 71.9% и (d) = 92.9%. Для внешних подгрупп эта величина составляет (a) = 51.1% и (c) = 47.7%.

В дальнейшем в настоящей работе частоту встречаемости CP-звёзд и другие параметры будем искать в каждой подгруппе отдельно для двух указанных выше температурных интервалов.

3. КОММЕНТАРИЙ К ВЫДЕЛЕННЫМ CP-ЗВЁЗДАМ

Мы приведем здесь комментарии к каждой из 85 CP-звёзд, выделенных из списка [19]. Используя литературные данные, мы оценим расстояния до каждой из них с целью удостовериться в принадлежности звезды к ассоциации Ori OB1. Наиболее удобно сравнить абсолютные звездные величины объектов, полученные разными способами, в случае больших разногласий в качестве ориентира можно использовать диаграмму “спектр–светимость” для нормальных звёзд.

Воспользуемся данными о визуальных величинах V , M_V и A_V из указанной работы. При использовании дополнительных сведений будут приведены соответствующие ссылки. Абсолютная величина в полосе V , вычисленная нами по параллаксу с

учетом межзвёздного поглощения, обозначена как M_p .

Для некоторых объектов в работе [19] приведенные величины M_V совершенно не соответствуют представленным в той же работе эффективным температурам $\log T_{\text{eff}}$. В случае возникновения больших расхождений будем принимать во внимание также и стандартное соотношение между эффективной температурой и болометрической абсолютной звездной величиной, полученной в работе [23].

Для горячих объектов нашей выборки болометрические поправки достигают 1^m и больше, поэтому их надо принимать во внимание при анализе расстояния до звезды и других её параметров.

3.1. HD 32262 = HIP 23417 = Renson 8218 = Brown 015a

Слабо изученная Am-звезда. Абсолютная величина, вычисленная по параллаксу с учетом межзвёздного поглощения, $M_p = +1.3$, что очень сильно отличается от величины $M_V = +2.6$. Болометрическая поправка $BC = -0^m05$.

Учитывая большое собственное движение, а также то, что при $\log T_{\text{eff}} = 3.90$ стандартное значение $M(\text{bol}) = +2.0$ [23], можно предположить, что расстояние до звезды, полученное по параллаксу, является завышенным, а $M_V = +2.6$, найденное в работе [19] — слишком заниженным. Поэтому в качестве компромисса возьмем стандартное значение $M(\text{bol}) = +2.0$. Тогда модуль расстояния до звезды составляет $6^{\text{m}}8$ и $d = 230$ пк. Если это так, то Ат-звезда HD 32262 с большой вероятностью является объектом переднего фона и не принадлежит ассоциации.

3.2. HD 33647 = HIP 24196 = Renson 8580 = Brown 044a

Яркая ртутно-марганцевая звезда. Спектрально-двойная SB2, возможно имеется третий компонент. В базе данных SIMBAD указано, что HIP 24196 включает компоненты CCDM J05117+0031AB. Яркость компонента А: $V = 7.1$, компонента В: $V = 7.6$. Компонент В (HU 33) находится на угловом расстоянии $\rho = 0''.1$ от компонента А, орбитальный период $143^{\text{d}}39$.

Вольф [24] нашла: $T_{\text{eff}} = 14\,600$ К, $M(\text{bol}) = -1.06$, SB2. Как видим, эффективная температура здесь существенно выше, чем представлено в работе [19] ($\log T_{\text{eff}} = 3.96$). Вопрос о температуре звезды нуждается в дополнительном обсуждении — по видимому в работе [19] она занижена.

Включена в каталог тройных и четверных звезд Токовина [25]. Масса первичной компоненты равна $3.84 M_{\odot}$, вторичной — $3.68 M_{\odot}$, третьей — $3.26 M_{\odot}$. Внешний период равен $4^{\text{d}}72$, внутренних — $1^{\text{d}}40$.

Катанзаро и Лето [26] провели исследования лучевых скоростей, по результатам измерений которых найден орбитальный период около 25^{d} и эксцентриситет $e = 0.45$.

С учетом межзвёздного поглощения $A_V = 0.05$ и найденного из измерений параллакса модуля расстояния $7^{\text{m}}98$, мы должны были бы получить $M_p = -1.26$. Разногласие с величиной $M_V = +0.2$ очень значительное. Боллометрическая поправка равна $-0^{\text{m}}15$, следовательно $M(\text{bol}) = +0.05$. Различия ликвидировать не удалось. Примем абсолютную величину звезды, определенную Вольф [24], $M(\text{bol}) = -1.0$, тогда получаем модуль расстояния $7^{\text{m}}7$ и $d = 350$ пк. Звезда входит в ассоциацию.

3.3. HD 33917 = HIP 24342 = Renson 8650 = Br 051a

Звезда с усиленными линиями кремния (A0 Si). Учитывая параллакс и межзвёздное поглощение, получаем $M_p = +2.46$, различия с $M_V = +1.4$ очень существенные. Следует обратить внимание, что указанное в работе [19] значение $\log T_{\text{eff}} = 4.48$ грубо не соответствует приведенной в той же работе величине M_V . Возможно, это опечатка. Используя различные сведения из базы данных VizieR, можно оценить, что эффективная температура HD 33917 может быть около $10\,000$ К или несколько ниже, поэтому примем $M(\text{bol}) = -1.0$. Включена в каталог звезд Ae/Be Херbiga в близких ОВ-ассоциациях [27] с примечанием “член ассоциации Ori OB1a.” В нём указаны следующие параметры звезды: поглощение $A_V = 0.10$, $\log T_{\text{eff}} = 3.96$, масса звезды $M = 2.1 M_{\odot}$. В работе [28] определены масса звезды $M = 1.9 M_{\odot}$ и её возраст $t = 11.0$ млн лет.

Мы считаем, что параллакс звезды определен ошибочно и реальное расстояние до объекта примерно в два раза больше, примерно 400 пк. Все полученные данные указывают на то, что звезда входит в ассоциацию Ori OB1.

3.4. HD 34317 = HR 1724 = HIP 24607 = Renson 8730 = Brown 062a

В каталоге Ренсона и Манфруа [11] отмечена как Ат или Ар. Исходя из расстояния 170 пк, найденного по параллаксу, получаем абсолютную величину $M_p = +0.30$. Согласие абсолютных величин M_p и M_V хорошее, что указывает на достаточно хорошую надежность величины полученного расстояния. $M_V = -0.2$, а с учетом боллометрической поправки $M(\text{bol}) = -0.4$. По расстоянию, найденному по физическим параметрам, звезда оказывается дальше: $d = 220$ пк. Оба значения расстояния указывают, что объект находится на переднем плане ассоциации Ori OB1 и (скорее всего) не является её членом. Дополнительным доказательством этого утверждения являются сведения о массе ($2.66 M_{\odot}$) и эволюционном возрасте 0.828 (данные взяты из базы данных VizieR). Если эволюционный возраст вычислен правильно, получаем независимое подтверждение того, что звезда не является членом молодой ассоциации — она уже слишком сильно проэволюционировала, что требует длительного времени жизни на Главной последовательности.

Судя по полученным параметрам, звезда относится к классу Ар, особенно принимая во внимание тот факт, что найдена фотометрическая переменность [29] с периодом $0^{\text{d}}57$ и амплитудой $0^{\text{m}}03$. У Ат-звезд ни фотометрической, ни спектральной переменности, связанной с вращением, до настоящего времени не обнаружено.

3.5. *HD 34736 = HIP 24828 = Renson 8860 =
Brown 032c*

Звезда типа B9 Si. Согласно параллаксу, модуль расстояния равен 8^m75 , и абсолютная величина с учетом поглощения $M_p = -1.0$. По сравнению с $M_V = 0.1$ разница существенная.

Возможно, неточно определено расстояние по параллаксу, и звезда может находиться ближе. Но в этом случае её эффективная температура должна быть ниже, чем предлагают Браун и др. [19] ($\log T_{\text{eff}} = 4.14$, что дает $M(\text{bol}) = -1.0$). Если же параллакс и температура правильные, то звезда находится за ассоциацией или в далекой от наблюдателя её части. В спектре наблюдается достаточно интенсивная депрессия на $\lambda 5200 \text{ \AA}$, величина $\Delta a = 0.017$. Сведений о периодической переменности и наличии магнитного поля не имеется.

Судя по данным, помещенным в базу данных VizieR, эффективная температура звезды должна быть несколько ниже, чем представлено в работе [19] — около 12 000 К, что дает стандартную абсолютную величину $M(\text{bol}) = -0.5$. Тогда модуль расстояния равен 8^m25 , $d = 450$ пк, и звезда является членом ассоциации.

3.6. *HD 34859 = HIP 24922 = Renson 8900 =
Brown 082a*

Звезда спектрального класса A0 с усиленными линиями кремния. Отметим сильное поглощение в направлении объекта — $A_V = 1.06$. По параллаксу расстояние до звезды составляет 250 пк, а вычисленная с учетом межзвёздного поглощения абсолютная величина $M_p = +1.1$ в недостаточном согласии с $M_V = +0.5$. Боллометрическая величина звезды $M(\text{bol}) = +0.2$. Будем считать определения Брауна и др. [19] более предпочтительными.

Найден фотометрический период 1^d05 [29]. В каталоге [28] приведены масса звезды $M = 2.6 M_{\odot}$ и возраст $t = 7.0$ млн лет. Объект находится в списке звёзд Ae/Be Хербига близких OB-ассоциаций [27]. Приведем некоторые параметры из этой работы: поглощение $A_V = 0.65$, $\log T_{\text{eff}} = 4.03$, масса звезды $M = 2.1 M_{\odot}$, член ассоциации Ogi OB1a. Видим, что поглощение, приведенное в работе [28], существенно меньше, чем в [19]. Это увеличивает модуль расстояния на 0^m4 .

Учитывая неточности определения сильного поглощения на пути к звезде, способного оказать влияние на определение её физических параметров, можем сделать утверждение, что параллакс определен неточно и звезда является членом ассоциации.

3.7. *HD 34880 = HIP 24925 = Renson 8910 =
Brown 045c*

Ртутно-марганцевая звезда, главный компонент в двойной системе ADS 3926 A. Визуальный блеск $V = 6.41$, абсолютная звездная величина $M_V = -0.6$, межзвёздное поглощение $A_V = 0.28$. Параллакс $\pi = 3.55$ mas, что указывает на расстояние $d = 280$ пк. Вторичный компонент (BU 189) находится на расстоянии $\rho = 4''.4$ от A. На угловом расстоянии $0''.5$ от A был найден третий компонент Ab. Макаганюк и др. [30] провели магнитно-доплеровское картирование поверхностей нескольких ртутно-марганцевых звёзд, включая цитируемую, нашли пятна марганца, но не обнаружили магнитного поля более 10 Гс. Объект проецируется на подгруппу (c) ассоциации Ogi OB1, но найти расстояние до этой сложной кратной системы точно не удалось. Поэтому не исключено, что она не является членом ассоциации.

3.8. *HD 34889 = HIP 24936 = Renson 8920 =
Brown 047c*

Звезда с усиленными линиями кремния типа B9 Si. Находится на угловом расстоянии $5''.2$ от HD 34880, что соответствует примерно 0.6 пк в картинной плоскости. Параллаксы обеих звёзд (3.55 mas и 4.50 mas) в пределах ошибок одинаковы, но точность определения расстояний по ним низкая. Тем не менее, следует проверить, не являются ли эти две пекулярные звезды пространственно близкими. С учетом межзвёздного поглощения находим $M_p = +1.8$. Различия с M_V достигают 1^m3 , что существенно. Видимо, температура звезды у Брауна и др. [19] завышена. Данные из базы VizieR указывают скорее на $T_{\text{eff}} = 10\,000$ К и $M_V = +0.5$. Тогда модуль расстояния равен 8^m1 и $d = 420$ пк. Расстояние по параллаксу определяется неправильно. Звезда находится в списке звёзд Ae/Be Хербига близких OB-ассоциаций [27] с параметрами: $A_V = 0.01$, $\log T_{\text{eff}} = 4.02$, $M = 2.8 M_{\odot}$. Находится в ассоциации Ogi OB1c.

Данные о поглощении свидетельствуют об отсутствии плотной околозвездной оболочки. В работе [28] приведены следующие сведения: масса звезды $M = 2.2 M_{\odot}$, возраст $t = 6.8$ млн лет. Объект является членом ассоциации Ogi OB1 и, по видимому, составляет только оптическую пару с пекулярной звездой HD 34880.

3.9. *HD 34959 = HIP 25011 = HR 1761 =
Renson 8930 = Brown 086a*

В каталоге [11] отмечена как пекулярная звезда спектрального класса B6. Однако, в некоторых

оригинальных статьях обозначена как Ве-звезда. (например, [31]). По некоторым данным, приведенным в базе VizieR, звезда двойная, яркий компонент — Ве-звезда, а слабый — нормальная поздняя В-звезда. В направлении на объект наблюдается не очень сильное межзвёздное (или околозвёздное) поглощение $A_V = 0.29$, но очень сильная поляризация — 0.936%, возникающая, по видимому, в оболочке Ве-звезды.

Параллакс $\pi = 3.56$ mas, что соответствует модулю расстояния 7^m24 и абсолютной величине звезды $M_p = -1.0$, что почти на 2^m слабее рассчитанной величины $M_V = -2.7$. Явно видно, что расстояние по параллаксу определяется неправильно. Используя данные работы [19], находим модуль расстояния 9^m1 и расстояние 650 пк. Но в указанной работе звезды не разделяются как двойные. В качестве величин V и M_V принят суммарный блеск компонент. Если принять, что обе компоненты имеют равный блеск, то находим $d = 540$ пк. Звезда находится в каталоге переменных звёзд рассеянный скоплений [32], классифицируется как Ве-звезда с амплитудой переменности 0^m3 .

Учитывая неточность нашей оценки можем предположить лишь, что, видимо, звезда находится на дальнем от нас краю ассоциации.

3.10. HD 34979 = Renson 8937 = Brown 087a

Неизученная Ам-звезда. Параллакс не определен. Находится на расстоянии примерно 6 пк в картинной плоскости от HD 34959. $M_V = +2.2$, сильное межзвёздное (или околозвёздное) поглощение $A_V = 0.65$, модуль расстояния 6^m3 . Таким образом, расстояние до объекта $d = 180$ пк указывает на то, что это звезда переднего плана и не является членом ассоциации.

3.11. HD 35008 = HIP 25025 = Renson 8940 = Brown 089a

Магнитная Вр-звезда с усиленными линиями кремния. Расстояние до неё, вычисленное по параллаксу, $d = 183$ пк, модуль расстояния 6^m31 . Таким образом, учитывая практическое отсутствие межзвёздного поглощения, получаем $M_p = +0.78$. $M_V = +0.3$. Так как эффективная температура звезды $T_{\text{eff}} = 11\,400$ К, нам представляется, что её болометрическая абсолютная величина должна быть около 0^m0 .

Сведений о двойственности звезды нет. Спеклинтерферометрия звезды не подтвердила наличия спутников [33].

Межзвёздная поляризация $Pol = 0.500\%$, что плохо согласуется со сведениями о слабости межзвёздного поглощения. По всем литературным данным звезда является членом ассоциации Ori OB1,

поэтому возможно требуется пересмотр данных о параллаксе. Современное значение параллакса $\pi = 5.47$ mas представляется завышенным.

Оценим расстояние, считая $M_V = +0.3$. Тогда модуль расстояния равен 6^m7 , и $d = 220$ пк, что тоже указывает на относительную близость звезды. Звезда находится в списке звёзд Ae/Ве Хербига близких OB-ассоциаций [27] с параметрами: $A_V = 0.00$, $\log T_{\text{eff}} = 4.02$ и масса $M = 3.7 M_{\odot}$. Объект в этой работе показан членом ассоциации Ori OB1a. Принадлежность звезды к скоплению отмечается также и в работе Баньюло и др. [34], в которой изучаются магнитные А и В-звёзды в рассеянных скоплениях. Согласимся с авторами указанных работ и примем, что HD 35008 принадлежит ассоциации.

Звезда магнитная, в каталоге Романюка и Кудрявцева [35] представлено одно измерение продольного поля $B_e = -340$ Гс

3.12. HD 35039 = HIP 25044 = Renson 8953 = Brown 091a

Яркая спектрально-двойная звезда (SB1) 22 Ori. В каталоге [11] представлена, как звезда с усиленными линиями гелия. В базе данных VizieR можно найти следующие параметры: орбитальный период 293^d , масса $M = 9.0 M_{\odot}$, возраст 18 млн лет. По параллаксу расстояние до звезды $d = 285$ пк, таким образом, с учетом поглощения $M_p = -2.7$, что прекрасно согласуется с M_V . По данным из работы [19], расстояние до звезды 290 пк, в прекрасном согласии с расстоянием, полученным по измерениям параллакса.

В работе [36] проведен анализ содержания серы, при этом наилучшим образом подошли следующие параметры атмосферы: $T_{\text{eff}} = 20\,550$ К, $\log g = 3.74$, $\psi = 8$ км/с, $v \sin i = 9$ км/с.

Спектральная классификация звезды неоднозначна. В некоторых работах (взятых из базы данных SIMBAD) её относят к подтипу β Сер, в то же время она находится и в каталоге звёзд Ae/Ве Хербига в близких OB-ассоциациях [27] с указанием на её членство в подгруппе (a). В [27] приведены следующие параметры: $A_V = 0.27$, $\log T_{\text{eff}} = 4.40$, $M = 13.3 M_{\odot}$. В двух последних работах эффективная температура звезды существенно выше принятой в работе [19], значит и светимость, и расстояние до звезды тоже больше. Поэтому можно считать, что звезда находится в ассоциации.

В каталоге магнитных звёзд [35] объекта нет. Необходимо провести наблюдения с зеемановским анализатором.

3.13. *HD 35177 = HIP 25163 = Renson 8980 =
Brown 098a*

Вр-звезда с усиленными линиями кремния. Учитывая параллакс и межзвёздное поглощение $A_V = 0.07$, получаем абсолютную величину $M_p = +0.37$, что не очень согласуется с определениями $M_V = -0.1$. Боллометрическая поправка равна -0.6 , поэтому $M(\text{bol}) = -0.7$, что и должно быть для звезды с температурой $\log T_{\text{eff}} = 4.14$.

Нам представляется, что абсолютная величина, найденная Брауном и др. [19], более правильная, чем определённая по параллаксу. Таким образом, модуль расстояния 8.0 , и расстояние до звезды — 400 пк.

Сведений о двойственности и магнитных изменениях нет. Наблюдается фотометрическая переменность с периодом 0.53 , одним из самых коротких для СР-звёзд. Находится на угловом расстоянии $26'$ от известной магнитной звезды HD 35298, что соответствует расстоянию между ними 3.0 пк (в картинной плоскости).

Находится в каталоге звёзд Ae/Be Хербига в близких ОВ-ассоциациях [27] со следующими параметрами: $A_V = 0.07$, $\log T_{\text{eff}} = 4.08$, масса $M = 3.2 M_{\odot}$. Звезда является членом ассоциации, подгруппа (а).

3.14. *HD 35298 = HIP 25325 = Renson 9020 =
Brown 106a*

Магнитная химически пекулярная звезда с аномально слабыми линиями гелия. Параллакс $\pi = 1.88$ mas соответствует модулю расстояния 8.63 . Тогда абсолютная величина с учетом поглощения $M_p = -0.8$, что неплохо соответствует величине $M_V = -0.4$. Можно оценить расстояние до звезды в 500 пк. Боллометрическая величина звезды $M(\text{bol}) = -1.3$, что несколько меньше, чем должно быть для звезды с эффективной температурой $16\,000$ К.

По данным работы [28] масса звезды $M = 1.6 M_{\odot}$, а возраст $t = 8.6$ млн лет.

Согласно каталогу [35], продольное поле B_e меняется в пределах -2800 Гс до $+2900$ Гс (по пяти измерениям). В 2010–2013 гг. мы выполнили десять новых измерений [37], что позволило построить кривую переменности продольной компоненты с экстремумами поля -3000 Гс и $+3000$ Гс. Признаков двойственности не обнаружено, что подтвердила спекл-интерферометрия звезды [33].

Включена в каталог звёзд Ae/Be Хербига в близких ОВ-ассоциациях с параметрами: $A_V = 0.00$, $\log T_{\text{eff}} = 4.03$, $M = 3.9 M_{\odot}$. Несомненно, звезда является членом ассоциации Ori OB1.

3.15. *HD 35456 = HIP 25293 = Renson 9070 =
Brown 121a*

Звезда с ослабленными линиями гелия, главный компонент двойной системы ADS 4007 AB. Спекл-интерферометрия звезды показала, что на расстоянии $\rho = 0.8''$ имеется спутник, слабее на 3^m [33].

По параллаксу $\pi = 1.72$ mas получаем модуль расстояния 8.82 . Абсолютная величина M_p с учетом поглощения равна -2.1 , что на 1.5 ярче, чем M_V . $M(\text{bol}) = -1.3$, что соответствует $\log T_{\text{eff}} = 4.16$.

Тем не менее, нам представляется, что определять расстояние по параллаксу не следует из-за низкой точности, тем более учитывая факт двойственности звезды. Используя $M_V = -0.6$ получаем модуль расстояния 7.3 и $d = 300$ пк.

Магнитная звезда, в каталоге [35] по шести измерениям указаны экстремумы продольного поля -300 Гс и $+1080$ Гс. В 2010–2012 гг. мы получили два новых измерения ($+700$ Гс и -400 Гс).

Объект находится на угловом расстоянии $21'$ от звезды HD 35502, что соответствует расстоянию 2.5 пк в картинной плоскости, и на таком же угловом расстоянии, $21'$, от HD 294046. Звезда является членом ассоциации.

3.16. *HD 35502 = HIP 25327 = Renson 9120 =
Brown 124a*

Магнитная звезда в двойной системе — BDS 2719 A. Тип пекулярности B6 SrCrSi. Разделяется методами спекл-интерферометрии [33]. Спутник на расстоянии $0.07''$ слабее на 2.3 . Возможно, это третий компонент. Компонент В имеет визуальную величину $V = 9.16$ и находится на расстоянии $135''$ (согласно базе данных VizierR).

Параллакс $\pi = 2.35$ mas указывает на модуль расстояния 8.14 . Таким образом, с учетом поглощения, $M_p = -1.1$, а это значит, что различие с величиной $M_V = -0.2$ значительное. Боллометрическая поправка равна -0.9 , следовательно, $M(\text{bol}) = -1.1$. При температуре $\log T_{\text{eff}} = 4.20$ величина $M(\text{bol})$ должна быть около -2.0 . Это означает, что Браун и др. [19] занизили светимость звезды, она находится дальше. Следовательно, расстояние, определенное по параллаксу, 430 пк или несколько больше, более правильное, чем найденная по данным [19], $d = 280$ пк.

Включена в каталог звёзд Ae/Be Хербига в близких ОВ-ассоциациях с параметрами: $A_V = 0.26$, $\log T_{\text{eff}} = 4.14$, масса $M = 4.4 M_{\odot}$. Член подгруппы (а) ассоциации. Межзвёздное поглощение A_V такое же, как и для близкой по угловому расстоянию звезды HD 35456. Звезда является членом ассоциации Ori OB1. Объект представлен в каталоге [35]. Продольное поле по шести измерениям меняется от -2250 до -100 Гс.

3.17. *HD 35548 = HIP 25365 = Renson 9150 =
Brown 125a*

Спектрально-двойная, компонент системы ADS 4020 — пекулярная звезда B9 HgMn. Макаганюк и др. [30] провели исследование звезды и нашли пятна химических элементов, в частности марганца. Признаков магнитного поля величиной более 20 Гс не обнаружено. Наше одно измерение ($B_e = -20 \pm 25$ Гс) также не показывает наличия поля.

HIP 25365 включает компонент А ($V = 7.26$, $M_V = -0.1$, $A_V = 0.09$) и компонент В ($V = 7.88$, $\text{sep} = 0''.30$). Имеется спекл-орбита [38].

В базах данных приведена лучевая скорость звезды, меняющаяся -10 до -30 км/с. Это резко отличает её от других СР-звёзд в Орионе из нашей выборки, имеющих положительные лучевые скорости (см. Таблицу 4).

Параллакс $\pi = 4.65$ mas, модуль расстояния $6^{\text{m}}6$, $M_p = 0.0$ в прекрасном согласии с величиной $M_V = -0.2$. $M(\text{bol}) = -0.5$, что указывает на абсолютную величину звезды несколько выше стандартной. Учитывая двойственность и связанные с этим дополнительные ошибки в измерениях параллакса, нельзя брать их за основу при определении расстояния. Примем за основу параметры, найденные в [38]: $V = 7.26$, $M_V = -0.1$, $A_V = 0.09$, тогда расстояние до звезды составляет 290 пк. Объект находится близко от границы ассоциации, но скорее всего не является ее членом. Нужны дополнительные исследования.

3.18. *HD 35575 = HIP 25368 = Renson 9160 =
Brown 127a*

Звезда с аномально слабыми линиями гелия (спектр В3 He-wk). Судя по расстоянию, полученному по параллаксу, объект находится в ближней к нам границе скопления. Найденная величина $M_p = -0.4$ находится в неплохом согласии с $M_V = -0.9$. Болометрическая поправка для звезды с $\log T_{\text{eff}} = 4.28$ равна $-1^{\text{m}}4$, следовательно $M(\text{bol}) = -2.3$, несколько ниже, чем должно быть для звёзд соответствующей температуры ($-3^{\text{m}}0$). По-видимому, более реальное $M_V = -1.5$, и расстояние до звезды 360 пк.

В работе [28] приведена масса звезды $M = 5.0 M_{\odot}$ и возраст 7.3 млн лет. В работе [27] объект включен в список звёзд типа Ae/Be Хербига в близких ОВ-ассоциациях в качестве члена ассоциации Ori OB1a со следующими параметрами: $A_V = 0.22$, $\log T_{\text{eff}} = 4.36$, масса $M = 9.0 M_{\odot}$. Несмотря на все указанные разногласия, данные наблюдений указывают на то, что звезда несомненно является членом ассоциации.

В каталоге [35] отсутствует, но впоследствии нами было проведено одно измерение с результатом $B_e = +480 \pm 200$ Гс. Дискуссия по вопросу о поле будет проведена во второй статье цикла.

3.19. *HD 35730 = HIP 25477 = Renson 9230 =
Brown 137a*

Звезда с ослабленными линиями гелия (спектр В4 He-wk). $M_V = -0.6$, $A_V = 0.07$. Параллакс $\pi = 2.86$ mas указывает на модуль расстояния $7^{\text{m}}72$. С учетом поглощения находим $M_p = -0.6$ в полном согласии с величиной M_V . Расстояние до звезды 350 пк. $M(\text{bol}) = -2.0$, что несколько ниже, чем стандартные значения абсолютной величины для звёзд с температурой $\log T_{\text{eff}} = 4.28$, принятой Брауном и др. [19]. Нам представляется, что звезда имеет большую светимость и находится дальше. Как и для предыдущей звезды, оценим для неё $M_V = -1.5$, поглощение незначительное и поэтому расстояние $d = 500$ пк.

Вполне возможно, что температура $\log T_{\text{eff}} = 4.28$ завышена в [19]. Тогда звезда находится несколько ближе. В любом случае — по расстоянию она является членом ассоциации Ori OB1. В работе [28] оценивают массу звезды $M = 5.0 M_{\odot}$ и возраст 15.9 млн лет. Звезда помещена в список звёзд Ae/Be Хербига близких ОВ-ассоциаций [27] с параметрами: $A_V = 0.10$, $\log T_{\text{eff}} = 4.25$, масса $M = 5.1 M_{\odot}$.

В каталоге [35] не присутствует, однако в дальнейшем в 2010–2012 гг. нами проведены четыре измерения, которые указывают на поле B_e от -450 до $+250$ Гс.

3.20. *HD 35881 = HIP 25567 = Renson 9250 =
Brown 150a*

Звезда с ослабленными линиями гелия (спектр В8 He-wk). При относительно слабом межзвёздном поглощении $A_V = 0.09$ наблюдается достаточно сильная межзвёздная (или околозвёздная) поляризация $\text{Pol} = 0.430\%$. Параллакс $\pi = 4.76$ mas соответствует $M_p = +1.1$. Очень большая разница с величиной $M_V = -0.3$. $M(\text{bol}) = -1.0$, что соответствует эффективной температуре. Более правильной нам представляется абсолютная величина звезды, найденная в [19], тогда модуль расстояния равен $8^{\text{m}}0$, и звезда находится на расстоянии 400 пк.

Звезда включена в список Ae/Be звёзд близких ОВ-ассоциаций [27] с параметрами: $A_V = 0.10$, $\log T_{\text{eff}} = 4.13$, масса $M = 3.8 M_{\odot}$. Эти параметры практически совпадают с данными работы [19], поэтому мы приходим к заключению, что HD 35881 является членом ассоциации Ori OB1.

В каталоге магнитных звёзд [35] не значится. В 2010–2012 гг. нами было проведено три измерения V_e . Звезда имеет очень широкие линии в спектре, профили сложные, поэтому измерения поля затруднены. Тем не менее, мы считаем, что звезда магнитная, и оцениваем величину поля примерно в 1 кГс.

3.21. *HD 35901 = HIP 25567 = Renson 9250 = Brown 091c*

Звезда с усиленными линиями кремния типа B9 Si. При относительно слабом межзвёздном поглощении $A_V = 0.16$ наблюдается достаточно сильная межзвёздная (или околосвездная) поляризация $Pol = 0.620\%$. Сведения о лучевой скорости, периоде и скорости вращения отсутствуют. По параллаксу модуль расстояния составляет $7^m 65$, $M_p = +1.4$, что значительно расходится с величиной $M_V = -0.3$. $M(bol) = -0.5$. Судя по температуре, звезда должна иметь несколько меньшую абсолютную величину. Более низкая температура звезды подтверждается при рассмотрении данных из базы VizieR. Мы полагаем, что более подходящим является значение $M_V = 0.0$ или несколько меньше. Тогда расстояние до объекта не более 600 пк.

Расстояние до объекта нуждается в уточнении, так как, возможно, неточно учтено межзвёздное поглощение, звезда находится ближе и является членом ассоциации. Указания на её членство в ассоциации имеются в нескольких работах, приведенных в базе данных VizieR. Сведений о магнитном поле нет.

3.22. *HD 36017 = HIP 25636 = Renson 9270 = Brown 084c*

В каталоге Ренсона и Манфруа [11] — Am-звезда. Параллакс $\pi = 3.59$ mas, что соответствует модулю расстояния $7^m 22$. С учетом поглощения $M_p = +0.2$, что существенно расходится с $M_V = +0.9$. Боллометрическая поправка незначительна. Мы полагаем, что звезда с $\log T_{\text{eff}} = 3.89$ будет более слабой абсолютной величины, чем следует из параллакса. Следовательно, она находится ближе. Если принять, что эффективной температуре больше соответствует $M_V = +0.9$, то получаем расстояние до звезды $d = 200$ пк. Это значит, что мы наблюдаем объект переднего плана.

3.23. *HD 36046 = HIP 25664 = Renson 9290 = Brown 007b*

Звезда с ослабленными линиями гелия. Спектр B8 He-wk. По Брауну и др. [19], входит в подгруппу (b) ассоциации, возраст которой менее

2 млн лет. Параллакс $\pi = 4.53$ mas указывает на близость звезды. С учетом поглощения $M_p = +1.2$, что почти на 2^m слабее $M_V = -0.6$. Полученная по параллаксу абсолютная величина кажется слишком низкой. Видимо, звезда находится дальше или межзвёздное поглощение больше. Боллометрическая поправка равна -0.8 , следовательно $M(bol) = -1.4$, что примерно соответствует температуре звезды.

В работе [28] указаны следующие параметры: масса звезды $M = 2.4 M_{\odot}$ и возраст $t = 25$ млн лет. Указанный возраст существенно превышает возраст подгруппы (b) ассоциации.

В то же время, в исследовании [27] приводятся следующие параметры: $A_V = 0.00$, $\log T_{\text{eff}} = 4.08$, $M = 3.8 M_{\odot}$. HD 36046 включена в список звёзд Ae/Be Хербига близких OB-ассоциаций с примечанием “Orion OB1bc.”

Таким образом, данные о физических параметрах звезды противоречивы. Примем, что объект принадлежит ассоциации, по физическим параметрам оценим расстояние до него в 500 пк, скорее всего возраст в работе [28] определён неправильно.

3.24. *HD 36089 = HIP 25675 = Renson 9320 = Brown 087c*

Am-звезда. Параллакс $\pi = 6.60$ mas. Расстояние 150 пк. $M_p = +2.8$ существенно отличается от $M_V = +2.3$. В любом случае — перед нами звезда переднего плана, не являющаяся членом ассоциации. Большие собственные движения тоже на это указывают. Выберем расстояние, полученное по параллаксу.

3.25. *HD 36313 = ADS 4116 AB = Renson 9370 = Brown 014b*

Звезда с аномальными слабыми линиями гелия. Тип спектра B8 He-wk. Главный компонент двойной системы ADS 4116 AB. Компонент B (величина $V = 9.7$) находится на расстоянии $0''.2$ от компонента A [39].

Параллакс не измерялся. Обладает магнитным полем. Экстремумы продольной компоненты по itcnb измерениям, приведенным в каталоге [35]: -1500 и -1100 Гс.

Оценим расстояние, используя данные Брауна и др. [19] ($\log T_{\text{eff}} = 4.11$, $M_V = +0.6$). $M(bol) = 0.0$, эта величина примерно на 1^m ниже, чем определенная по температуре. Вклад компонента B в светимость звезды в работе [19] не учитывался из-за близкого углового расстояния между компонентами.

В качестве компромисса примем $M_V = 0.0$ для звезды спектрального класса B8. Тогда модуль расстояния равен $8^m 0$ и расстояние до объекта $d = 400$ пк. Звезда является членом ассоциации.

3.26. HD 36412 = HIP 25863 = Renson 9940 =
Brown 100c

Am-звезда. Блеск $V = 9.467$, $M_V = +2.1$. Параллакс $\pi = 1.00$ mas не может быть принят во внимание, как индикатор расстояния. Звезда явно не может находиться на расстоянии 1 кпк, она значительно ближе.

Затменная двойная типа Алголя. Отмечается очень большое межзвёздное или околозвёздное поглощение $A_V = 1.91$. При этом межзвёздная поляризация минимальна $Pol = 0.030\%$. Оценим расстояние по данным [19]: модуль расстояния 5^m5 , и расстояние до объекта 130 пк. HD 36412 является объектом переднего плана и не входит в ассоциацию.

3.27. HD 36429 = HIP 25897 = Renson 9420 =
Brown 194a

Звезда с ослабленными линиями гелия. Спектральный тип B6 He-wk. Главный компонент двойной системы BDS 2793 A. Компонент B имеет $V = 8.91$ и находится на расстоянии $\rho = 67''2$ от главного компонента.

Параллакс $\pi = 5.12$ mas приводит к модулю расстояния 6^m45 и $M_p = +1.0$, что сильно отличается от величины $M_V = -0.7$. $M(\text{bol}) = -2.7$, что соответствует температуре, приведенной в [19].

Мы полагаем, что абсолютная величина -0^m7 больше соответствует спектральному классу B6, чем $+1.0$. Это значит, что параллакс ошибочен и звезда находится дальше, либо межзвёздное поглощение значительно больше 0^m15 . На это указывает и достаточно сильная межзвёздная поляризация $Pol = 0.330\%$. Примем, что расстояние по параллаксу ошибочно, и для расчета расстояния используем абсолютную величину $M_V = -0.7$. Тогда модуль расстояния равен 8^m1 , и расстояние $d = 420$ пк. В работе [28] указаны следующие параметры: масса звезды $M = 3.4 M_\odot$ и возраст 1.1 млн лет.

Объект включен в список [27] звёзд Ae/Be Хербига, членов близких OB-ассоциаций, с параметрами $A_V = 0.01$, $\log T_{\text{eff}} = 4.14$, масса $M = 4.0 M_\odot$ и с отметкой "Orion OB1a." Поэтому мы примем, что она принадлежит ассоциации.

Звезда магнитная, в каталоге [35] приведено продольное поле с экстремумами -840 и $+160$ Гс по пяти измерениям.

3.28. HD 36485 = Renson 9440 = Brown 020b

Магнитная звезда с усиленными линиями гелия. Спектральный тип B2 He-g. Спектрально-двойная δ Ori C = ADS 4134 C. Многократно и очень хорошо изученный объект. Согласно базе данных SIMBAD, представлен более чем в 220 публикациях. Детальная магнитная модель звезды приведена в статье [40]. Нами выполнено 12 измерений поля. Продольный компонент меняется от -3500 до $+3000$ Гс.

Межзвёздная поляризация $Pol = 0.00\%$, абсолютная визуальная величина $M_V = -1.0$. Измерений параллакса нет, поэтому оценим модуль расстояния в 7^m7 и расстояние $d = 350$ пк, пользуясь данными работы [19]. Многократно показано, что звезда принадлежит ассоциации Ori OB1. Находится на близком угловом расстоянии $20'$ от HD 36313, что соответствует 2.3 пк в картинной плоскости. Видим, что величина межзвёздного поглощения в направлении на обе звезды одинакова (см. Таблицу 5).

3.29. HD 36526 = Renson 9460 = Brown 023b

Звезда с ослабленными линиями гелия и усиленными линиями кремния. Спектральный тип B8 He-wk, Si. Измерений параллакса нет. Продольное поле меняется от -980 до $+3480$ Гс [35] по шести измерениям. Мы получили еще три измерения B_e от -3500 до $+2700$ Гс в 2011–2012 гг. Визуальная абсолютная величина $M_V = -0.6$, что дает расстояние 550 пк. Можно утверждать, что звезда принадлежит ассоциации.

3.30. HD 36540 = HIP 25954 = Renson 9480 =
Brown 106c

Магнитная звезда с ослабленными линиями гелия. Спектральный тип B7 He-wk. На Hipparcos получен параллакс $\pi = 2.22$ mas, что с учетом поглощения приводит к абсолютной величине $M_p = -0.7$ в прекрасной согласии с M_V . Звезда находится в области с большой поляризацией $Pol = 1.640\%$, и поглощение на пути к звезде также большое, $A_V = 0.59$. По-видимому, это следствие того, что она находится в Туманности Ориона. В списке звёзд этой туманности [41] она находится под названием Papegago 867.

$M(\text{bol}) = -2.5$, что указывает на большую яркость, чем следует из эффективной температуры. Оценим расстояние по физическим параметрам, найденным в [19]: $M_V = -0.5$, тогда $d = 420$ пк, что неплохо совпадает с расстоянием, определенным по параллаксу (450 пк).

В работе [27] приводится в списке звёзд Ae/Be Хербига близких OB-ассоциаций с параметрами $A_V = 0.43$, $\log T_{\text{eff}} = 4.08$, масса $M = 4.1 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1bc.”

В каталоге [35] указано на существование магнитного поля B_e от -400 до $+1030$ Гс по пяти измерениям. В 2010–2012 гг. мы получили еще четыре измерения B_e в пределах от -900 Гс до $+300$ Гс.

3.31. *HD 36549 = HIP 25979 = Renson 9490 = Brown 198a*

Звезда с ослабленными линиями гелия. Спектральный тип B7 He-wk. Параллакс $\pi = 3.13$ mas, межзвёздная поляризация $\text{Pol} = 0.115\%$. В работе [28] приведены масса звезды $M = 3.3 M_{\odot}$ и возраст $t = 1.5$ млн лет.

Модуль расстояния составляет $7^{\text{m}}52$, и величина $M_p = +1.0$, что существенно отличается от абсолютной величины $M_V = +0.1$. Судя по температуре, болометрическая поправка равна $-1^{\text{m}}0$, и $M(\text{bol}) = -1.1$. Приняв за основу данные [19], находим модуль расстояния $8^{\text{m}}4$ и $d = 480$ пк.

В списке звёзд Ae/Be Хербига в близких OB-ассоциациях [27] присутствует с параметрами $A_V = 0.00$, $\log T_{\text{eff}} = 4.02$, масса $M = 2.6 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1a.” В каталоге магнитных звезд [35] отсутствует.

3.32. *HD 36559 = Renson 9500 = Brown 110c*

Ar-звезда. Межзвёздное поглощение $A_V = 0.05$, $\text{Pol} = 0.280\%$, Масса $M = 2.83 M_{\odot}$. Сведений о магнитном поле нет, измерений на Hipparcos нет.

Находится на очень близком угловом расстоянии $4'8$ от HD 36540, что соответствует 0.56 пк в картинной плоскости. Но возникает противоречие — как мы видим, HD 36540 находится в области с большой поляризацией $\text{Pol} = 1.640\%$ в отличие от HD 36559 с $\text{Pol} = 0.280\%$. Вероятно, это указывает на то, что HD 36559 находится ближе Туманности Ориона. Используя данные из работы [19], получаем $M_V = +1.1$ и $d = 350$ пк, что указывает на членство звезды в ассоциации.

3.33. *HD 36606 = Renson 9540 = Brown 112c*

Am-звезда. $M_V = 1.9$, $A_V = 0.26$, $\log T_{\text{eff}} = 3.95$, радиус составляет $1.6 R_{\odot}$. Сведений о магнитном поле нет, измерений параллакса нет. Содержится в каталоге переменных звёзд рассеянных скоплений [32]. Паренаго [41] включил звезду в список объектов Туманности Ориона (Parenago 1001). Используя данные работы [19], оцениваем расстояние $d = 210$ пк. Объект переднего плана, находится ближе Туманности Ориона и не входит в ассоциацию.

3.34. *HD 36629 = HIP 26000 = Renson 9550 = Brown 114c*

Звезда с ослабленными линиями гелия. Спектральный тип B3 He-wk. В каталоге [35] обозначена как магнитная с экстремумами продольного поля -1300 и $+1100$ Гс. Звезда находится в области с сильным поглощением $A_V = 0.69$ и поляризацией $\text{Pol} = 1.843\%$. Масса $M = 6.47 M_{\odot}$, $\pi = 0.66$ mas, расстояние по параллаксу $d = 1.5$ кпк явно ошибочное. $M(\text{bol}) = -3.0$, что соответствует температуре.

Находится на очень близком угловом расстоянии $7'5$ от HD 36559, что соответствует 0.88 пк в картинной плоскости, и на расстоянии $11'2$ от HD 36540 (1.31 пк в картинной плоскости). Большое поглощение и линейная поляризация объясняются тем, что звезда находится в Туманности Ориона (Parenago 1044). Оценим расстояние до объекта используя $M_V = -1.3$. Тогда $d = 460$ пк. Звезда принадлежит ассоциации Ori OB1.

3.35. *HD 36668 = HIP 26048 = Renson 9560 = Brown 031b*

Звезда спектрального типа B7 He-wk, Si. Магнитная звезда, в каталоге [35] отмеченное по шести измерениям продольное поле меняется от -1590 до $+1320$ Гс. В 2011–2012 гг. мы получили еще пять измерений B_e в пределах от -2200 Гс до $+2000$ Гс.

В работе [28] приведены масса звезды $M = 3.2 M_{\odot}$ и ее возраст $t = 1.4$ млн лет. Представлена в списке звёзд Ae/Be Хербига близких OB-ассоциаций [27] с параметрами $A_V = 0.00$, $\log T_{\text{eff}} = 4.03$, масса $M = 3.2 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1bc.”

Используя параллакс получаем $d = 207$ пк, а $M_p = +1.5$, что на 2^{m} слабее M_V . $M(\text{bol}) = -0.7$, что на 1^{m} ярче, чем следует из температуры ($\log T_{\text{eff}} = 4.00$). Имеет место явная нестыковка между температурой, полученной Брауном и др. [19], и спектральным классом из работы Ренсона и Манфруа [11]. Нам представляется, что надо взять компромиссное значение $M_V = 0.0$, тогда расстояние $d = 400$ пк. Звезда является членом ассоциации.

3.36. *HD 36670 = Renson 9570 = Brown 117c*

Am-звезда. Видимо, находится в Туманности Ориона (Parenago 1126), так как наблюдается большая поляризация $\text{Pol} = 0.600\%$. Межзвёздное поглощение слабое, $A_V = 0.04$. Находится на близком угловом расстоянии $16'3$ от HD 36671, что на удалении 400 пк соответствует расстоянию 1.9 пк в картинной плоскости. Используя данные работы [19] ($M_V = +1.4$), находим расстояние

$d = 480$ пк. Звезда находится в ассоциации Ori OB1, что необычно для Am-звезд. Необходимо проверить спектральную классификацию объекта, возможно, она неверна.

3.37. HD 36671 = Renson 9580 = Brown 118c

Am-звезда. $M_V = +2.7$, $A_V = 0.30$, $\log T_{\text{eff}} = 3.89$, $\text{Pol} = 0.390\%$, измерений параллакса нет. Большое собственное движение указывает на относительную близость объекта. Оценим расстояние, используя данные работы [19]: $V - M_V = 5.7$, расстояние $d = 140$ пк. Объект ближнего фона, в ассоциацию не входит. Звезда проецируется на туманность Ориона (Parengo 1117).

Находится на близком угловом расстоянии $6'2$ от HD 36629, что соответствует расстоянию между ними 0.73 пк в картинной плоскости, и на расстоянии $16'2$ от HD 36670, что соответствует расстоянию 1.90 пк.

3.38. HD 36694 = Renson 9590 = Brown 034b

Am-звезда. $A_V = 0.23$, $\log T_{\text{eff}} = 3.92$, измерений параллакса нет. Находится на близком угловом расстоянии $11'9$ от HD 36726, что соответствует расстоянию между ними в картинной плоскости 1.40 пк. Используя $M_V = +2.4$ [19], получаем расстояние до объекта 200 пк. Таким образом, HD 36694 — звезда переднего плана и не является членом ассоциации.

3.39. HD 36697 = HIP 26036 = Renson 9600 = Brown 119c

Am-звезда. $M_V = +1.3$, $A_V = 0.26$, $\text{Pol} = 0.440\%$, $\pi = 3.20$ mas, что дает расстояние 310 пк. С учетом поглощения $M_p = +0.9$, в неплохом согласии с M_V . Расстояние, полученное по $M_V = +1.3$, составляет $d = 260$ пк. Примем его в качестве более приемлемого. Звезда ближнего фона. В ассоциацию Ori OB1 не входит.

3.40. HD 36726 = Renson 9620 = Brown 037b

Am-звезда. $M_V = 1.7$, $A_V = 0.04$, $\log T_{\text{eff}} = 3.96$, главный компонент двойной системы ADS 4156 A. Компонент B имеет величину $13^{\text{m}}7$, угловое расстояние до него $\rho = 20''0$. Измерений параллакса нет. По физическим параметрам из [19] модуль расстояния составляет $7^{\text{m}}1$, $d = 260$ пк. Объект ближнего фона, в ассоциацию не входит.

Находится на близком угловом расстоянии $11'9$ от HD 36694, что соответствует расстоянию 1.40 пк в картинной плоскости.

3.41. HD 36811 = HIP 26117 = Renson 9640 = Brown 042b

Am-звезда. $M_V = +1.6$, $A_V = 0.16$, $\pi = 4.75$ mas, $E(B - V) = 0.220$, расстояние по параллаксу 210 пк, величина $M_p = 0.3$ сильно отличается от M_V . Аномально сильное покраснение при небольшом межзвёздном поглощении. Видимо, величина $A_V = 0.16$ занижена. Параметры Брауна и др. [19] лучше соответствуют температуре и спектральному классу звезды. Тогда модуль расстояния (с учётом поглощения) равен $5^{\text{m}}3$, $d = 115$ пк. Звезда ближнего фона.

3.42. HD 36843 = HIP 26137 = Renson 9660 = Brown 127c

Am-звезда. Не исключена пульсационная переменность. $M_V = 1.5$, $A_V = 0.30$, $\pi = 5.19$ mas. Тогда величина $M_p = 0.1$, что сильно отличается от M_V . Расстояние по параллаксу 190 пк, но, видимо, оно завышено. Примем параметры Брауна и др. [19]. Тогда модуль расстояния (с учетом поглощения) равен $5^{\text{m}}0$, $d = 100$ пк. Звезда ближнего фона. На это указывает и большое собственное движение. Находится на близком угловом расстоянии $11'$ от HD 36958, что соответствует 1.3 пк в картинной плоскости. Звезда проецируется на Туманность Ориона (Parengo 1441), но в ассоциацию Ori OB1 не входит.

3.43. HD 36899 = Renson 9690 = Brown 132c

Пекулярная звезда с аномально сильными линиями стронция (тип B9 Sr). Объект находится в области Туманности Ориона (Parengo 1562). $v \sin i = 250$ км/с, попыток измерений поля проведено не было. Межзвёздная поляризация очень большая ($\text{Pol} = 0.890\%$) при практическом отсутствии поглощения ($A_V = 0.03$). Сведений о тригонометрических параллаксах нет.

Звезда находится на близком угловом расстоянии $20'5$ от HD 36843, что соответствует расстоянию 2.40 пк в картинной плоскости и на расстоянии $4'8$ от HD 294265, что соответствует 0.56 пк.

Оценим расстояние по данным [19]: $M_V = +1.4$, модуль расстояния $8^{\text{m}}1$, $d = 420$ пк. Согласно каталогу переменных звёзд в рассеянных скоплениях [32], является членом скопления NGC 1977, входящего в ассоциацию Ori OB1.

3.44. *HD 36916 = HIP 26182 = Renson 9700 = Brown 133c*

Магнитная звезда с ослабленными линиями гелия и усиленными линиями кремния. (спектральный тип B8 He-wk, Si). $M_V = -0.8$, $A_V = -0.01$, $\log T_{\text{eff}} = 4.17$, $\pi = 3.74$, $\text{Pol} = 0.270\%$. модуль расстояния 7.13, $M_p = -0.4$ в хорошем согласии с M_V . $M(\text{bol}) = -1.5$, что находится в согласии с эффективной температурой. В каталоге [35] показано, что поле меняется от -640 до -500 Гс (по трём измерениям). В 2010–2012 гг. мы провели еще три измерения: поле меняется в пределах от -1100 до 0 Гс.

Паренаго [41] поместил звезду в список объектов Туманности Ориона (Parengo 1628). Примем параметры Брауна и др. [19]. Тогда модуль расстояния равен $7^{\text{m}}5$, $d = 320$ пк, в хорошем согласии с расстоянием, полученным по параллаксу (270 пк). Звезда на границе переднего фона, ближе к нам, чем Туманность Ориона.

Согласно каталогу переменных звёзд в рассеянных скоплениях [32], является членом скопления NGC 1981, входящего в ассоциацию Ori OB1.

3.45. *HD 36918 = Renson 9710 = Brown 134c*

Главный компонент тройной системы BDS 2830 A. На расстоянии $28''$ находится компонент В ($V = 8.60$), и на расстоянии $97''$ — компонент С ($V = 10.43$). Находится в каталоге звёзд Туманности Ориона [41] (Parengo 1634).

Пекулярная звезда с ослабленными линиями гелия. $M_V = -0.1$, $A_V = 0.09$, масса $M = 3.5 M_{\odot}$, $v \sin i = 150$ км/с. Магнитное поле не найдено. Находится на близком угловом расстоянии $2^{\prime}4$ от HD 36960, что соответствует расстоянию 0.40 пк в картинной плоскости. Принимая параметры Брауна и др. [19], находим модуль расстояния $8^{\text{m}}4$, $d = 480$ пк.

Согласно каталогу переменных звёзд в рассеянных скоплениях [32], является членом скопления NGC 1976, входящего в ассоциацию Ori OB1.

3.46. *HD 36955 = Renson 9740 = Brown 052b*

Магнитная звезда, спектральный тип A2 CrEu. Продольное поле меняется в пределах от -1300 до -410 Гс по четырем измерениям [35]. Измерений параллакса не было. $M_V = 1.8$, принимая во внимание параметры из работы [19], получаем модуль расстояния $7^{\text{m}}7$, $d = 340$ пк. Звезда является членом ассоциации. Включена в каталог молодых звёзд в Орионе OB1b [42].

3.47. *HD 36958 = Renson 9750 = Brown 139c*

Звезда типа B3 He-wk. В каталоге [35] отсутствует. $M_V = -0.5$, $A_V = 0.28$, $\log T_{\text{eff}} = 4.23$, $\text{Pol} = 0.935\%$. Измерений параллакса не было. Находится в Туманности Ориона (Parengo 1708).

Принимая во внимание параметры из [19], получаем модуль расстояния $7^{\text{m}}5$, расстояние $d = 320$ пк. Вольф и др. [43] помещают звезду в молодое скопление в ассоциации Ori OB1c и находят $v \sin i = 50$ км/с. Таким образом, примем, что она является членом ассоциации.

3.48. *HD 36960 = HIP 26199 = Renson 9780 = Brown 141c*

Главный компонент кратной системы ADS 4182 A (HR 1887). Очень горячая звезда с усиленными линиями кремния, спектральный тип B0 Si. $M_V = -3.9$, $A_V = 0.07$, $\log T_{\text{eff}} = 4.45$, $\pi = 2.02$ mas, компонент В находится на расстоянии $36''$ ($V = 5.5$). Найден третий компонент С на расстоянии около $60''$ ($V = 9.0$).

Масса звезды $M = 15.7 M_{\odot}$, возраст 9.5 млн лет [28]. $\text{Pol} = 0.110\%$, модуль расстояния 8.47 , $M_p = -3.8$ в прекрасном согласии с M_V . $M(\text{bol}) = -7.0$ в хорошем согласии с эффективной температурой $28\,000$ К. Таким образом, принимаем расстояние до звезды 500 пк. Находится в Большой туманности Ориона (Parengo 1728). Сведений о присутствии магнитного поля не имеется.

Находится на близком угловом расстоянии $3^{\prime}4$ от HD 36918, что соответствует расстоянию 0.40 пк в картинной плоскости.

3.49. *HD 36982 = Renson 9800 = Brown 003d*

Звезда с усиленными линиями гелия типа B2 He-g. Входит в компактную область (d) — кинжал Ориона. $M_V = -1.4$, $A_V = 0.94$, $\text{Pol} = 1.007\%$, $v \sin i = 105$ км/с. Большие поглощение и поляризация указывают на то, что объект находится в Туманности Ориона (Parengo 1772). В каталоге [35] отсутствует. В 2010 г. мы получили одно измерение поля $B_e = +214 \pm 179$ Гс. Наблюдений на Hipparcos нет. Оценим расстояние до объекта по физическим параметрам из [19]. С учетом поглощения $d = 600$ пк. Входит в ONC (Orion Nebulae Cluster). В каталоге переменных звёзд рассеянных скоплений [32] представлена как член скопления NGC 1976. Поэтому мы считаем звезду членом ассоциации Ori OB1.

3.50. HD 36997 = HIP 26216 = Renson 9810 =
Brown 146c

Пекулярная звезда типа B9 SiSr. $M_V = 0.5$, $A_V = 0.19$, $\pi = 3.39$ mas. Сведений о магнитном поле нет. Модуль расстояния 7^m35 , $M_p = +0.8$ в хорошем согласии с M_V . Примем расстояние до звезды по параллаксу равным 300 пк. Найден спутник величиной $V = 10.3$ на расстоянии $\rho = 0''.1$ от главного компонента. Внесена в каталог звёзд Ae/Be Хербига в близких ОБ-ассоциациях [27] с параметрами $A_V = 0.06$, $\log T_{\text{eff}} = 4.04$, масса $M = 3.0 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1bc.” Звезда является членом ассоциации.

3.51. HD 37017 = HIP 26233 = Renson 9820 =
Brown 152c

Хорошо изученная магнитная пекулярная звезда с усиленными линиями гелия. В базе данных SIMBAD представлена в 240 публикациях. Спектральный тип B2 He-g. Спектрально-двойная SB1. Компонент B визуальной величиной $V = 10.28$ найден на расстоянии $0''.40$. Параметры главного компонента: $M_V = -1.3$, $A_V = 0.21$, $\log T_{\text{eff}} = 4.32$, $\text{Pol} = 0.250\%$.

Сильное магнитное поле звезды нашли Борра и Ландстрит [15], в дальнейшем магнитное поле измерялось неоднократно. Кривая продольного поля, построенная более чем по 30 измерениям, имеет экстремумы -2300 Гс и -300 Гс (в каталоге [35] указаны сведения о всех наблюдениях).

Расстояние $d = 380$ пк, $M_p = -1.6$ в хорошем согласии с M_V . Находится в Туманности Ориона (Parengo 1933) [41]. В каталоге переменных звёзд в рассеянных скоплениях [32] указано, что звезда принадлежит скоплению NGC 1981, входящему в ассоциацию Ori OB1. Включена в список звёзд Ae/Be Хербига в близких ОБ-ассоциациях [27] с параметрами $A_V = 0.49$, $\log T_{\text{eff}} = 4.48$, масса $M = 14.6 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1bc.” Звезда несомненно является членом ассоциации.

3.52. HD 37041 = HIP 26235 = Renson 9830 =
Brown 007d = θ^2 Ori A

Очень горячая звезда с усиленными линиями гелия B0 He-g, член известной кратной системы в Трапедии Ориона: θ^2 Ori A = ADS 4188 A. Детальные сведения об объекте приведены в монографии Э. А. Витриченко [3]. Звезда находится в Туманности Ориона (Parengo 1993). В базе данных SIMBAD насчитывается около 450 публикаций, посвященных изучению этого объекта.

$M_V = -3.3$, $A_V = 0.62$, $E(B - V) = 0.20$, $\text{Pol} = 0.792\%$, $\pi = 2.11$ mas. В работе [28] приведены масса звёзд $M = 17.0 M_{\odot}$ и возраст

0.2 млн лет, что соответствует возрасту подгруппы (d) ассоциации.

Сведений о магнитном поле нет. Оценим расстояние по параметрам, приведенным в работе Брауна и др. [19]. Модуль расстояния с учетом поглощения равен 7^m8 , $d = 360$ пк. Это находится в хорошем согласии с данными о расстоянии до Трапедии, полученными методами интерферометрии с длинной базой на VLBI ($d = 412$ пк). Давно показано, что звезда является членом ассоциации Ori OB1d.

3.53. HD 37058 = Renson 9850 = Brown 160c

Магнитная звезда типа B3 He-wk, Sr. Продольное поле $-800/+1000$ по восьми измерениям [35]. В 2011–2012 гг. мы получили еще пять измерений поля в пределах от -1200 до $+1200$ Гс. $v \sin i = 21$ км/с, период вращения $P = 14^d6$. Объект один из самых медленных ротаторов среди звёзд с аномальными линиями гелия. $M_V = -1.3$, $A_V = 0.15$, $\text{Pol} = 0.540\%$. Звезда находится в Туманности Ориона (Parengo 2083). Модуль расстояния с учетом поглощения равен 8^m5 , $d = 500$ пк. Член ассоциации Ori OB1, подгруппа (c).

3.54. HD 37111 = Renson 9870 = Brown 059b

В каталоге Ренсона и Манфруа [11] это Am-звезда. $M_V = 1.6$, $A_V = 0.03$, $\log T_{\text{eff}} = 3.99$, оценка расстояния — 270 пк. Звезда переднего фона. Не является членом ассоциации.

3.55. HD 37114 = Renson 9880 = Brown 011d

Пекулярная звезда B9p, в каталоге [11] тип пекулярности не определен. $M_V = 1.3$, $A_V = 0.04$, $\text{Pol} = 0.390\%$. В работе [28] приведены масса $M = 3.0 M_{\odot}$ и возраст $\log t = 6.65$. Так как возраст подгруппы (d) менее 1 млн лет, видим противоречие с возрастом HD 37114. Звезда находится в Туманности Ориона (Parengo 2284). В каталоге переменных звёзд рассеянных скоплений [32] приведена как член скопления NGC 1976, входящего в ассоциацию Ori OB1. Включена в список звёзд ONC (Orion Nebula Cluster) [44]

Звезда находится на близком угловом расстоянии $9'.2$ от HD 37041, что соответствует расстоянию 1.1 пк в картинной плоскости. Используя сведения из [19], оцениваем модуль расстояния 7^m7 и $d = 350$ пк. Звезда принадлежит ассоциации.

3.56. *HD 37129 = Renson 9890 = Brown 167c*

Пекулярная звезда с ослабленными линиями гелия. Спектральный тип В3 He-wk. Находится в Туманности Ориона (Papego 2314). $M_V = -0.9$, $A_V = 0.12$, $\log T_{\text{eff}} = 4.27$, $\text{Pol} = 0.320\%$. Параллакс и магнитное поле не измерены. В каталоге переменных звёзд рассеянных скоплений [32] приведена как член скопления NGC 1981, входящего в ассоциацию Ori OB1. Используя данные [19] получаем оценку расстояния: $d = 380$ пк. Звезда является членом ассоциации.

3.57. *HD 37140 = Renson 9910 = Brown 063b*

Спектральный тип В8 SiSr. Магнитная звезда. В каталоге [35] есть шесть измерений поля в пределах -1050 до $+400$ Гс. В 2010–2012 гг. мы получили еще три измерения поля и показали его переменность в пределах от -600 до $+100$ Гс. $M_V = -0.1$, $A_V = 0.69$, Период вращения $P = 2^{\text{d}}71$. В спектре наблюдается достаточно сильная депрессия на 5200 \AA , $\Delta a = 0.031$. Параллакс не измерен. Используя данные [19], оцениваем расстояние $d = 400$ пк. В каталоге переменных звёзд рассеянных скоплений [32] она указана как член скопления Collinder 70, входящего в ассоциацию Ori OB1. Мы согласны с этим результатом.

3.58. *HD 37149 = HIP 26319 = Renson 9920 = Brown 065b*

Спектральный тип В7 He-wk. $M_V = 0.1$, $A_V = 0.05$, $\log T_{\text{eff}} = 4.14$, модуль расстояния $8^{\text{m}}00$, $M_p = -0.03$ в отличном согласии с M_V . Магнитное поле не измерялось. Расстояния, определенные по параллаксу и физическим параметрам, совпадают: $d = 400$ пк.

Включена в список молодых звёзд ассоциации Ori OB1 [42] и список звёзд Ae/Be Хербига близких OB-ассоциаций [27] с параметрами $A_V = 0.10$, $\log T_{\text{eff}} = 4.14$, масса $M = 4.2 M_{\odot}$ и с отметкой "Orion OB1bc." Звезда принадлежит ассоциации.

3.59. *HD 37151 = HIP 26304 = Renson 9930 = Brown 170c*

Спектральный тип В8 He-wk. $\pi = 5.28 \text{ mas}$, $M_V = 0.5$, $A_V = 0.04$, $\text{Pol} = 0.130\%$, $v \sin i = 125 \text{ км/с}$, период вращения $P = 0^{\text{d}}8$. Согласно [28], масса звезды $M = 3.0 M_{\odot}$, возраст 32 млн лет, что существенно больше возраста подгруппы (с) ассоциации.

Расстояние по параллаксу $d = 190$ пк и $M_p = +1.0$ в согласии с M_V . Расстояние по физическим параметрам несколько другое: $d = 380$ пк.

Есть явное разногласие между спектральным классом В8 и температурой $\log T_{\text{eff}} = 4.31$, полученной в [19]. Судя по различным данным, помещенным в базе данных VizieR, эффективная температура звезды составляет 12000 К , в согласии со спектральным классом, и соответствует абсолютной визуальной величине $M_V = 0.0$. Тогда (с учетом поглощения) $d = 280$ пк. Единственное наше измерение поля дало результат $B_e = +1 \pm 90$ Гс. Звезда принадлежит ассоциации Ori OB1.

3.60. *HD 37210 = Renson 9950 = Brown 174c*

Пекулярная звезда с ослабленными линиями гелия и усиленными линиями кремния. Спектральный тип В8 He-wk, Si. $M_V = 0.5$, $A_V = 0.05$, $\log T_{\text{eff}} = 4.12$, $\text{Pol} = 0.110\%$, параллакс не измерялся, магнитное поле не найдено. Период вращения $P = 11^{\text{d}}05$, один из самых больших для Врзвёзд в Орионе. Находится в Туманности Ориона [41] (Papego 2410). Оцениваем расстояние $d = 320$ пк. Звезда является членом ассоциации.

3.61. *HD 37235 = Renson 9960 = Brown 069b*

Спектральный тип В9 He-wk. $M_V = -0.3$, $A_V = 0.06$, $\log T_{\text{eff}} = 4.13$, радиус $R = 2.6 R_{\odot}$. Магнитное поле не найдено. Расстояние по физическим параметрам $d = 480$ пк. Включена в список молодых звёзд в Орионе в работе [42]. Звезда является членом ассоциации.

3.62. *HD 37321 = HIP 26439 = Renson 10000 = Brown 075b*

Главный компонент двойной системы ADS 4222 AB. Пекулярная звезда, тип В5 He-wk. Компонент В найден на расстоянии $0^{\text{h}}8$. Согласно [28], масса звезды $M = 6.6 M_{\odot}$, а возраст 52.5 млн лет в противоречии с возрастом подгруппы (b) ассоциации (2 млн лет). $M_V = 0.0$, $A_V = 0.17$, $\pi = 1.56 \text{ mas}$, $\text{Pol} = 0.140\%$, $M(\text{bol}) = -0.8$. Модуль расстояния равен $9^{\text{m}}03$, $M_p = -2.1$, есть очень большие расхождения с M_V . Спектральному классу В5 больше соответствует абсолютная визуальная величина M_V около $-1^{\text{m}}0$. В таком случае расстояние до звезды 470 пк.

Звезда представлена в каталоге переменных звёзд в близких рассеянных скоплениях [32] как член скопления Collinder 70 и в списке звезд Ae/Be Хербига близких OB-ассоциаций [27] с параметрами $A_V = 0.15$, $\log T_{\text{eff}} = 4.20$, масса $M = 5.2 M_{\odot}$ и с отметкой "Orion OB1bc." Видимо, её возраст в работе [28] определен неправильно. Звезда принадлежит ассоциации.

3.63. *HD 37333 = HIP 26456 = Renson 10010 = Brown 077b*

Спектральный тип Ar Si. $M_V = 1.5$, $A_V = 0.22$, масса составляет $2.8 M_\odot$. Модуль расстояния равен $7^m 61$, $M_p = +0.7$, есть небольшие расхождения с M_V . При указанной температуре более приемлемой представляется абсолютная звездная величина, найденная по параллаксу. Таким образом, расстояние до звезды 330 пк. Магнитное поле не найдено.

Входит в список звёзд Ae/Be звёзд Херби-га в близких OB-ассоциациях с параметрами $A_V = 0.00$, $\log T_{\text{eff}} = 3.93$, масса $M = 2.8 M_\odot$ и с отметкой "Orion OB1bc." Объект принадлежит ассоциации.

3.64. *HD 37410 = HIP 26510 = Renson 10040 = Brown 190c*

Спектральный тип Am. Параллакс $\pi = 9.15 \text{ mas}$, $M_V = 1.4$, $A_V = 0.18$, $\log T_{\text{eff}} = 3.96$. Расстояние $d = 110 \text{ пк}$, $M_p = +1.5$, что очень хорошо согласуется с M_V . Паренаго [41] включил звезду в список объектов Туманности Ориона (Parenago 2647), но HD 37410 — скорее объект переднего фона. Близость звезды подтверждается большим собственным движением.

3.65. *HD 37444 = HIP 26524 = Renson 10060 = Brown 195c*

Согласно Ренсону и Манфруа [11], спектральный тип звезды Am. Но в этой же работе указано, что также имеются признаки переменности типа $\delta \text{ Del}$. Параллакс $\pi = 4.72$, $M_V = 2.4$, $A_V = 0.50$, $\log T_{\text{eff}} = 3.92$, $M_p = +0.5$, присутствуют очень большие расхождения с M_V . Паренаго [41] включил звезду в список объектов Туманности Ориона (Parenago 2674).

Нам представляется, что величина $M_V = +2.4$ больше подходит для этой звезды, чем найденная по параллаксу. По-видимому, звезда находится ближе. Оценивая расстояние, исходя из абсолютной величины звезды, полученной по физическим параметрам, находим $d = 90 \text{ пк}$. Это объект переднего фона Туманности Ориона и не входит в ассоциацию.

3.66. *HD 37470 = HIP 26530 = Renson 10070 = Brown 198c*

Пекулярная звезда с усиленными линиями кремния. Спектральный тип B8 Si. $\pi = 3.39 \text{ mas}$, $M_V = 0.6$, $A_V = 0.42$, $\text{Pol} = 1.511\%$, $M_p = +0.5$. Очень хорошее согласие с M_V . Большие величины поляризации и поглощения подтверждают, что звезда находится в Туманности Ориона

(Parenago 2699). Судя по температуре и спектральному классу и с учетом болометрической поправки, абсолютная визуальная величина звезды $M_V = 0.0$. Тогда расстояние до объекта $d = 370 \text{ пк}$. Звезда является членом ассоциации Ori OB1.

3.67. *HD 37479 = Renson 10080 = Brown 086b*

Хорошо изученная звезда с усиленными линиями гелия. Спектральный тип B2 He-g. Один из компонентов кратной системы $\sigma \text{ Ori}$: $\sigma \text{ Ori E} = \text{ADS } 4241 \text{ E}$. Магнитное поле открыли в [15], в дальнейшем было показано, что продольный компонент магнитного поля меняется с экстремумами -1600 Гс и $+3500 \text{ Гс}$ (по 14 измерениям, представленным в каталоге [35]). Восемнадцать новых спектрополяриметрических наблюдений с высоким разрешением, позволивших построить магнитную модель звезды, выполнены в работе Оксала и др. [45].

В базе данных SIMBAD представлена более чем в 300 публикациях, поэтому здесь мы ограничимся лишь вопросом о расстоянии до нее. $M_V = -1.9$, $A_V = 0.25$, $\log T_{\text{eff}} = 4.39$. Находится на близком угловом расстоянии $5'.1$ от HD 37525, что соответствует расстоянию 0.6 пк в картинной плоскости. Расстояние до объекта оцениваем в 460 пк .

В каталоге переменных звёзд рассеянных скоплений [32] представлена в качестве члена скопления Collinder 70. Одна из самых известных звёзд ассоциации Ori OB1.

3.68. *HD 37525 = HIP 26579 = Renson 10110 = Brown 088b*

Звезда с ослабленными линиями гелия. Спектральный тип B6 He-wk. В базе данных SIMBAD представлена как молодой звездный объект. Параллакс $\pi = 3.24 \text{ mas}$, $M_V = -0.3$, $A_V = 0.17$. В работе [28] приведены масса звезды $M = 3.9 M_\odot$ и её возраст $t = 1.2 \text{ млн лет}$. Входит в скопление $\sigma \text{ Ori}$ [42]. Присутствует в списке звёзд Ae/Be Херби-га в молодых OB-ассоциациях [27] с параметрами: $A_V = 0.18$, $\log T_{\text{eff}} = 4.18$, масса $M = 4.5 M_\odot$ и с отметкой "Orion OB1bc."

Расстояние по параллаксу $d = 310 \text{ пк}$, $M_p = +0.4$, что довольно сильно расходится с M_V . Для звезды спектрального класса B6 и $\log T_{\text{eff}} = 4.21$ абсолютная звездная величина должна быть около $-2^m 0$, расхождения с величиной, найденной по параллаксу, очень большие. Возможно, неправильно определены спектральный класс и температура.

В каталоге [35] отсутствует. Два наших измерения в 2010 г. и 2012 г. дали неопределенный

результат, поле более 1 кГс не обнаружено. Для оценки расстояния воспользуемся параметрами, взятыми из работы [19]: $d = 450$ пк. Безусловно, звезда является членом ассоциации.

3.69. HD 37633 = Renson 10130 = Brown 093b

Пекулярная звезда. Спектральный тип B9 EuSi. Измерений параллакса нет. $M_V = 0.5$, $A_V = 0.44$, $\log T_{\text{eff}} = 4.12$. Период вращения $P = 1^{\text{d}}57$. Модуль расстояния равен $8^{\text{m}}1$, $d = 420$ пк. Согласно работе [42], входит в скопление σ Ori. Включена в список переменных звезд рассеянных скоплений [32] в скоплении Collinder 70. Период переменности ($1^{\text{d}}57$) совпадает с периодом вращения. В каталоге магнитных звезд [35] не представлена. Является членом ассоциации Ori OB1.

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

Спектральный тип B9 He-wk, Si. $\pi = 1.33$ mas, $M_V = -0.6$, $A_V = 0.14$, $\log T_{\text{eff}} = 4.23$. Параллакс не может использоваться для оценки расстояния, он явно занижен. Поэтому будем использовать параметры, взятые из работы [19]: $M_V = -0.6$, $A_V = 0.14$, $\log T_{\text{eff}} = 4.23$. Присутствует в списке звезд Ae/Be Хербига в молодых OB-ассоциациях [27] с параметрами $A_V = 0.00$, $\log T_{\text{eff}} = 4.02$, масса $M = 3.3 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1bc.” Видим большие различия в эффективной температуре звезды в указанных выше двух работах. Для спектрального класса B9 больше подходит $\log T_{\text{eff}} = 4.02$.

Продольный компонент поля меняется от -3000 до $+3000$ Гс по десяти измерениям [35]. Три наши измерения, выполненные в 2011 г., дали результат в пределах от -700 до $+800$ Гс. Расстояние до объекта $d = 500$ пк или меньше. Звезда является членом ассоциации.

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

Пекулярная звезда с ослабленными линиями гелия и усиленными кремния. Спектральный тип B7 He-wk, Si. $\pi = 2.81$ mas, $M_V = -1.8$, $A_V = 0.51$, $\log T_{\text{eff}} = 4.16$, $M_p = -1.2$, есть относительно небольшие расхождения с M_V . $M(\text{bol}) = -2.5$, что несколько ярче, чем бывает при данной температуре.

В каталоге магнитных звезд [35] отсутствует. Три наши измерения 2011–2012 гг. показывают, у звезды есть магнитное поле. Продольный компонент меняется от -600 до $+500$ Гс.

Расстояние по физическим параметрам $V - M_V = 8.3$, $d = 460$ пк. Звезда является членом ассоциации Ori OB1.

3.72. HD 37776 = HIP 26742 = Renson 10190 = Brown 104b

Уникальная магнитная звезда с усиленными линиями гелия, многократно и подробно изучалась, в том числе и авторами этой статьи. В базе данных SIMBAD представлена в 220 публикациях.

Магнитное поле имеет сложную топологию (Кочухов др., [46]), наблюдается периодическая спектральная и фотометрическая переменность. Спектральный тип B3 He-g. $\pi = 3.03$ mas, $M_V = -1.7$, $A_V = 0.28$, $\log T_{\text{eff}} = 4.16$. Согласно работе [28], масса звезды $M = 6.4 M_{\odot}$, а возраст 0.9 млн лет. В спектре видны эмиссионные линии, указывающие на наличие оболочки вокруг звезды. Включена в список переменных звезд рассеянных скоплений [32] в скоплении Collinder 70. Присутствует в списке звезд Ae/Be Хербига в молодых OB-ассоциациях [27] с параметрами $A_V = 0.34$, $\log T_{\text{eff}} = 4.39$, масса $M = 10.0 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1bc.”

Очевидно, что температура звезды, приведенная в работе Брауна и др. [19] ($T_{\text{eff}} = 14\,000$ К), не соответствует спектральным данным. Многократно было показано, что для этой звезды $T_{\text{eff}} = 22\,000$ К и $M(\text{bol}) = -4.0$. Расстояние $d = 330$ пк, определенное по параллаксу, дает $M_p = -0.9$, что не соответствует температуре. Найдем расстояние, исходя из оценки $M_V = -1.7$, $d = 480$ пк. Вне сомнений, HD 37776 является членом ассоциации.

3.73. HD 37807 = HIP 26766 = Renson 10200 = Brown 215c

Спектральный тип B4 He-wk, $\pi = 0.17$ mas, $M_V = -0.4$, $A_V = 0.15$, $\log T_{\text{eff}} = 4.22$, $\text{Pol} = 0.300\%$. Расстояние по параллаксу не определяется, оценим его по физическим параметрам: $V - M_V = 8.1$, $d = 420$ пк.

Присутствует в списке звезд Ae/Be Хербига в молодых OB-ассоциациях [27] с параметрами $A_V = 0.25$, $\log T_{\text{eff}} = 4.27$, масса $M = 6.4 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1bc.” Магнитного поля не обнаружено. Звезда принадлежит ассоциации.

3.74. HD 37808 = HIP 26728 = Renson 10210 = Brown 216c

Пекулярная звезда с усиленными линиями кремния. Спектральный тип B9 Si. $\pi = 4.11$ mas, $M_V = -0.3$, $A_V = 0.03$, $\log T_{\text{eff}} = 4.17$, $M_p = -0.5$, есть очень небольшое расхождение с M_V . Примем расстояние, полученное по параллаксу, $d = 240$ пк. Возможно, звезда не является членом скопления, это объект переднего фона.

3.75. *HD 37874 = Renson 10220 = Brown 218c*

Спектральный тип Am. $M_V = 2.2$, $A_V = 0.41$, $\log T_{\text{eff}} = 3.91$. Объект слабо изучен. Оценка расстояния $V - M_V = 7.0$ дает $d = 250$ пк. Звезда переднего фона.

3.76. *HD 38271 = HIP 27094 = Renson 10307 = Brown 245a*

Спектральный тип Am. $\pi = 4.99$ mas, $M_V = 1.9$, $A_V = 0.38$, $\log T_{\text{eff}} = 3.95$, $M_p = +1.7$, есть небольшое расхождение с M_V . Звезда была изучена на предмет поиска быстрых пульсаций [47], но они у неё не были найдены. Расстояние по параллаксу $d = 200$ пк. Звезда переднего фона.

3.77. *HD 38724 = HIP 27385 = Renson 10420 = Brown 254a*

Спектральный тип Am. $\pi = 3.64$ mas, $M_V = 2.1$, $A_V = 0.44$, $\log T_{\text{eff}} = 3.93$, $M_p = +1.5$, есть небольшое расхождение с M_V . Объект слабо изучен. Звезда переднего фона, по параллаксу $d = 270$ пк, по физическим параметрам — еще ближе.

3.78. *HD 38912 = HIP 27487 = Renson 10450 = Brown 257a*

Спектральный тип B8 Si. $\pi = 2.08$ mas, $M_V = -0.2$, $A_V = 0.96$, $\log T_{\text{eff}} = 4.08$, $\text{PoI} = 0.428\%$. Присутствует очень сильное межзвёздное поглощение и поляризация. $M_p = -0.1$, что очень хорошо согласуется с M_V . $d = 500$ пк как по параллаксу, так и по физическим параметрам. Присутствует в списке звёзд Ae/Be Хербига в молодых OB-ассоциациях [27] с параметрами $A_V = 0.89$, $\log T_{\text{eff}} = 4.02$, масса $M = 2.9 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1bc.” Магнитного поля не обнаружено. Видим значительное поглощение, скорее околзвёздное. Звезда является членом ассоциации Ori OB1.

3.79. *HD 39572 = HIP 27854 = Renson 10598 = Brown 263a*

Спектральный тип Am. $\pi = 4.77$ mas, $M_V = 2.2$, $A_V = 0.29$, $\log T_{\text{eff}} = 3.92$, $d = 210$ пк, $M_p = +1.5$, есть достаточно хорошее согласие с M_V . Звезда переднего фона, это подтверждает большое собственное движение.

3.80. *HD 40009 = HIP 28069 = Renson 10666 = Brown 283c*

Спектральный тип Am. $\pi = 7.04$ mas, $M_V = 2.5$, $A_V = 0.22$, $\log T_{\text{eff}} = 3.91$, $M_p = +3.2$, есть достаточно хорошее согласие с M_V . В каталоге молодых убегающих звезд [28] приведены следующие параметры, характеризующие объект: масса $M = 1.9 M_{\odot}$, возраст $t = 11$ млн лет.

Берем расстояние по параллаксу: $d = 140$ пк. Звезда не принадлежит ассоциации, а является объектом переднего фона.

3.81. *HD 40146 = HIP 28156 = Renson 10710 = Brown 289c*

Слабо изученная звезда с усиленными линиями кремния. Спектральный тип A0 Si. Расстояние по параллаксу не определяется ($\pi = -0.82$ mas), поэтому используем физические параметры: $M_V = 0.5$, $A_V = 0.48$, $\log T_{\text{eff}} = 4.01$. Тогда $V - M_V = 8.4$, $d = 480$ пк. Звезда является членом ассоциации Ori OB1.

3.82. *HD 40759 = HIP 28479 = Renson 10900 = Brown 308c*

Магнитная химически пекулярная звезда. Спектральный тип A0 SrEu. В каталоге [35] представлены результаты трех измерений B_e с экстремумами от +1750 до +2050 Гс. $\pi = 4.63$ mas, $M_V = 1.4$, $A_V = 0.14$, $\log T_{\text{eff}} = 4.00$, $M_p = +1.7$, есть достаточно хорошее согласие с M_V . Примем расстояние $d = 250$ пк, найденное по физическим параметрам $V - M_V = 7.0$. Видимо, это звезда переднего фона.

3.83. *HD 290665 = Renson 9760 = Brown 128b*

Магнитная химически пекулярная звезда типа B9 SrCrEuSi, двойная. Продольное поле меняется от -1600 до +7000 Гс [35] по трём измерениям. Определений параллаксов нет. $M_V = +3.0$ [19]. Оценка расстояния $V - M_V = 6.3$, $d = 180$ пк. Объект переднего фона.

3.84. *HD 294046 = HIP 28487 = Renson 9190 = Brown 304a*

Пекулярная звезда, спектральный тип B9 Si. $\pi = 2.44$ mas, $M_V = -0.1$, $A_V = 0.20$, $\log T_{\text{eff}} = 4.18$, $M_p = 0.0$, есть очень хорошее согласие с M_V . Находится на очень близком угловом расстоянии $21'$ от HD 35456, что соответствует расстоянию 2.4 пк в картинной плоскости. Примем расстояние $d = 410$ пк, определенное по параллаксу в хорошем согласии с данными, полученными по физическим параметрам. Находится в каталоге

переменных звёзд рассеянных скоплений [32] как член скопления ASCC 19, принадлежащего ассоциации в Орионе. Присутствует в списке звёзд Ae/Be Хербига в молодых OB-ассоциациях [27] с параметрами $A_V = 0.00$, $\log T_{\text{eff}} = 4.04$, масса $M = 2.8 M_{\odot}$ и с отметкой “Orion OB1a.” Звезда принадлежит ассоциации Ori OB1.

3.85. HD 294265 = Renson 9670 = Brown 340c

Aм-звезда. $M_V = 2.3$, $A_V = 0.34$, $\log T_{\text{eff}} = 3.92$, $v \sin i = 200$ км/с, радиус $1.3 R_{\odot}$ указан в базе данных VizieR. Находится на близком угловом расстоянии $0^{\circ}080$ от HD 36899, что соответствует 0.56 пк в картинной плоскости. Оценим расстояние $V - M_V = 7.6$, $d = 330$ пк. Находится в каталоге переменных звёзд рассеянных скоплений [32] как член скопления NGC 1977, принадлежащего ассоциации в Орионе. Звезда принадлежит ассоциации Ori OB1.

3.86. Общие замечания к списку пекулярных звезд

Мы рассмотрели 85 CP-звёзд, выделенных нами в направлении ассоциации Ori OB1 и привели комментарий к каждой из них.

Видно, что для многих CP-звёзд, исследованных разными методами, существуют большие противоречия в оценках физических параметров, полученных разными авторами. Безусловно, спектры химически пекулярных звёзд отличаются от нормальных. Например, очень часто эффективные температуры, найденные по распределению энергии в континууме и по анализу спектральных линий различаются существенно, иногда на тысячи градусов. Тем не менее, указанное обстоятельство не может объяснить всех противоречий, увиденных нами при анализе CP-звёзд ассоциации Ori OB1.

Двадцать три из 59 Bp-звёзд, отмеченных как пекулярные в каталоге Ренсона и Манфруа [11], одновременно присутствуют также и в списке звёзд Ae/Be Хербига в молодых OB-ассоциациях [27]. Тот факт, что примерно 40% объектов классифицируются одновременно как объекты разных типов, говорит о том, что классификация с низким разрешением часто бывает ошибочной и противоречивой и не отражает глубинных особенностей тех или иных процессов, происходящих в звездах, приводящих к различиям в наблюдаемых параметрах.

Нужно внимательное изучение каждого объекта с целью выяснения места возникновения эмиссий, характерных для звёзд Ae/Be Хербига: это атмосфера звезды, окружающая её оболочка либо туманность. Например, в спектре очень известной магнитной звезды HD 37776 с сильным полем сложной конфигурации заметна эмиссия в

линии H α . Наши исследования [48] показали, что она возникает в туманности, в которую погружена звезда. В этих случаях для выявления источника эмиссии необходимо провести наблюдения с достаточно высоким спектральным разрешением.

Мы обнаружили, что в каталоге пекулярных звёзд Ренсона и Манфруа [11] представлены 23 Ам-звезды в направлении на ассоциацию. Это вызывает удивление, так как маломассивные Ам-звезды в своей эволюции еще не должны были выйти на ГП. Поэтому мы решили проверить, не являются ли указанные Ам-звезды объектами переднего фона и не принадлежат ассоциации. Параллаксы имеются для 14 Ам-звёзд из 23-х, и они отчетливо указывают на правильность такой версии — объекты находятся на расстоянии ближе 300 пк. Расстояние до остальных девяти звёзд можно определить только по анализу температуры и светимости.

Мы сравнили абсолютные величины звёзд, полученные исходя из физических параметров [19] и по параллаксу, главным образом для того, чтобы надежно определить расстояние и, тем самым, принадлежность звезды к ассоциации. В случае очень больших противоречий между $\log T_{\text{eff}}$ и M_V в указанной работе мы выбирали стандартные параметры для нормальных звёзд указанной температуры и спектрального класса. В результате выполнения такой работы мы выяснили, что и остальные Ам-звезды являются объектами переднего фона. Тем не менее этот вопрос нельзя считать окончательно решенным, так как трудно объяснить наличие достаточно концентрированной группировки Ам-звезд в поле. Кроме того, Браун и др. [19], используя три различных критерия, включили указанные Ам-звезды в члены ассоциации Ori OB1. Это находится в противоречии с нашими выводами, представленными выше. Известно, что большинство Ам-звезд являются двойными, поэтому не исключено что их параллаксы и физические параметры определены неверно, что может привести к ошибочным выводам о расстояниях до них. В любом случае вопрос о присутствии Ам-звезд в ассоциации нуждается в более детальном рассмотрении.

Один объект (HD 36670) классифицируется как Ам-звезда. Но, по-видимому, эта классификация ошибочна. Звезда находится в Туманности Ориона на расстоянии 480 пк и по многим признакам принадлежит ассоциации Ori OB1.

Наше исследование показывает, что при массовых классификациях, выполненных по данным фотометрии или по спектрам низкого разрешения, возникают очень большие ошибки в определениях температуры и других физических параметров. Например, в базе данных VizieR приводятся эффективные температуры для большей части CP-звёзд

нашего списка. Часто данные разных авторов противоречивы, в частности, результаты, полученные по анализу спектров, могут существенно отличаться от результатов из работы [19]. Но мы вынуждены пользоваться результатами указанной работы, так как другой однородной выборки данных о физических параметрах звёзд в ассоциации Ог1 ОВ1 нет.

В комментариях к отдельным звездам мы описали процесс определения расстояний.

4. ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ СР-ЗВЁЗД

Итак, мы нашли 85 химически пекулярных звёзд в направлении на ассоциацию Ог1 ОВ1 на расстояниях от 100 до 600 пк, что составляет 10.4% всех объектов, выделенных в [19] в объеме в указанных границах. Отбор нормальных и пекулярных звёзд в члены ассоциации был проведен Брауном и др. [19] единообразно с использованием одинаковых критериев, поэтому мы не видим причин для возникновения каких-либо систематических ошибок. Имеются основания считать, что выборка полная до 10^m .

Сравнение физических параметров пекулярных и нормальных звёзд проведено на Рис. 3. Из рисунка видно, что максимум распределения нормальных звёзд выражен резко на величине $\log T_{\text{eff}} = 3.95$, в то время как для пекулярных звёзд в распределении по температурам наблюдается плато от $\log T_{\text{eff}} = 3.8$ до $\log T_{\text{eff}} = 4.2$ с резким падением сторону горячих звёзд. Поскольку абсолютные величины M_V и светимости $\log L$ вычисляются исходя из эффективной температуры, функции распределения этих величин аналогичны.

Указанные звезды показаны на Рис. 4, где представлено их пространственное распределение (в галактических координатах). Видно крайне неравномерное распределение пекулярных звёзд. Большая их часть сконцентрирована в центре ассоциации, имеются большие области внутри нее, в которых СР-звёзд нет.

По типам пекулярности СР-звёзды распределены следующим образом: 23 — Am-звезды, 7 — He-r, 27 — He-wk, 19 — Si, Si+ и 9 звёзд других типов. В подгруппе (a) найдено 24 СР-звезды, что составляет 7.7% от общего количества объектов в этой подгруппе; в подгруппе (b) — 21 СР-звезда (15.1%), в подгруппе (c) — 37 СР-звёзд (10.6%) и подгруппе (d) — 3 СР-звезды (21.4%).

Видим, что доля пекулярных звёзд наименьшая среди самой старой подгруппы ассоциации (a) — 7.7%, и в два раза большая в существенно более молодой (b) — 15.1%. Доля пекулярных звёзд еще больше в самой молодой подгруппе (d), но в ней всего 14 объектов — слишком слабая статистика.

Таблица 7. Количество пекулярных звёзд разных типов в подгруппах ассоциации

Рес	Всего	(a)	(b)	(c)	(d)
Am	23	6	4	13	0
He-r	7	1	3	1	2
He-wk	27	7	8	12	0
Si, Si+	19	6	4	8	0
другие	9	3	1	4	1

Прежде чем анализировать падение доли пекулярных звёзд с возрастом в ассоциации Ог1 ОВ1, изучим пространственное распределение СР-звёзд разных типов в ней. В Таблице 7 представлено распределение пекулярных звёзд разных типов в 4 подгруппах ассоциации. В колонках таблицы приведены тип пекулярности и количество звезд: суммарное и в подгруппах (a), (b), (c), (d).

В списках Брауна и др. [19] суммарно в более старых группах (a) и (c) находится 661 звезда, что составляет 81.2% от общего количества звёзд в ассоциации. Примем такую долю в качестве нормы.

Рассмотрим далее распределение выбранных нами пекулярных звёзд в ассоциации. Видим, что Am-звезды сконцентрированы в старых группах (a) и (c): 82.6%, и их распределение не отличается от нормального. Это еще раз указывает на то, что они являются объектами поля, и что в списках работы [19] имеется много объектов, не являющихся членами ассоциации.

Но Вр-звёзды сосредоточены в старых подгруппах в значительно меньшей степени. Так, доля звёзд He-wk в старых группах (a) и (c) — 70.4%, Si-звёзд — 52.6%, а звёзд типа He-r — 28.6%. Различия очень существенные и значимые. Особенно заметно преобладание звёзд с усиленными линиями гелия в молодых подгруппах (b) и (d). Интересно отметить, что доля звёзд с усиленными линиями гелия в подгруппах (b) и (d), возраст которых не более 2 млн лет, в три раза выше доли звёзд с ослабленными линиями гелия в тех же подгруппах.

Рассмотрим теперь пространственное распределение пекулярных звёзд разных типов на Рис. 4. В верхней части рисунка представлено распределение в галактических координатах, а в нижней — трехмерная картина, расстояние до объектов взято из Таблицы 4. Из рисунка видно, что, все 23 Am-звезды, видимо, не принадлежат ассоциации Ог1 ОВ1, а являются объектами переднего фона.

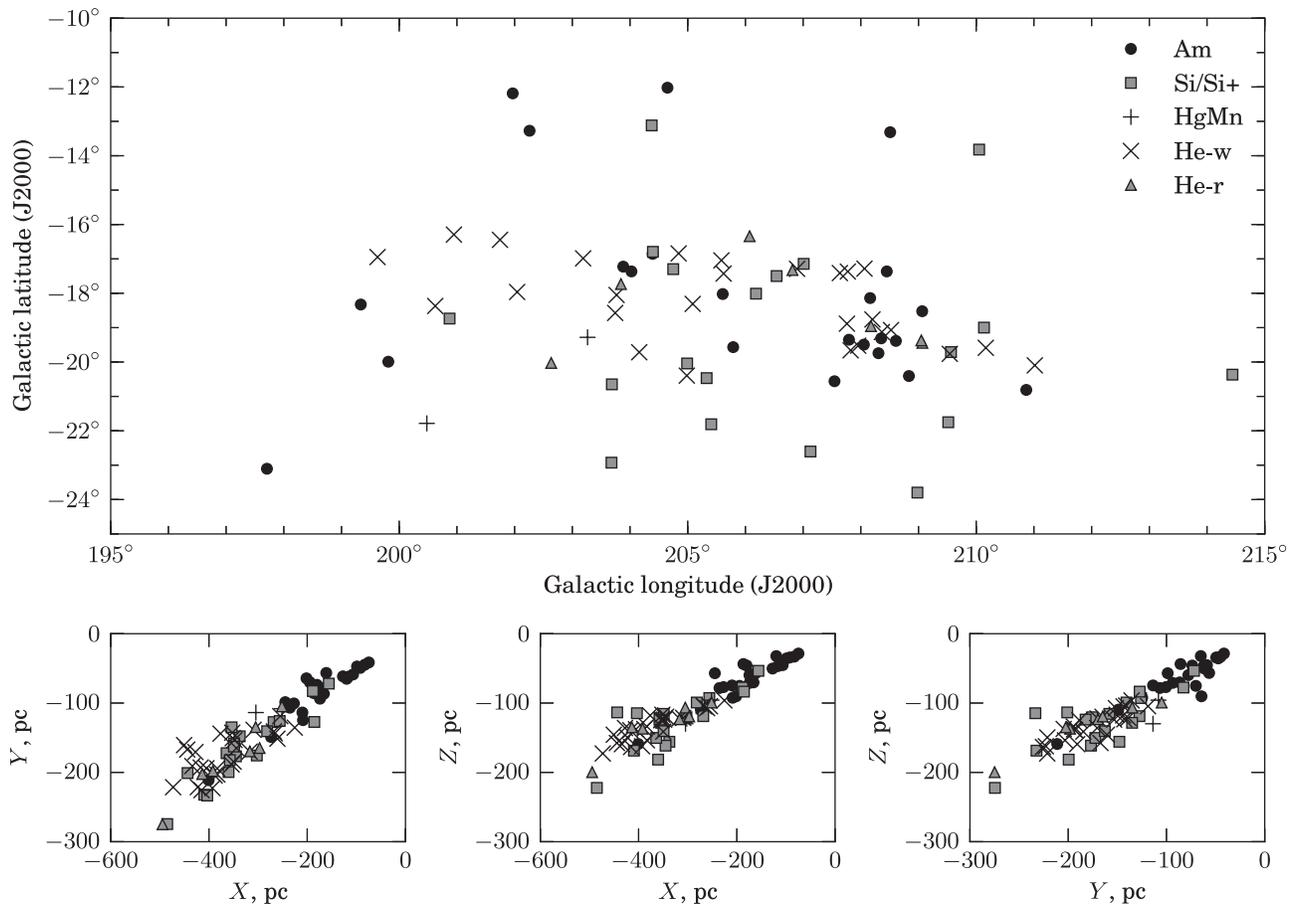


Рис. 4. Трехмерная картина распределения CP-звезд разных типов. Нижние графики представлены в прямоугольной системе галактических координат с Солнцем в центре системы.

Мы не можем здесь провести полный индивидуальный анализ всех 814 звезд из выборки Брауна и др. [19]. Остается только предположить, что звезды с эффективными температурами менее 10 000 K в основном являются объектами переднего фона, а более горячие звезды — членами ассоциации. В этом случае 23 Am-звезды из 375 составляют 6.1% от всех с $\log T_{\text{eff}} < 4.0$. Прибавим еще 3 Ap-звезды с $\log T_{\text{eff}} < 4.0$ и получаем 26 из 375 — 7.0%.

Доля Вр-звезд в ассоциации Ori OB1 составляет 59 из 439 — 13.4% — почти в два раза больше, чем пекулярных А-звезд.

Если взять только горячие звезды, то их доля в разных подгруппах следующая: (a) — 17 звезд из 159 (10.7%), (b) — 14 звезд из 100 (14.0%), (c) — 25 звезд из 167 (15.0%), (d) — 3 звезды из 13 (23.0%). Из этих данных следует, что, хотя какой-то тренд остался, зависимость стала значительно менее выраженной. Явно видна только меньшая доля горячих звезд в подгруппе (a).

Это означает, что в значительной степени тренд возник из-того, что в разных подгруппах ассоциации доля звезд с разной эффективной температурой различна. А когда мы анализируем более однородный по температуре список объектов, тренд уменьшается.

Но тогда закономерно возникает другой вопрос — о значительно меньшей доле холодных пекулярных звезд в ассоциации Ori OB1. Может быть имеются неучтенные Am и Ap-звезды переднего фона, которые не вошли в список Брауна и др. [19] как объекты не принадлежащие ассоциации? Этот вопрос требует специального изучения. Мы можем найти частоту встречаемости пекулярных звезд в разных областях небесной сферы, используя каталог Ренсона и Манфруа [11] и другие данные, внесенные в базу данных SIMBAD. Можно уверенно утверждать, что спектральная классификация выполнена практически для всех звезд ярче 10^m , помещенных в разные звездные каталоги (BD, HD, HIP и др.). Поэтому отношение

Таблица 8. Частота встречаемости CP-звёзд разной температуры в разных областях неба

Участок	B0–B9	B0–B9 (pec)	%	A0–A9	A0–A9 (pec)	%	A0–A5	A0–A5 (pec)	%
1	470	67	14.5	1074	41	3.8	924	37	4.0
2	123	12	9.8	944	31	3.3	863	25	2.9
3	50	8	16.0	264	21	8.0	196	20	10.2

количества пекулярных звёзд к нормальным можно найти для любой области неба.

Выберем три участка на небесной сфере, примерно равные по площади исследуемой нами ассоциации Ori OB1, таким образом, чтоб один из них совпадал с ассоциацией, второй находился в направлении на центр Галактики, а третий — в направлении на её антицентр. Чтобы минимизировать влияние межзвёздного поглощения в Галактике два последних участка выбраны на достаточном удалении от её плоскости.

Выбранные нами области на небесной сфере следующие. Участок 1 имеет границы α от $4^{\text{h}}55^{\text{m}}$ до $5^{\text{h}}55^{\text{m}}$, δ от -11° до $+7^\circ$ и соответствует границам исследуемой нами области ассоциации Ori OB1. Участок 2 имеет границы α от $3^{\text{h}}00^{\text{m}}$ до $4^{\text{h}}00^{\text{m}}$, δ от $+20^\circ$ до $+40^\circ$. Он находится несколько южнее плоскости Галактики (b от -10° до -30°) в направлении на антицентр Галактики. Участок 3 имеет границы α от $15^{\text{h}}00^{\text{m}}$ до $16^{\text{h}}00^{\text{m}}$, δ от -10° до -30° в направлении на центр Галактики, но выше её плоскости в пределах b от $+20^\circ$ до $+40^\circ$.

Результаты приведем в Таблице 8.

Как и следовало ожидать, наибольшее количество В-звёзд (470) наблюдается в ассоциации Ori OB1, их распространённость в других участках значительно меньше. Тем не менее, видно, что доля Вр-звёзд в разных участках небесной сферы примерно равная и находится в пределах от 10% до 16% от всех В-звёзд. Доля Вр-звёзд в ассоциации Ori OB1 (13.4%) нормальная и соответствует доле Вр-звёзд поля.

В то же время, видим значительно меньшую долю Ар и Am-звёзд среди нормальных А-звёзд. В направлении на антицентр Галактики она составляет 3.3% для звёзд A0–A9 и 2.9% для звёзд A0–A5. В направлении на центр Галактики она выше и составляет 8.0% для звёзд A0–A9 и 10.2% для звёзд A0–A5, но в полтора раза ниже доли Вр-звёзд. Оценить, играет-ли какую-нибудь роль наблюдательная селекция, очень трудно. Для этого необходимо провести анализ частоты встречаемости пекулярных А и В-звёзд по всей небесной сфере. Но в рамках настоящей работы такой анализ

провести невозможно. Мы можем только выборочно сравнить наши данные с полученными ранее в литературе, не основанными на анализе каталога Ренсона и Манфруа [11].

Например, в работе Клочковой и Копылова [13], анализируются данные о частоте встречаемости пекулярных звёзд в группировках разного возраста, основанные на собственном наблюдательном материале — спектрах полученных на ОЗСП БТА. Доля CP-звёзд от общего количества звёзд В2–A7 в разных подгруппах ассоциации Орион ОВ1 выглядит так: (a) — 11%, (b) — 8%, (c) — 8%, (d) — 0%. Результаты хорошо совпадают с выводами нашей работы: доля Вр-звёзд выше, чем средняя доля всех CP-звёзд (см. Таблицу 8).

Как видим, использование данных каталога [11] приводит к выводам о том, что: 1) доля пекулярных звёзд с $T_{\text{eff}} > 10000$ К (Вр-звёзды) в ассоциации Ori OB1 в два раза выше, чем доля звёзд с $T_{\text{eff}} < 10000$ К (Ар и Am-звёзды); 2) это общая закономерность — в трех независимых выборках звёзд доля пекулярных В-звёзд значительно выше доли пекулярных А-звёзд по сравнению с нормальными тех же спектральных классов.

Таким образом, мы получаем независимое подтверждение того, что частота встречаемости пекулярных В-звёзд в изучаемой нами ассоциации значительно больше частоты встречаемости пекулярных А-звёзд. Это значит, что эффект реальный и не является проявлением наблюдательной селекции данных.

5. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

5.1. Общие замечания

Мы уже ранее (Рис. 4) показали, что группировка Am-звёзд расположена отдельно от других объектов и находится ближе к наблюдателю. Можно сделать вывод, что Am-звёзды — это объекты переднего плана и только проецируются на ассоциацию.

Мы показали, что звезды с аномальными линиями гелия принадлежат к скоплению и сконцентрированы в основном в подгруппах (b) и (c) — 20 объектов, в то время, как в подгруппе (a) только

Таблица 9. Двойные CP-звёзды ассоциации Ori OB1

HD	Brown+(94)	Sp, pec	V, mag	log T_{eff}	A_V , mag	Pol, %	$v \sin i$, км/с	P , days
33647	034 a	B9 HgMn	6.665	3.96	0.05	0.150	35	0.57
34880	045 c	B8 Mn	6.412	4.12	0.28	0.304	50	
34959	086 a	B6 p	6.52	4.16	0.12	0.936	225	
35039	091 a	B2 He-r	4.703	4.30	0.13	0.000	10	
35456	121 a	B7 He-wk	6.936	4.16	0.24	0.216		
35502	124 a	B6 SrCrSi	7.327	4.20	0.32	0.330	240	1.7
35548	125 a	B9 HgMn	6.560	4.04	0.09		20	
36313	014 b	B8 He-wk	8.174	4.11	0.12			
36412	100 c	Am	9.467	3.92	1.91			
36429	194 a	B6 He-wk	7.560	4.23	0.15	0.330		
36485	020 b	B2 He-r	6.828	4.29	0.12	0.000	40	1.7
36960	141 c	B0 Si	4.78	4.45	0.07	0.110	30	
37017	152 c	B2 He-r	6.553	4.32	0.21	0.250	160	0.90
37041	007 d	B0 He-r	5.08	4.50	0.62	0.792	120	
37321	075 b	B5 He-wk	7.09	4.18	0.17	0.140	85	
37479	086 b	B2 He-r	6.66	4.39	0.25		175	1.19
290665	128 b	B9 SrCrEuSi	9.44	3.86	0.19			

8 объектов. Кремниевые звезды группируются в основном в подгруппах (a) и (c) — 14 из 18, и только 4 — в подгруппе (b). Особенно большие различия наблюдаются в пространственном распределении звёзд с усиленными линиями гелия (преимущественно находятся в подгруппе (b)) и усиленными линиями кремния (избегают подгруппу (b)). Детальное рассмотрение вопроса о том, имеются ли предпочтительные условия для образования пекулярностей разного типа в разных частях ассоциации, еще предстоит.

5.2. Оптически близко расположенные звезды

В ассоциации Ori OB1 имеется много оптически близких звёзд, находящихся на малых угловых расстояниях. Среди них имеются как реальные физически двойные или кратные системы, так и оптические пары и системы. Так как не вызывает сомнений групповое рождение звёзд в ассоциации, детальное рассмотрение близких объектов представляет особый интерес.

Мы выделили 17 физически двойных из 85 CP-звёзд ассоциации, что составляет типичную

величину — 20%. Возможно, еще не все двойные и кратные звезды ассоциации обнаружены. В Таблице 9 приведен их список. Обозначения аналогичны Таблице 5. В подгруппе (a) имеется 7 звёзд, в (b) — 5, в (c) — 4, в (d) — 1. Распределение по типу пекулярности: He-r — 5 (из 7), He-wk — 4 (из 27), SiSi+ — 2 (из 19), Am — 1 (из 23), другие — 5 (из 9).

Видим, что доля двойных наибольшая среди звёзд типа He-r. Две звезды, у которых не найдены компаньоны, — это HD 36982 и HD 37776. Вторая звезда знаменита очень сильным полем сложной топологии. Возможно, что и у HD 36982 присутствует сложное поле, профили линий дают прямые указания на это. Спектрополяриметрические исследования этой звезды еще предстоит провести.

Давно известно, что доля двойных среди магнитных CP-звёзд в два раза ниже нормальной. Более детальное исследование показали, что магнитные звёзды не имеют близких спутников, расстояния до которых меньше 1 млрд км. В нескольких случаях, когда такие спутники наблюдаются, их орбитальные периоды равны периоду вращения звезд

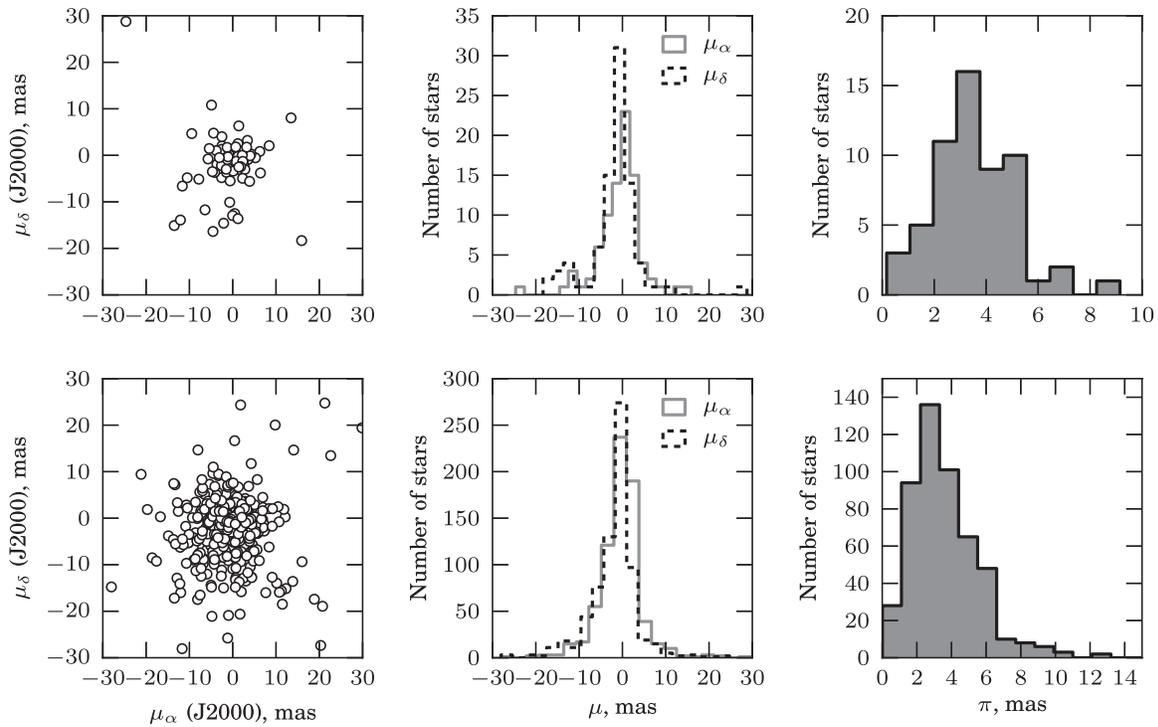


Рис. 5. Распределение по собственным движениям (левый и центральный столбцы рисунка) и параллаксам нормальных звёзд (нижний график каждого столбца) и CP-звёзд (верхний график столбца) ассоциации.

ды. При больших расстояниях между компонентами (почти всегда CP-звезда — главный компонент, а второй — нормальная звезда), магнитные поля компонентов не влияют друг на друга, и частота встречаемости двойных нормальная (подробности см. в работе [33]). К настоящему времени известна только одна пара CP-звёзд (BD +40° 175 AB), оба компонента которой имеют надёжно измеренное сильное магнитное поле.

Исследование двойных CP-звёзд крайне важно с точки зрения понимания механизмов возникновения пекулярностей и генерации магнитного поля при групповом рождении звёзд. Между тем, нет достаточного количества наблюдательных данных, которые бы служили надёжным фундаментом для теории.

С другой стороны, в звездных скоплениях можно попытаться найти близкие магнитные звёзды не только среди физически связанных пар, но и близкие объекты, образовавшиеся вместе при групповом рождении из единого протозвёздного облака. Детальные исследования близких звёзд могли бы дать новую информацию о сложных процессах, протекающих во время образования звёзд. Поэтому мы считаем, что интерес представляет не только изучение двойных звёзд, но и близких оптических пар ассоциации Ori OB1, расстояние между компонентами у которых не превышает 30',

что на среднем расстоянии 400 пк даёт расстояние 3.5 пк в картинной плоскости. Будем надеяться, что по крайней мере некоторые из них могут оказаться близкими реально, а не только в проекции на картинную плоскость. Единичные попытки исследовать магнитные поля близких звёзд нами предпринимались и ранее [10], но было найдено всего три пары с расстоянием между компонентами в картинной плоскости менее 10 пк. Мы надеемся, что исследования звёзд в ассоциации Ori OB1 позволит значительно улучшить ситуацию.

В качестве критерия для включения в список близких звёзд мы выбрали расстояние не более 3 пк между объектами в картинной плоскости.

Выборка звёзд с малым угловым расстоянием δ между ними приведена в Таблице 10. При вычислении расстояния D в парсеках принято среднее расстояние до ассоциации 400 пк. V — визуальная величина объекта.

Итак, в дополнение к 17 физическим парам мы выделили ещё 15 оптических пар, расстояние между компонентами которых не превышает 30' в картинной плоскости. Необходимо тщательное изучение движения, физических параметров, измерение магнитного поля и построение магнитных моделей для тех из них, в которых поле будет найдено. Но оставим этот анализ для будущей работы.

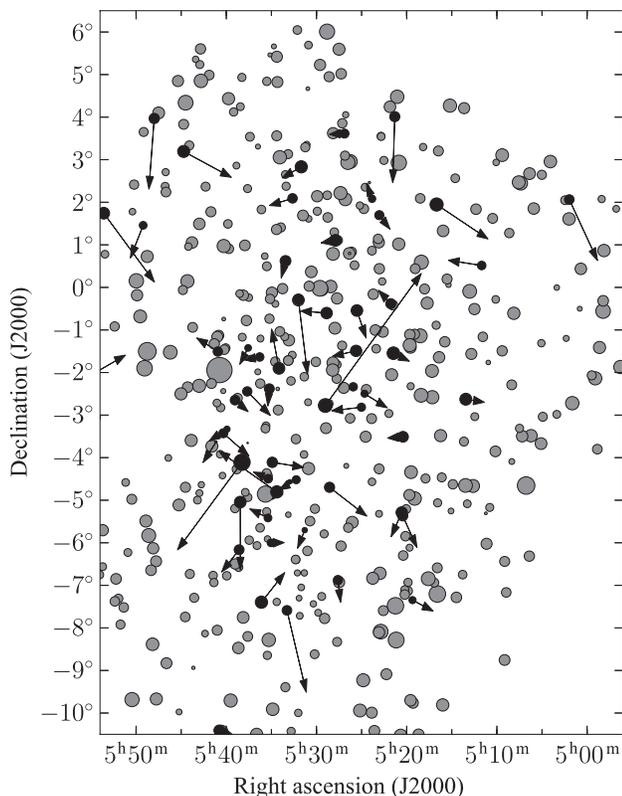


Рис. 6. Собственное движение химически пекулярных звёзд из каталога Брауна и др. Длина стрелки пропорциональна значению пространственного движения μ_α и μ_δ , размер кружка пропорционален значению параллакса.

6. КИНЕМАТИКА И МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ СР-ЗВЁЗД АССОЦИАЦИИ

6.1. Лучевые скорости и собственные движения

Лучевые скорости СР-звёзд ассоциации Ог1 ОВ1 соответствуют одним для нормальных, за исключением одной звезды HD 35548. Ее лучевая скорость по модулю соответствует скоростям других близких звёзд, но в литературе приведена с отрицательным знаком. Звезд-бегунов не обнаружено.

Распределение собственных движений и параллаксов нормальных и пекулярных звёзд приведено на Рис. 5. Пекулярные звезды представлены в верхней части графика, а все звезды ассоциации — в нижней.

Собственное движение пекулярных звёзд на фоне всех продемонстрировано также и на Рис. 6. Анализ показывает, что собственные движения пекулярных звёзд в целом соответствуют движениям других звёзд ассоциации Ог1 ОВ1.

Собственные движения большинства Ам-звёзд значительно выше остальных, еще раз подтверждая, что они находятся ближе других объектов ассоциации.

Таблица 10. Оптически близкие пекулярные звёзды ассоциации Ог1 ОВ1

Звезда 1	V , mag	Звезда 2	V , mag	δ , arcmin	D , пк
HD 34880	6.41	HD 34889	8.73	5.2	0.6
HD 35177	8.16	HD 35298	7.91	26.4	3.0
HD 35456	6.94	HD 35502	7.33	21.0	2.5
		HD 294046	8.26	21.0	2.5
HD 36313	8.17	HD 36485	6.83	19.5	2.3
HD 36629	7.65	HD 36559	8.81	7.5	0.9
		HD 36540	8.16	11.2	1.3
HD 36671	8.68	HD 36629	7.65	6.2	0.7
		HD 36670	8.90	16.2	1.9
HD 36726	8.83	HD 36694	9.11	11.9	1.4
HD 36843	6.82	HD 36958	7.31	11.0	1.3
HD 36899	9.49	HD 294265	10.23	4.8	0.6
HD 36960	4.79	HD 36918	8.34	3.4	0.4
HD 37114	9.01	HD 37041	5.08	9.2	1.1
HD 37479	6.66	HD 37525	8.06	5.1	0.6

6.2. Магнитные поля

В Таблице 11 представим звезды ассоциации Ог1 ОВ1, у которых достоверно обнаружены магнитные поля. В столбцах таблицы приведены: название звезды по каталогу HD, ее название в каталоге [19], экстремальные значения поля, спектральный класс и тип пекулярности, степень межзвёздной (или околозвёздной) линейной поляризации P_{ol} , проекция скорости вращения на луч зрения $v \sin i$ и период вращения P .

Итак, найдены 22 магнитные звезды, 21 из них — Вр-звёзды. Еще у двух объектов типа He-wk наличие поля заподозрено. 8 из магнитных звёзд — двойные (36.4%). Таким образом, видим, что магнитные поля найдены примерно у третьей части пекулярных В-звёзд. Из них 4 звезды — He-г, 13 — He-wk, 4 — Si, Si+, и 1 — SrEu. Видим, что подавляющее большинство (17 из 22, 77%) магнитных звёзд в ассоциации Ог1 ОВ1 — это объекты с аномальными линиями гелия.

Степень линейной поляризации измерена у 13 звёзд. За исключением HD 36485, среда вокруг объектов достаточно сильно поляризована. Так как многие звёзды, особенно самые горячие с аномальными линиями гелия, включены в списки

Таблица 11. Магнитные звёзды ассоциации

HD	Браун и др.	$B_e(\text{extr})$, Гс	Sp, pec	Pol, %	$v \sin i$, км/с	P , days
35008	089 a	-340	B8 Si	0.500		
35298	106 a	-3000/+3000	B6 He-wk	0.119	50	1.85
35456	121 a	-400/+1080	B7 He-wk	0.216		
35502	124 a	-2250/-180	B6 SrCrSi	0.330	240	1.7
35730	137 a	-450/+250	B4 He-wk	0.180	85	
36313	014 b	-1500/-1100	B8 He-wk			
36429	194 a	-840/+160	B6 He-wk	0.330		
36485	020 b	-3700/+3000	B2 He-r	0.000	40	1.7
36526	023 b	-3500/+3400	B8 He-wk,Si			1.84
36540	106 c	-900/+1030	B7 He-wk	1.640		2.17
36629	114 c	-1300/+1100	B3 He-wk	1.843	21	
36668	031 b	-2200/+2000	B7 He-wk,Si			2.12
36916	133 c	-1100/0	B8 He-wk,Si	0.270	35	1.56
36955	052 b	-1300/-410	A2 CrEu			
37017	152 c	-2300/-300	B2 He-r	0.250	160	0.90
37058	160 c	-1200/+1200	B2 He-wk,Sr	0.540	21	14.6
37140	063 b	-1050/+400	B8 SiSr			2.71
37479	086 b	-1600/+3500	B2 He-r		175	1.19
37642	209 c	-3000/+3000	B9 He-wk,Si			1.08
37687	211 c	-600/+500	B7 He-wk			
37776	104 b	-2000/2000	B2 He-r	0.850	80	1.53
290665	128 b	-1600/+7000 ?	B9 SrCrEuSi			

объектов Ae/Be Хербига, это означает, что по крайней мере половина из них окружена оболочкой или находится в туманности.

Поляризация измерена для 41 звезды из выделенных нами 85 CP-звезд. Ее среднее значение: $Pol = 0.466 \pm 0.068\%$. Среднее значение поляризации для 13 магнитных CP-звезд $Pol = 0.544 \pm 0.159\%$. Таким образом, магнитные CP-звезды в целом ничем не выделяются от остальных CP-звезд по степени поляризации окружающей среды.

Распределение по подгруппам ассоциации следующее. В подгруппе (a) найдено 6 магнитных звезд среди 24 пекулярных (25.0%), в подгруппе (b) — 9 магнитных звезд из 21 пекулярной (42.9%), и в

подгруппе (c) — 7 из 37 пекулярных (18.9%) Видим, что доля магнитных звезд во внутренней подгруппе (b) в два раза больше, чем во внешних (a) и (c). Видна тенденция — магнитные звезды преимущественно концентрируются в более молодой подгруппе. Однако, в самой молодой подгруппе (d) ни у одной из трех CP-звезд сильное поле не найдено. Но все три обладают специфическими свойствами, и однозначно отнести их в классические химически пекулярные звезды нет веских оснований. Поэтому пока отложим на будущее рассмотрение вопроса о магнетизме звезд в подгруппе (d).

Мы не видим значимых различий в величине поля магнитных звезд ассоциации Ori OVI от полей Bp-звезд в целом, анализ последних проведен в работе Романюка и Якунина [14]. Тем не менее,

несмотря на малую статистику, заметно, что поля звёзд He-г в целом в полтора—два раза выше, чем у звёзд He-wk. Это может иметь эволюционный смысл, указывающий на реликтовую природу магнитных полей CP-звёзд. Более детальное обоснование этого вывода будет представлено в следующей статье серии.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, мы выделили 85 CP-звёзд в направлении на ассоциацию молодых звёзд Ori OB1. В качестве базового использовался список 814 звёзд ассоциации, выделенных Брауном и др. [19]. Пекулярными считались звёзды, помещенные в каталог Ренсона и Манфруа [11]. По типу пекулярности CP-звёзды распределены следующим образом: 23 Am-звезды, 3 Ap-звезды и 59 Bp-звёзд.

Параллаксы, полученные на спутнике Hipparcos, позволили достаточно надежно измерять расстояния только до относительно близких звёзд, находящихся на расстояниях ближе 250 пк. Но они подтвердили, что найденные по эффективным температурам и светимостям расстояния до Am-звёзд определены правильно (от 100 до 300 пк), и их следует отнести к объектам переднего фона.

В самой ассоциации нами выделено 59 Bp-звёзд, что составляет 13.4% от общего количества B-звёзд, помещенных в список Брауна др. [19]. Доля пекулярных B-звёзд по отношению ко всем B-звёздам в ассоциации в два раза превышает аналогичную долю для пекулярных A-звёзд. Такая же закономерность справедлива и для объектов поля.

Выделенные нами группировки Ap/Am и Bp-звёзд в ассоциации пространственно не перекрываются. Практически все A-звёзды находятся ближе 300 пк, а B-звезды дальше 300 пк.

В ассоциации насчитывается 22 магнитные звезды, из которых 21 Bp-звезда и только одна Ap-звезда. Семнадцать из них — это звёзды с аномальными линиями гелия. Учитывая всю неоднозначность, а иногда и спорность спектральной классификации звёзд, тем не менее мы можем сделать предположение, что при образовании звёзд в ассоциации Ori OB1 магнитные поля образовались предпочтительнее там, где позже возникли аномалии в содержании гелия, но не кремния, например.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнялась на 6-м телескопе при поддержке Министерства образования и науки РФ (госконтракты 14.518.11.7070, 16.518.11.7073). В работе широко использовались сведения, взятые из баз данных SIMBAD и VizieR. Авторы благодарят Российский Фонд Фундаментальных Исследований (гранты РФФИ 12-02-00009 а, 12-02-31246 мол_а), Президиум РАН (программа “Эволюция звезд и галактик”), Отделение физических наук РАН (программа “Активные процессы в галактических и внегалактических объектах”) и Министерство образования и науки РФ (программы “Научные школы” и “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России,” гранты 8406 и 8416) за частичную финансовую поддержку различных работ, выполненных в ходе настоящего исследования. Авторы признательны Н. Ф. Войханской за внимательное прочтение рукописи и обсуждение ряда вопросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. A. Ambartsumian, in *Stellar Evolution and Astrophysics* (Armenian Academy of Sci., Yerevan, 1947).
2. V. G. Klochkova, *Sov. Astron. Lett.* **11**, 209 (1985).
3. Э. А. Витриченко, *Трапеция Ориона* (Наука, Москва, 2004).
4. W. H. Warren and J. E. Hesser, *Astrophys. J. Suppl.* **34**, 115 (1977).
5. W. H. Warren and J. E. Hesser, *Astrophys. J. Suppl.* **34**, 207 (1977).
6. W. H. Warren and J. E. Hesser, *Astrophys. J. Suppl.* **36**, 497 (1978).
7. A. Blaau, *Annual Rev. Astron. Astrophys.* **2**, 236 (1964).
8. K. M. Menten, M. J. Reid, J. Forbrich, and A. Brunthaler, *Astronom. and Astrophys.* **474**, 515 (2007).
9. S. Kraus, Yu. Yu. Balega, J.-P. Berger, et al., *Astronom. and Astrophys.* **466**, 649 (2007).
10. I. I. Romanyuk, *Astrophysical Bulletin* **62**, 62 (2007).
11. P. Renson and J. Manfroid, *Astronom. and Astrophys.* **498**, 961 (2009).
12. H. A. Abt, *Astrophys. J.* **230**, 485 (1979).
13. V. G. Klochkova and I. M. Kopylov, in *IAU Coll. No. 90 on Upper Main Sequence Stars with Anomalous Abundances* (Reidel, Crimea, 1986), p. 160.
14. I. I. Romanyuk and I. A. Yakunin, *Astrophysical Bulletin* **67**, 177 (2012).
15. E. F. Borra and J. D. Landstreet, *Astrophys. J.* **228**, 809 (1979).
16. H. W. Babcock, *Astrophys. J.* **105**, 105 (1947).
17. И. М. Копылов, *Астрофизические исследования* **24**, 44 (1987).
18. V. G. Klochkova, *Astrophysical Bulletin* **67**, 385 (2012).

19. A. G. A. Brown, E. J. de Geus, and P. T. de Zeeuw, *Astronom. and Astrophys.* **289**, 101 (1994).
20. F. van Leeuwen, *Astronom. and Astrophys.* **474**, 653 (2007).
21. V. M. Woolf, D. L. Lambert, *Astrophys. J.* **521**, 414 (1999).
22. C. Heiles, *Astronom. J.* **119**, 923 (2000).
23. P. Harmanec, *Bull. Astron. Inst. Czechoslovakia*, **39**, 329 (1988).
24. S. C. Wolff, *Astronom. J.* **100**, 1994 (2000).
25. A. A. Tokovinin, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **389**, 925 (2008).
26. G. Catanzaro and P. Leto, *Astronom. and Astrophys.* **416**, 661 (2004).
27. J. Hernandez, N. Calvet, L. Hartmann, et al., *Astronom. J.* **129**, 856 (2005).
28. N. Tetzlaff, R. Neuhauser, and M. M. Hohle, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **410**, 190 (2011).
29. C. Koen and L. Eyer, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **331**, 45 (2002).
30. V. Makaganiuk, O. Kochukhov, N. Piskunov, et al., *Astronom. and Astrophys.* **525**, A97 (2011).
31. R. V. Yudin, *Astronom. and Astrophys.* **368**, 912 (2001).
32. M. Zejda, E. Paunzen, B. Baumann, et al., *Astronom. and Astrophys.* **548A**, 97 (2012).
33. Yu. Yu. Balega, V. V. Dyachenko, A. F. Maximov, et al., *Astrophysical Bulletin* **67** 48 (2012).
34. S. Bagnulo, J. D. Landstreet, E. Mason, et al., *Astronom. and Astrophys.* **450** 777 (2006).
35. I. I. Romanyuk and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **63**, 139 (2008).
36. S. Daflon, K. Cunha, R. De La Reza, et al., *Astronom. J.* **138**, 1577 (2009).
37. I. A. Yakunin, *Astrophysical Bulletin* **68**, 214 (2013).
38. A. A. Tokovinin, B. M. Mason, and W. I. Hartkopf, *Astronom. J.* **139**, 743 (2010).
39. J. Dommangeat and O. Nys, *VizieR On-line Data Catalog: I/274* (2002); originally published in: *Observations et Travaux* **54**, 5 (2002).
40. F. Leone, D. A. Bohlender, C. T. Bolton, et al., *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **401**, 2739 (2010).
41. П. П. Паренаго, *Труды Гос. Астрон. Института им. Штернберга* **25**, 1 (1954).
42. J. A. Caballero and E. Solano, *Astronom. and Astrophys.* **485**, 931 (2008).
43. S. C. Wolff, S. E. Strom, D. Dror, and K. Venn, *Astronom. J.* **133**, 1092 (2007).
44. L. A. Hillebrand, *Astronom. J.* **113**, 1733 (1997).
45. M. E. Oksala, G. A. Wade, R. H. D. Townsend, et al., *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **419**, 959 (2012).
46. O. Kochukhov, A. Lundin, I. Romanyuk, and D. Kudryavtsev, *Astrophys. J.* **726**, 24 (2011).
47. S. Joshi, D. L. Mary, P. Martinez, et al., *Astronom. and Astrophys.* **455**, 303 (2006).
48. I. I. Romanyuk, V. G. Elkin, D. O. Kudryavtsev, et al., *Astrophysical Bulletin* **45**, 93 (1998).

Chemically Peculiar Stars in the Orion OB1 Association. I. Occurrence Frequency, Spatial Distribution, and Kinematics

I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, I. A. Yakunin, D. O. Kudryavtsev

A total of 85 CP stars of various types are identified among 814 members of the Ori OB1 association. The fraction of CP stars decreases with age for different cluster subgroups: from 15.1% in the youngest subgroup (b) to 7.7% in the oldest one (a). Individual comments are provided for each of the 85 stars, where we analyze the physical parameters and distance of the objects. All the 23 Am stars identified as a result of this study are found to have heliocentric distances between 100 and 300 pc and appear not to be members of the Orion OB1 association, but foreground objects. We identified 59 Bp stars, which account for 13.4% of the total number of B-type stars in the association. The fraction of peculiar B-type stars in the Ori OB1 association is found to be twice higher than that of peculiar A-type stars. The same is true for field stars. The association contains 22 magnetic stars, out of which 21 are Bp stars and only one is an Ap star. Seventeen of these stars are objects with anomalous helium lines. Magnetic stars show a well-defined tendency to concentrate in the central region of the association (in Orion's Belt), which contains most of these objects. No significant differences are found between the field strengths in the B-type stars of the association and Bp-type field stars, although there is a noticeable trend for He-rich stars to have stronger fields compared to He-weak stars. We identified 17 binaries, which make up 20% of the total number of peculiar stars studied, which is the standard ratio for CP stars. Except for one HgMn star (HD 35548), the radial velocities and proper motions of our identified objects are consistent with the corresponding parameters of normal B-type stars.

Keywords: stars: chemically peculiar—open clusters and associations: individual: Ori OB1

УДК 524.35-337

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СР-ЗВЕЗД, ВЫПОЛНЕННЫХ НА 6-М ТЕЛЕСКОПЕ. I. НАБЛЮДЕНИЯ 2009–2011 ГОДОВ

© 2019 А. В. Моисеева*, И. И. Романюк, Е. А. Семенко, Д. О. Кудрявцев, И. А. Якунин

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 18 октября 2018 года; после доработки 14 декабря 2018 года;
принята к публикации 14 декабря 2018 года

В статье приводятся результаты определения фундаментальных параметров (эффективной температуры, ускорения силы тяжести, светимости, массы, радиуса, скорости вращения, лучевой скорости) 146 звезд, наблюдавшихся на 6-м телескопе БТА с помощью ОЗСП в 2009–2011 гг., 124 из которых — магнитные или потенциально магнитные объекты. Было получено и проанализировано более 500 пар спектров циркулярно-поляризованного излучения. Для оценки фундаментальных параметров использовались различные методы и подходы.

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

1. ВВЕДЕНИЕ

Данная работа открывает цикл публикаций о результатах измерений фундаментальных параметров СР-звезд, наблюдения которых выполнены на 6-м телескопе. В основе исследования лежат опубликованные ранее [1–3] материалы по поиску магнитных полей у различных химически пекулярных звезд. Целью этой работы является оценка фундаментальных параметров этих СР-звезд. Для их определения использовались различные методы и подходы. Контроль результатов проводился по звездам-стандартам.

2. НАБЛЮДЕНИЯ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ

Настоящая работа посвящена анализу спектров поляризованного излучения, полученных в 2009–2011 гг. с помощью Основного звездного спектрографа (ОЗСП) [4], который установлен в фокусе Нэсмит-2 телескопа БТА. В течение 66 ночей наблюдений [1–3] было получено более 500 пар спектров циркулярно-поляризованного излучения для 146 звезд. Описание оптической системы и инструментальных возможностей прибора можно найти на WEB-странице прибора¹. Данный прибор оснащен поворотной фазовой пластинкой $\lambda/4$ и анализатором круговой поляризации с резателем

изображений конструкции Г. А. Чунтонова [5]. Итоговые спектры представляют собой средний профиль двух кадров, полученных при разном положении фазовой пластинки. Это позволяет учесть возможную инструментальную поляризацию.

Часть наблюдений (2009 г., январь и февраль 2010 г.) была проведена с использованием ПЗС-матрицы E2V CCD42 размером 2048×2048 элементов. С 25 марта 2010 г. в наблюдениях используется новая ПЗС-матрица E2V CCD42 размером 4600×2048 элементов, что позволило расширить регистрируемый диапазон спектра от 250 Å до 550 Å. Основной рабочий спектральный диапазон — от 4450 Å до 5000 Å. Разрешение спектров $R \sim 15000$ и сигнал/шум $S/N \sim 250$ позволяют определять фундаментальные параметры звезд с достаточно высокой точностью.

Для контроля получаемых результатов дополнительно определялись параметры звезд-стандартов, которые подразделяются на два типа: хорошо изученные магнитные звезды с большим количеством линий (53 Cam, α^2 CVn, γ Eri, 52 Her) и немагнитные (o Uma, HD 169161).

Первичный анализ спектрального материала проводился при помощи пакетов системы ESO MIDAS, с использованием контекста ZEEMAN [6]. Основные этапы обработки спектрального материала:

1) вычитание токов смещения матрицы bias;

*E-mail: amoiseeva@sao.ru

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

- 2) учет рассеянного света;
- 3) привязка к длинам волн;
- 4) экстракция спектров;
- 5) учет гелиоцентрической поправки;
- 6) проведение континуума и нормировка спектров.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

К фундаментальным параметрам звезды можно отнести: скорость вращения $v_e \sin i$, лучевую скорость V_R , эффективную температуру T_{eff} , ускорение силы тяжести на поверхности $\lg g$, массу M/M_{\odot} и радиус R/R_{\odot} .

Скорость вращения звезды для химически пекулярных звезд мы оценивали двумя способами: 1) исходя из связи скорости вращения с полушириной линии $FWHM$, а именно, $v_e \sin i = 43.47FWHM - 11.04$ [7]; и 2) используя метод моделей атмосфер, при помощи которых строится синтетический спектр. Для визуализации этого процесса использовалась программа BINMAG [8], в которой путем варьирования параметров $v_e \sin i$ и V_R можно провести сравнение теоретического и наблюдаемого спектров.

При определении этих параметров стоит учитывать то, что исследуемые звезды являются химически пекулярными, а большинство из них обладают глобальными магнитными полями. Таким образом, чтобы уменьшить величину ошибки получаемых параметров, мы использовали линии с низким фактором Ланде, которые были взяты из работы [9].

Определение эффективной температуры и ускорения силы тяжести также выполнялось двумя методами. В первом использовались фотометрические индексы системы Стремгрена [10, 11]. Расчеты мы проводили, используя калибровки, которые реализованы в программе UVBYBETA_NEW (см. [12, 13]) и TempLogG_TNG [14]. Во втором методе — по спектральным данным с привлечением моделей атмосфер — наблюдаемый профиль водородной линии $H\beta$ сравнивался с сеткой синтетических профилей с различными величинами эффективной температуры и ускорения силы тяжести. Для подбора подходящего синтетического спектра с искомыми параметрами применялся критерий χ^2 .

Светимость определялась по стандартной формуле:

$$\lg \frac{L}{L_{\odot}} = -\frac{M_V + BC - M_{\text{bol } \odot}}{2.5}, \quad (1)$$

где $M_V = m_V + 5 + 5 \lg \pi - A_V$ — абсолютная звездная величина, $A_V = 3.1E_{(B_V)}$ — коэффициент межзвездного поглощения [15], BC — болометрическая поправка, которая была посчитана методом интерполяции данных из работы [16].

Массы и радиусы мы оценивали, используя фундаментальные законы:

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad (2)$$

$$\lg g = \lg M - 2 \lg R + 4.437 \quad (3)$$

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4. \quad (4)$$

Дополнительно использовались эмпирические зависимости, которые были получены для звезд Главной последовательности в работе [17].

Для контроля сперва были оценены параметры некоторых хорошо известных химически пекулярных звезд: γ Eri, α^2 CVn, 53 Cam. Результаты представлены в таблице 1, где для сравнения приведены и данные из литературных источников. Можно увидеть, что полученные оценки параметров хорошо согласуются с литературными данными.

Типичные величины ошибок определения параметров:

- проекции скорости вращения $v_e \sin i \sim 20\text{--}40\%$;
- лучевой скорости $\sigma(V_R) \sim 3\text{--}5 \text{ км с}^{-1}$;
- эффективной температуры по фотометрическим данным $T_{\text{eff}} \sim 300\text{--}800 \text{ К}$, по спектроскопическим — $T_{\text{eff}} \sim 200\text{--}350 \text{ К}$;
- ускорения силы тяжести по спектроскопическим данным $\lg g \sim 0.2\text{--}0.4$;
- светимости зависят от точности оценки расстояния и учета межзвездного поглощения и составляют $\lg(L/L_{\odot}) \sim 0.2\text{--}0.6$;
- радиусов и масс звезд примерно одинаковы $M/M_{\odot}, R/R_{\odot} \sim 0.6\text{--}1.0$.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Результаты измерений фундаментальных параметров представлены в сводной таблице 2². Ее колонки содержат: сведения о (1) названиях звезд в порядке возрастания номера в каталогах HD и BD, (2) юлианской дате наблюдения, (3) лучевой скорости V_R , (4) скорости вращения $v_e \sin i$ с ошибками измерений σ , (5) отношения S/N результирующего спектра, (6) эффективных температурах T_{eff} ,

²Полную версию можно найти по адресу <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/J/other/AstBu/74.62>

Таблица 1. Оценки фундаментальных параметров звезд-стандартов. В скобках указаны литературные данные, взятые из разных источников

Звезда	T_{eff} , К	$\lg g$	$\lg (L/L_{\odot})$	M/M_{\odot}	R/R_{\odot}
γ Equ	7500 (7450)	3.7 (3.9)	1.1 (1.3)	1.7 (1.84)	2.4 (2.16)
53 Cam	8100 (8290)	4.0 (3.82)	1.5 (1.45)	1.9 (2.08)	2.3 (2.88)
α^2 CVn	11300 (11190)	3.8 (3.9)	2.1	2.8	3.5 (3.9)

Таблица 2. Результаты определения фундаментальных параметров для 146 СР-звезд по наблюдениям за 2009–2011 гг. (фрагмент)

Звезда	HJD (+2450000)	S/N	$v_e \sin i$, км с ⁻¹	V_R , км с ⁻¹	T_{eff} , К	$\lg g$	$\lg (L/L_0)$	M/M_0	R/R_0
HD 653	5488.445	200	80.6 ± 13.2	$+30.2 \pm 2.6$	10000	3.8	1.4	2.4	3.2
	5554.220	220		-17.0 ± 3.4					
HD 965	5017.511	200	20.3 ± 3.5	-3.5 ± 1.7	8000	3.6	1.1	1.8	3.5
	5075.438	200		9.8 ± 2.9					
	5431.458	170		-1.0 ± 1.8					
	5459.492	200		-4.5 ± 2.6					
	5461.462	230		-3.4 ± 2.9					
	5553.174	200		-1.3 ± 1.0					
	5555.139	140		-3.2 ± 2.4					
	5583.148	120		$+1.5 \pm 2.8$					
	5842.411	120		$+1.4 \pm 2.3$					
	5843.397	120		-1.7 ± 2.2					
5871.176	120		-1.8 ± 2.6						
HD 2453		320		-16.4 ± 2.2	8600	3.5	1.8	2.0	4.2

(7) ускорений силы тяжести $\lg g$, (8) массах M/M_{\odot} и (9) радиусах R/R_{\odot} .

Для оценки средних величин параметров магнитных СР-звезд по данным таблицы 2 были построены гистограммы распределения параметров для 124 магнитных или потенциально магнитных объектов (рис. а–е).

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены фундаментальные параметры 146 звезд. Построены распределения параметров 124 магнитных или потенциально магнитных объектов.

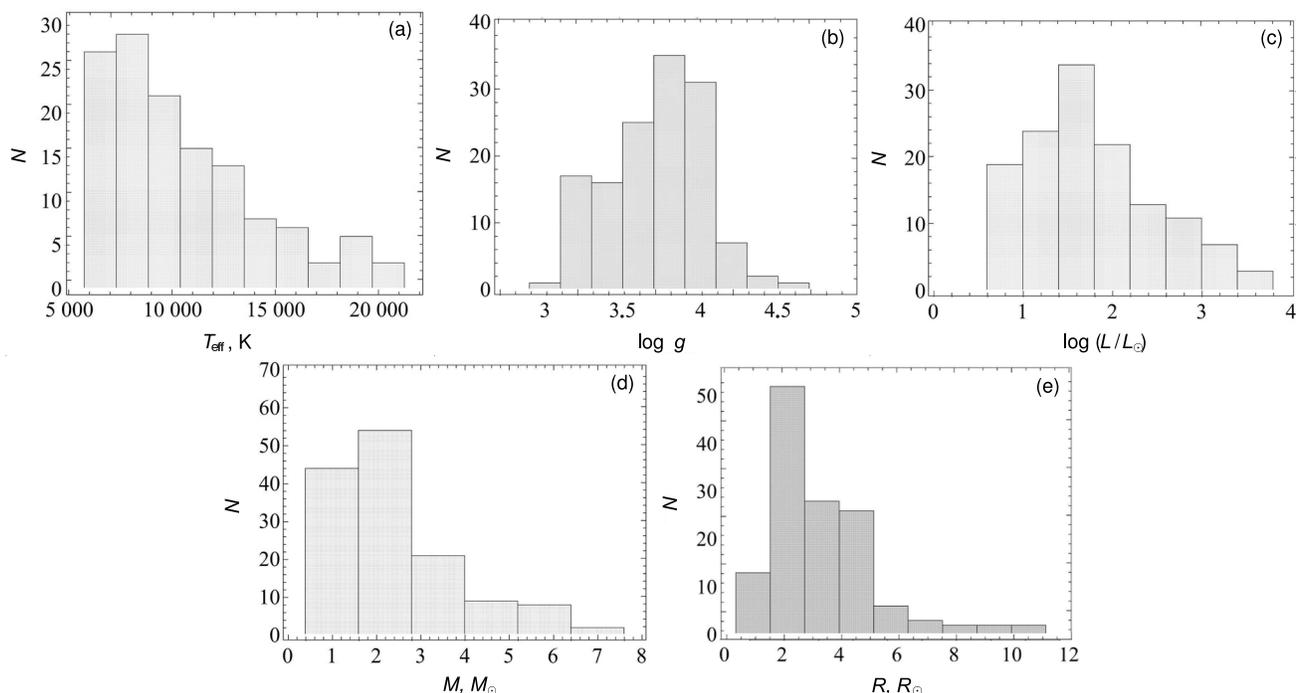
В результате оказалось, что магнитные Ар/Вр звезды исследованной выборки распределены в достаточно узком интервале:

скорости вращения — от 20 до 40 км с⁻¹;

эффективные температуры — от 7000 до 23000 К; ускорения силы тяжести — от 3.2 до 4.5; светимости — от 0.6 до 3.8; массы — от 1.5 до 6 M_{\odot} ; радиусы — от 1.8 до 2.2 R_{\odot} .

Полученные результаты, в целом, соответствуют нормальным звездам ГП, за исключением скорости вращения. Подтверждается хорошо известный ранее результат — магнитные звезды вращаются медленнее нормальных в 3–4 раза: более половины исследуемых звезд имеют скорости $v_e \sin i < 50$ км с⁻¹.

Для большинства звезд (70–80%) фундаментальные параметры были определены впервые.



Гистограммы распределения параметров химически peculiar звезд: (a) эффективных температур, (b) ускорений силы тяжести $\lg g$, (c) светимостей, (d) масс, (e) радиусов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Российский научный фонд за финансовую поддержку работы (грант РНФ 14-50-00043).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, D. O. Kudryavtsev, and A. V. Moiseeva, *Astrophysical Bulletin* **71**, 327 (2016).
2. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, D. O. Kudryavtsev, et al., *Astrophysical Bulletin* **72**, 391 (2017).
3. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **73**, 178 (2018).
4. V. E. Panchuk, G. A. Chuntunov, and I. D. Naidenov, *Astrophysical Bulletin* **69**, 339 (2014).
5. G. A. Chuntunov, in *Proc. Intern. Conf. on Magnetic Stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij, D. O. Kudryavtsev and I. I. Romanyuk (Nizhnij Arkhyz, 2004), p. 286.
6. D. O. Kudryavtsev, *Baltic Astronomy* **9**, 649 (2000).
7. A. Slettebak, G. W. Collins, P. B. Boyce, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **29**, 137 (1975).
8. O. Kochukhov, *Astrophysics Source Code Library* (2018).
9. I. I. Romanyuk, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 64 (2005).
10. E. Paunzen, A. Schnell, and H. M. Maitzen, *VizieR Online Data Catalog* **344** (2005).
11. P. Renson, and J. Manfroid, *Astron. and Astrophys.* **498**, 961 (2009).
12. R. Napiwotzki, D. Schoenberner, and V. Wenske, *Astron. and Astrophys.* **268**, 653 (1993).
13. T. T. Moon and M. M. Dworetzky, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **217**, 305 (1985).
14. A. Kaiser, *ASP Conf. Ser.* **349**, 257 (2006).
15. P. B. Lucke, *Astron. and Astrophys.* **64**, 367 (1978).
16. P. J. Flower, *Astrophys. J.* **469**, 355 (1996).
17. Z. Eker, F. Soydogan, E. Soydogan, et al., *Astron. J.* **149**, 131 (2015).

**Fundamental Parameters of CP Stars Observed at the 6-m Telescope.
I. Observations in 2009–2011**

A. V. Moiseeva, I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, D. O. Kudryavtsev, and I. A. Yakunin

The paper presents the results of determination of fundamental parameters (effective temperature, surface gravity, luminosity, mass, radius, rotation velocity, and radial velocity) for 146 stars observed at the 6-m telescope of the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences with the Main Stellar Spectrograph during 2009–2011; 124 of the stars are magnetic or potentially magnetic objects. We obtained and analyzed at least 500 pairs of circularly-polarized-emission spectra. Various methods and approaches were used in estimating the fundamental parameters.

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

УДК 524.3–337, 524.35

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ СР-ЗВЕЗД В АССОЦИАЦИИ ОРИОН ОВ1. IV. ЗВЕЗДЫ ПОДГРУППЫ (В)

© 2021 И. И. Романюк^{1*}, Е. А. Семенко¹,
А. В. Моисеева¹, И. А. Якунин^{1,2}, Д. О. Кудрявцев¹

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 199034 Россия

Поступила в редакцию 4 августа 2020 года; после доработки 23 октября 2020 года; принята к публикации 23 октября 2020 года

В статье представлены результаты измерений магнитных полей химически пекулярных звезд подгруппы (b) ассоциации Orion OV1. Мы нашли, что доля звезд с магнитными полями среди пятнадцати СР-звезд подгруппы (b) почти в два раза больше, чем в подгруппе (a). При этом возраст подгруппы (b) оценивается в 2 млн. лет, а возраст подгруппы (a) — порядка 10 млн. лет. Средняя величина среднеквадратического магнитного поля $\langle B_e \rangle$ в подгруппе (b) в 2.3 раза выше аналогичной величины для звезд подгруппы (a). Полученные выводы в целом укладываются в рамки реликтовой теории образования крупномасштабных магнитных полей В- и А-звезд, однако темп ослабления поля с возрастом оказался аномально большим. Мы предлагаем наши результаты в качестве важного наблюдательного теста для калибровки теории формирования и эволюции звездных магнитных полей.

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

1. ВВЕДЕНИЕ

Развитие теории формирования и эволюции магнитных полей звезд нуждается в надежных наблюдательных тестах, сравнение с которыми может продемонстрировать достоверность теоретических выводов. В отличие от Солнца, где процесс формирования и развития поля наблюдается непосредственно на поверхности, в случае магнитных химически пекулярных (СР) звезд все намного сложнее. Здесь структуру поля в деталях наблюдать невозможно, и поэтому остается лишь сравнивать результаты наблюдений с магнито-гидродинамическими расчетами, которые должны учитывать многие параметры, часто не имеющие точного количественного выражения.

Вопрос о существовании зависимости величины магнитного поля от возраста звезды в области исследований магнитных полей горячих Ар/Вр-звезд является одним из важнейших. Не вдаваясь в подробности отдельных работ, отметим, что исследователи в основном сходятся во мнении о том, что наблюдается тренд ослабления поля и упрощения его геометрии с возрастом. Однако эти выводы часто оказываются недостаточно надежными из-за сложностей с определением возраста одиночных звезд. Отсюда и повышенный интерес к магнитным звездам в скоплениях и ассоциациях.

В нашем исследовании было решено измерить магнитное поле всех химически пекулярных звезд в ассоциации Orion OV1 с надежно определенным возрастом отдельных ее подгрупп. Цели этого исследования были представлены в работе Romanyuk et al. (2013), а описание методики наблюдений и анализа данных содержится в работах Romanyuk et al. (2014; 2015; 2017). Настоящая статья также является продолжением серии работ Romanyuk et al. (2014; 2015; 2019; 2013; 2017) по комплексному изучению магнитных химически пекулярных звезд в Орионе.

С момента публикации статьи Romanyuk et al. (2013) в мире было накоплено много новой информации о свойствах ассоциации Orion OV1. В первую очередь следует отметить результаты миссии GAIA, позволившие установить точное расстояние до отдельных звезд ассоциации. Эти данные во многом подтвердили правильность наших оценок расстояния до тех членов ассоциации, для которых измерения параллакса либо отсутствовали, либо его значения расходились с другими наблюдаемыми характеристиками.

Конечным итогом нашего исследования является ответ на вопросы о том, зависит ли от возраста частота встречаемости пекулярных звезд относительно нормальных звезд в ассоциации Orion OV1 и как изменяется в зависимости от возраста частота встречаемости магнитных СР-звезд. К настоя-

*E-mail: roman@sao.ru

щему времени мы закончили изучение самой старой подгруппы (а), средний возраст звезд которой составляет около 10 млн. лет (Romanuk et al. 2019). В новой работе цикла мы приводим результаты измерений магнитных полей CP-звезд подгруппы (b) ассоциации. Схема изложения результатов аналогична работе Romanuk et al. (2019).

Подгруппа (b) ассоциации Orión OB1 почти целиком формирует астеризм пояса Ориона. Все ранее проведенные многочисленные исследования показывают, что эта область созвездия относится к наиболее молодой в ассоциации. Средний возраст звезд в ней оценивается в 2 млн. лет. Точность и надежность таких оценок намного выше, чем в случае определение возраста по спектральным данным и эволюционным трекам.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

2.1. Выбор объектов для наблюдений

По методике, предложенной в работе Romanuk et al. (2013), для наблюдений в подгруппе (b) ассоциации Orión OB1 нами было отобрано шестнадцать CP-звезд. Информация об отдельных объектах представлена в таблице 1. В ее колонках содержатся номер объекта в каталоге HD, тип пекулярности согласно каталогу Renson and Manfroid (2009), галактические координаты l и b , параллакс π , полученный GAIA, расстояние d до звезды в парсеках, блеск m_V в полосе V и полное межзвездное или около звездное поглощение A_V в направлении на звезду (Romanuk et al. 2013).

Из таблицы 1 следует, что отобранные нами для наблюдений объекты в пространстве расположены достаточно компактно в пределах галактических координат $l = 203^\circ 2' - 206^\circ 9'$ и $b = [-16^\circ 3'; -18^\circ 6']$ на расстоянии от 315 до 440 пк. Исключение может составлять только двойная звезда HD 37321, параллакс которой мог быть определен ошибочно. Таким образом, область, занимаемая звездами подгруппы, в картинной плоскости имеет размер примерно 30×15 пк и не более 100 пк в глубину вдоль луча зрения.

2.2. Результаты измерений

Для всех отобранных звезд программы в период с 2015 по 2019 гг. на Основном звездном спектрографе (ОЗСП) (Ranchuk et al. 2014) 6-м телескопа

БТА с зеемановским анализатором (Chountonov 2004) нами было получено не менее пяти спектров. Техника наблюдений и обработки данных полностью аналогична применявшейся ранее (см. работу Romanuk et al. (2019)).

Результаты измерения магнитных полей приведены в таблице 2. В колонках таблицы представлены: номер звезды в каталоге HD, юлианская дата наблюдений, значения продольного магнитного поля в гауссах, полученные модифицированным методом Бэбкока $B_e(z)$, методом регрессии $B_e(r)$ и по водородной линии $H\beta$ — $B_e(h)$, σ — среднеквадратичные ошибки измерений. Приведено также отношение S/N для каждого полученного спектра. Техника измерения магнитного поля в деталях описана в предыдущих работах (Romanuk et al. 2014; 2015; 2019; 2017). Таким образом, для шестнадцати звезд суммарно мы получили 110 измерений магнитного поля, не менее пяти для каждого объекта.

В настоящей работе для статистических исследований аналогично тому, как мы сделали это в исследовании Romanuk et al. (2019), будем использовать среднеквадратичное поле $\langle B_e \rangle$ (см. формулы (1)–(3) для определения величины поля, его ошибки σ и значения χ^2/n , характеризующего уверенность обнаружения поля на фоне ошибок измерений (Thompson et al. 1987)). Мы будем считать звезду магнитной в том случае, если $\chi^2/n > 5$.

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

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

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

Результаты измерений для каждой звезды мы прокомментируем ниже. Кроме того, сведения о звездах мы дополним результатами наших измерений лучевой скорости V_R и скорости вращения $v_e \sin i$, а также приведем соответствующие значения из астрономических баз данных.

Таблица 1. Сводная информация о CP-звездах подгруппы Орион ОВ1 (b), включенных в программу исследований

Номер HD	Пекулярность	l , град.	b , град.	π , mas	d , пк	m_V , зв. вел.	A_V , зв. вел.
36046	He-wk	203.74	-18.57	2.91	343	8.06	0.15
36313	He-wk, Si	203.77	-18.05	3.17	315	8.20	0.12
36485	He-r	203.84	-17.73	2.57	389	6.85	0.12
36526	He-wk, Si	205.08	-18.31	2.44	410	8.29	0.18
36668	He-wk, Si	203.18	-16.98	2.36	424	8.07	0.01
36955	CrEu	205.25	-17.58	2.29	437	9.58	—
37140	He-wk	204.39	-16.79	2.43	412	8.56	0.69
37149	He-wk	205.62	-17.42	2.38	420	8.02	0.05
37235	He-wk	204.84	-16.84	2.51	398	8.13	0.06
37321	He-wk	205.58	-17.04	1.56	640	7.09	0.17
37333	Si	206.54	-17.50	2.85	350	8.51	0.22
37479	He-r	206.81	-17.32	2.28	438	6.34	0.25
37525	He-wk	206.89	-17.29	2.29	436	8.06	0.17
37633	EuSi	207.01	-17.14	2.40	417	9.01	0.44
37776	He-r	206.07	-16.34	2.28	438	6.99	0.28
290665	CrEuSr	204.74	-17.29	2.48	403	9.44	0.19

Таблица 2. Результаты измерений магнитных полей CP-звезд подгруппы (b) ассоциации Орион ОВ1

Звезда	JD, (2450000+)	S/N	$B_e(z) \pm \sigma$, Гс	$B_e(r) \pm \sigma$, Гс	$B_e(h)$, Гс
HD 36046	6640.320	220	-750 ± 1410	-100 ± 90	—
	7740.416	200	910 ± 790	180 ± 460	100
	8125.437	250	-50 ± 1200	-150 ± 260	-400
	8151.199	210	-1690 ± 610	-70 ± 150	-1200
	8446.449	260	-1170 ± 1570	-30 ± 110	-250
HD 36313	5554.321	400	120 ± 120	560 ± 180	-1800
	5842.500	350	160 ± 160	480 ± 190	1600
	5843.542	350	40 ± 130	250 ± 270	1100
	6995.325	250	-160 ± 400	280 ± 210	2000
	7288.512	350	-480 ± 370	340 ± 150	—
	7288.528	400	-300 ± 300	-70 ± 190	600
	7289.492	300	280 ± 160	-40 ± 120	-500
	7290.483	300	-60 ± 290	20 ± 180	-1500
	8830.358	220	340 ± 150	280 ± 130	1900

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда	JD, (2450000+)	S/N	$B_e(z) \pm \sigma$, Гс	$B_e(r) \pm \sigma$, Гс	$B_e(h)$, Гс
	8830.452	240	110 ± 290	-200 ± 210	-2700
	8830.507	180	20 ± 190	-200 ± 150	-2000
	8834.479	140	760 ± 170	370 ± 180	700
HD 36485	5553.247	330	-2350 ± 250	-2310 ± 120	-2100
	5553.480	330	-2330 ± 220	-2210 ± 180	-1900
	5554.263	300	-2400 ± 210	-2270 ± 120	-2300
	5554.481	300	-2700 ± 230	—	-3100
	5555.253	330	-2830 ± 260	-2470 ± 160	-2600
	5555.486	270	-2830 ± 320	-2370 ± 120	-2400
	5582.279	370	-2310 ± 240	-2350 ± 120	-2500
	5583.280	320	-3030 ± 260	-2250 ± 120	-2600
	5873.540	300	-3440 ± 320	-2220 ± 140	-2700
	5962.381	390	-2860 ± 320	-2160 ± 50	—
	5963.427	320	-2670 ± 210	-2070 ± 40	—
HD 36526	5553.335	250	2730 ± 320	2180 ± 170	3200
	5842.532	280	1500 ± 400	-290 ± 210	-2700
	5963.292	280	—	2790 ± 50	—
	6589.530	320	2150 ± 220	1970 ± 130	5700
	7289.570	200	2730 ± 380	1120 ± 80	3200
	7290.525	210	4600 ± 600	750 ± 90	1000
HD 36668	5582.396	240	-1040 ± 250	-540 ± 140	-1350
	5583.310	310	-1540 ± 220	-1430 ± 150	-3300
	5842.475	300	-1170 ± 350	-1140 ± 50	-3400
	5962.323	300	2170 ± 180	1140 ± 50	—
	5963.272	300	-1010 ± 780	-920 ± 60	—
	7288.565	200	2060 ± 350	1030 ± 80	1700
	7289.554	240	-3370 ± 650	-500 ± 140	-1900
	7290.513	230	1420 ± 430	450 ± 110	5500
HD 36955	3273.529	160	-820 ± 190	—	—
	3274.512	180	-410 ± 200	—	—
	3275.510	140	-1300 ± 380	—	—
	4015.546	280	-480 ± 210	—	50
	6233.412	110	-750 ± 110	-760 ± 60	-2100
	8447.419	170	-970 ± 105	-660 ± 110	-700

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда	JD, (2450000+)	S/N	$B_e(z) \pm \sigma$, Гс	$B_e(r) \pm \sigma$, Гс	$B_e(h)$, Гс
HD 37140	5555.297	310	-590 ± 90	-350 ± 90	—
	5962.400	230	220 ± 210	220 ± 50	—
	5963.440	200	140 ± 210	-210 ± 60	—
	8125.504	120	-900 ± 170	-460 ± 120	-600
	8151.227	200	-720 ± 220	-80 ± 140	-100
	8447.484	150	560 ± 290	50 ± 130	-400
HD 37149	6643.344	200	5 ± 1200	-320 ± 120	—
	8008.545	190	—	-180 ± 190	0
	8446.475	200	-700 ± 1800	-160 ± 170	800
	8512.408	240	-3100 ± 3100	170 ± 190	-400
	8799.384	250	-1800 ± 2400	150 ± 180	200
HD 37235	6643.321	200	—	260 ± 120	-300
	8126.173	200	9100 ± 4500	170 ± 170	-900
	8151.252	180	-700 ± 3800	190 ± 130	200
	8153.219	190	1370 ± 1330	60 ± 210	-500
	8447.509	220	1800 ± 2200	380 ± 160	400
	8550.243	160	90 ± 660	180 ± 210	-800
HD 37321	6643.366	280	-590 ± 470	-580 ± 260	—
	7825.209	200	380 ± 650	-160 ± 210	-400
	8116.420	260	-250 ± 280	10 ± 140	—
	8153.247	270	-590 ± 460	-180 ± 200	-200
	8446.498	400	80 ± 210	-150 ± 180	200
HD 37333	7762.470	120	50 ± 310	-150 ± 110	-600
	7823.188	150	560 ± 310	70 ± 110	1300
	8116.445	140	-1290 ± 270	-440 ± 130	800
	8446.525	230	-1030 ± 150	-670 ± 110	-1200
	8512.215	160	-890 ± 190	-430 ± 160	-1700
	8512.240	140	-850 ± 200	-530 ± 100	-700
HD 37479	5555.324	350	-1050 ± 1080	140 ± 330	-200
	5582.343	310	4350 ± 540	1630 ± 270	4800
	5583.350	280	-3400 ± 1150	-1860 ± 480	-4300
	5963.347	400	2320 ± 360	830 ± 70	—
HD 37525	5963.360	280	2390 ± 2770	-20 ± 90	—
	5555.337	270	670 ± 1670	20 ± 290	—

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда	JD, (2450000+)	S/N	$B_e(z) \pm \sigma$, Гс	$B_e(r) \pm \sigma$, Гс	$B_e(h)$, Гс
	7764.361	260	-780 ± 1080	270 ± 250	-300
	8446.553	250	620 ± 930	-20 ± 100	1500
	8514.409	100	-1460 ± 2130	-100 ± 140	-1700
HD 37633	6643.421	200	400 ± 60	320 ± 80	-400
	7740.496	500	180 ± 170	100 ± 110	-
	8006.568	140	194 ± 190	160 ± 150	-100
	8126.455	130	810 ± 100	660 ± 80	400
	8447.365	180	740 ± 80	460 ± 63	400
	8758.511	160	440 ± 70	300 ± 80	-400
HD 37776	8777.441	320	15700 ± 3900	-140 ± 155	6600
	8777.553	370	-2900 ± 2200	-460 ± 140	-3100
	8778.460	350	6400 ± 1800	70 ± 200	7000
	8778.578	400	-10100 ± 2900	-580 ± 160	1500
	8799.396	310	-2200 ± 2200	210 ± 180	7000
	8801.555	290	-800 ± 4000	150 ± 160	7800
	8805.369	350	-7500 ± 1000	-1140 ± 120	-5300
	8805.559	350	1300 ± 3000	-60 ± 190	12300
	8830.315	300	-3800 ± 2600	-200 ± 150	10700
	8830.478	360	-6700 ± 600	-1240 ± 110	-4800
HD 290665	8007.527	130	3910 ± 120	3200 ± 40	2800
	8151.336	180	830 ± 90	570 ± 80	1300
	8447.442	150	1050 ± 100	840 ± 50	-
	8448.392	150	-3700 ± 140	-2670 ± 50	-2500
	8534.209	190	3450 ± 110	2960 ± 50	3000
	8535.178	90	1068 ± 120	960 ± 60	400
	8550.287	130	3210 ± 120	2660 ± 40	2700
	8551.250	170	-2990 ± 130	-2240 ± 40	-1800
	8579.179	100	-2800 ± 150	-1720 ± 60	-300
	8581.176	150	3410 ± 130	2810 ± 50	1600

2.3. Комментарии результатов исследования отдельных звезд

2.3.1. HD 36046 = BD -00°964
= Renson 9290 = Brown 007b

В каталогах переменных звезд ассоциации Orion OB1 HD 36046 не представлена. В спек-

тре звезды в области 4400–4970 Å имеются несколько линий, уширенных вращением ($v_e \sin i = 100 \text{ км с}^{-1}$). В базе SIMBAD лучевая скорость указана как $V_R = 34.6 \text{ км с}^{-1}$, однако по нашим измерениям она систематически оказывается несколько меньше, что может свидетельство-

вать о возможной двойственности звезды. Наблюдаемый спектр HD 36046 соответствует звезде с эффективной температурой $T_{\text{eff}} = 15000 \pm 250$ К и ускорением силы тяжести $\lg g = 4.0 \pm 0.3$.

В работе Romanuk et al. (2013) приведены ссылки на исследования, в которых делались попытки определить массу звезды. Получены две величины: 2.4 и 3.8 M_{\odot} . Второе значение близко к нашим данным.

Согласно работе Bagnulo et al. (2015), звезда наблюдалась на VLT инструментом FORS с целью поиска магнитного поля, но результат оказался отрицательным. Наши наблюдения на БТА также не показывают признаков магнитного поля сильнее 500 Гс.

Звезда включена в список объектов Ae/Be Хербига в близких OB-ассоциациях (Hernández et al. 2005), однако в наших спектрах в области 4450–4950 Å признаки эмиссий не выявлены.

2.3.2. HD 36313 = V1093 Orion = BD –00°977
= Renson 9370 = Brown 014b

Эта двойная звезда является переменной. Спутник слабее главного компонента на 0.5 зв. вел. и находится на расстоянии 0"1 (Catalano and Renson 1998). North (1984) нашел периодическую переменность с элементами

$$\text{HJD}(\text{min}) = 2444976.985 + 0.58933 E.$$

Потоки во всех фильтрах меняются в фазе в виде двойной волны.

Первым магнитное поле звезды обнаружил Ворга (1981). По наблюдениям на бальмеровском магнитометре пределы изменения продольной компоненты магнитного поля составляют от –1520 до 1110 Гс. Наша попытка измерить поле по линиям металлов закончилась неудачей (Romanuk et al. 2016). Более внимательный анализ данных показал, что в спектре звезды присутствуют два набора линий, по-разному уширенных вращением. Узких линий, принадлежащих холодному спутнику, в спектре намного больше. По всей видимости, этот компонент системы не имеет крупномасштабного поля. Зато по линии водорода Hβ успешно обнаруживается магнитное поле главного компонента. Нулевой вклад спутника уменьшает величину суммарного поля примерно на 30%, что находится в пределах ошибок измерений. По этой причине мы решили использовать оригинальные результаты измерений, полученные по линии Hβ, для вычисления величины $\langle B_e \rangle$ для этой звезды:

$$\langle B_e \rangle = 1337 \text{ Гс}, \sigma = 500, \chi^2/n = 7.2.$$

Мы считаем, что ошибка измерения поля σ по одной линии составляет 500 Гс.

Фотометрическая кривая блеска звезды, полученная спутником TESS, имеет вид двойной волны. При более детальном рассмотрении кривой оказалось, что она содержит компоненты как минимум трех периодических процессов. Наибольшая амплитуда соответствует колебаниям блеска с периодом $P_{\text{magn}} = 0.58913$ сут. (рис. 1), который почти совпадает с данными North (1984). Два других процесса с существенно меньшими амплитудами имеют периоды $P_1 = 3^{\text{d}}6729$ и $P_2 = 2^{\text{d}}987$. По всей видимости, P_1 соответствует периоду вращения холодного компонента, линии которого доминируют в наблюдаемом спектре HD 36313.

Рисунок 2 дает представление о характере изменения продольного магнитного поля в наших измерениях. В качестве периода взято значение, полученное из фотометрии TESS, $T_0 = 2444976.985$. Величины B_e демонстрируют большое рассеяние, но измерения, полученные классическим методом и по линии водорода, хорошо коррелируют между собой. Обращает на себя внимание фазовый сдвиг фотометрической и магнитной кривых.

Уширение линий в спектре соответствует $v_e \sin i_1 = 160$ км с^{–1} для главного компонента и $v_e \sin i_1 = 30$ км с^{–1} — для вторичного. Мы определяем физические параметры главного компонента следующим образом: $T_{\text{eff}} = 13000 \pm 480$ К, $\lg g = 4.0 \pm 0.3$.

2.3.3. HD 36485 = δ Orion C = BD –00°982
= Renson 9440 = Brown 020b

Система δ Ориона состоит из четырех звезд: первичный компонент А (HR 1852 = HD 36486) сам является спектрально-двойной звездой с $m_V = 2.23$ зв. вел., компонент В находится в 33"0 от первичного и имеет величину $m_V = 14.0$. Звезда С (HR 1851 = HD 36485) с усиленными линиями гелия находится на расстоянии 51"7 от А и имеет величину $m_V = 6.85$.

HD 36485 — давно известная магнитная звезда, ее подробному изучению посвящена работа Bohlender (1989). Результаты измерения магнитного поля звезды в основном опубликованы в работе Bohlender et al. (1987). Данные показывают пределы изменения B_e от –3800 до –3100 Гс. Mathys and Hubrig (1997) по одному измерению по линиям металлов нашли продольное поле –1850 Гс, но объяснить расхождение с результатами Болендера не смогли.

Мы выполнили собственные наблюдения звезды. Одиннадцать наших измерений показали, что по линиям металлов поле меняется от –3400 до –2300 Гс, а по линии Hβ — от –3100 до –1900 Гс. Соответствующие значения среднеквадратического продольного поля по методу Бэбкока и по водороду получаются следующими:

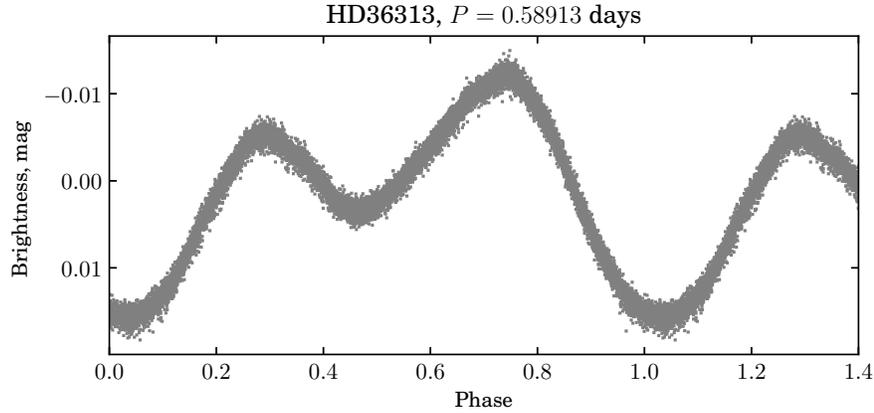


Рис. 1. Фотометрическая кривая блеска магнитного компонента в системе HD 36313 по наблюдениям TESS.

- $\langle B_e \rangle = 2724$ Гс, $\sigma = 261$, $\chi^2/n = 113$ (по методу Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle = 2156$ Гс, $\sigma = 132$, $\chi^2/n = 635$ (по методу).

Известно, что HD 36485 является спектрально-двойной системой, однако наблюдения методами спекл-интерферометрии обнаруживают еще один компонент. Tokovinin (2008) находит на расстоянии $\rho = 0''.327$ спутник слабее главной звезды на $\Delta m_V = 1.5$ зв. вел. Таким образом, HD 36485 — сложная кратная система, главный компонент которой обладает сильным магнитным полем переменной полярности.

По нашим спектрам мы определили основные параметры магнитной звезды: $v_e \sin i = 40$ км с⁻¹, $T_{\text{eff}} = 18000 \pm 250$ К, $\lg g = 4.0 \pm 0.3$.

В направлении на звезду наблюдается достаточно сильная межзвездная линейная поляризация $P = 0.18\%$.

Звезда наблюдалась на спутнике TESS, однако из-за сложной конфигурации системы разделить периодические сигналы в имеющейся составной кривой блеска не представляется возможным.

2.3.4. HD 36526 = BD -01° 933 = V 1099 Orion = Renson 9460 = Brown 023b

Магнитное поле звезды с экстремумами B_e от -1000 до +3500 Гс обнаружил Vogt (1981). В статье Romanjuk et al. (2016) представлены результаты наших измерений ее продольного поля. North (1984) нашел фотометрическую переменность звезды. Согласно этой работе, переменность наблюдается во всех фильтрах со слабо выраженным вторичным минимумом и элементами

$$\text{HJD}(\text{min}) = 2444978.825 + 1.5405 E.$$

Кривая блеска, полученная на TESS, показывает присутствие двух периодов: 1^d54170 и 1^d7073. Как видно, первое значение близко к тому, что приводит North (1984), и является периодом вращения магнитной звезды. Кривая блеска звезды, фазированная с периодом 1^d54170 и $T_0 = 2444978.825$, приведена на рис. 3, а на рис. 4 с теми же элементами представлены наши измерения продольного магнитного поля.

Характер спектральной переменности HD 36526 в наших данных говорит о возможном присутствии линий как минимум еще одного компонента. Таким компонентом может быть спутник, обнаруженный Balega et al. (2012) на расстоянии 0^{''}15. Разница блеска Δm_V между двумя звездами составляет всего 1.3 зв. вел. Таким образом, спектр спутника может оказать существенное влияние на наши измерения, а также на форму кривой блеска магнитной звезды. По нашим измерениям среднеквадратическое поле $\langle B_e \rangle$ HD 36526 получается следующим:

- $\langle B_e \rangle = 2801$ Гс, $\sigma = 384$, $\chi^2/n = 56.8$ (по методу Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle = 1695$ Гс, $\sigma = 137$, $\chi^2/n = 539.3$ (по методу регрессии).

Предварительный анализ спектров дает следующие значения фундаментальных параметров магнитной звезды: $T_{\text{eff}} = 16000 \pm 210$ К, $\lg g = 4.0 \pm 0.3$. Вращательное уширение линий соответствует $v_e \sin i = 50$ км с⁻¹. Результатов измерений лучевой скорости в литературе нет. Измерения спектров, полученных на БТА, дают значение $V_R = 30$ км с⁻¹.

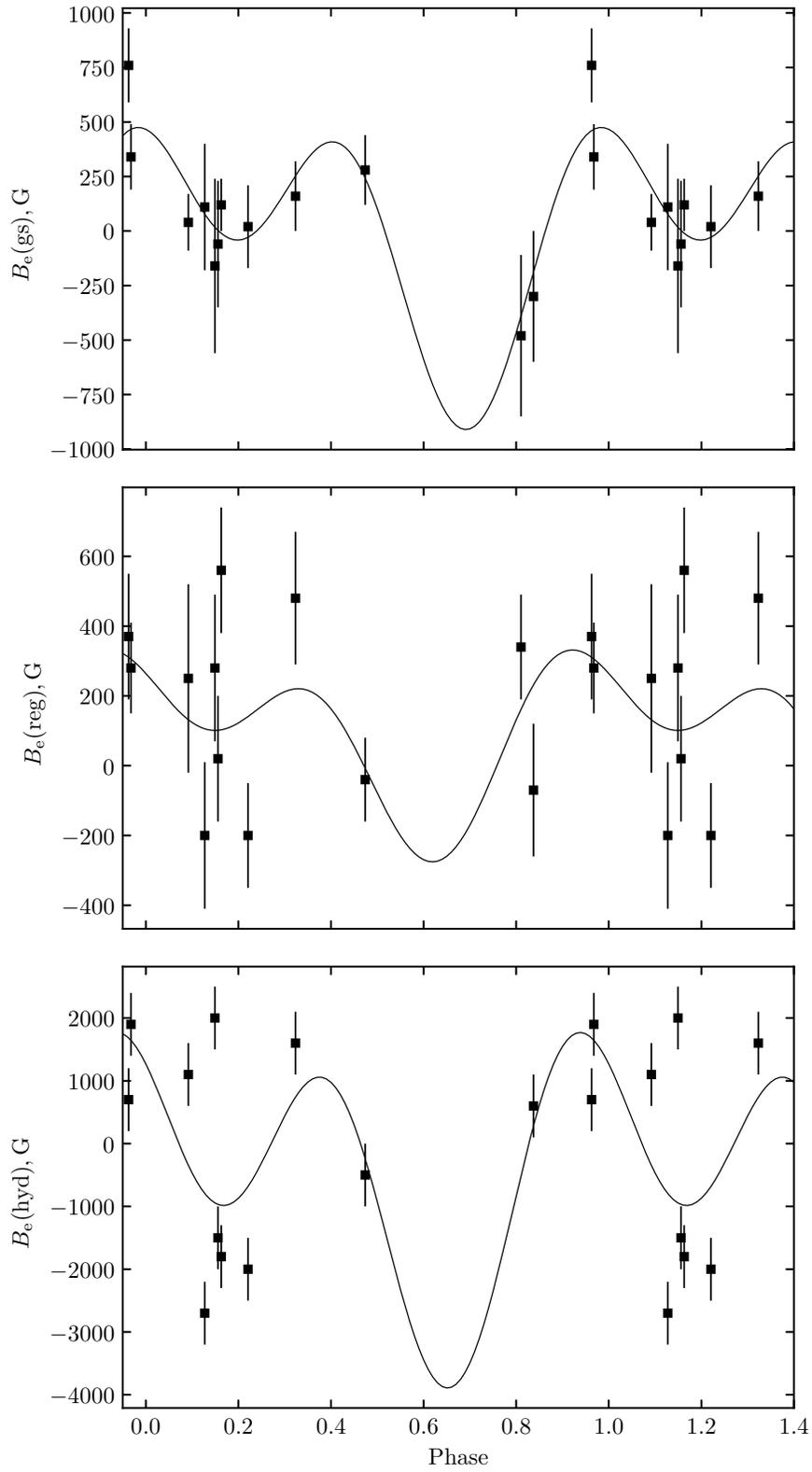


Рис. 2. Кривые переменности продольного магнитного поля HD 36313, построенные по нашим наблюдениям.

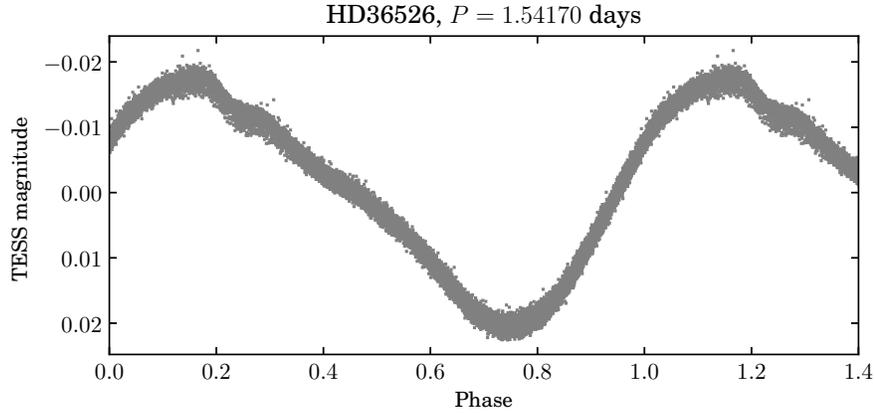


Рис. 3. Фотометрическая кривая блеска HD 36526 по наблюдениям TESS.

2.3.5. *HD 36668 = BD +00°1113 = V1107 Orion*
= Renson 9560 = Brown 031b

Впервые магнитное поле звезды измерил Вогга (1981) по наблюдениям на бальмеровском магнитометре. Полученные значения B_e находились в пределах от -2100 до $+2000$ Гс. Мы провели восемь наблюдений звезды. По измерениям эффекта Зеемана в линиях металлов и водорода подтверждается наличие сильного поля, но пределы его изменения существенно больше опубликованных Romanyuk et al. (2017).

С учетом имеющихся данных среднеквадратичные значения поля получаются следующие:

- $\langle B_e \rangle = 1892$ Гс, $\sigma = 451$, $\chi^2/n = 37.6$ (по методу Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle = 953$ Гс, $\sigma = 105$, $\chi^2/n = 203.5$ (по методу регрессии).

Данная звезда является фотометрической переменной. North (1984) дает следующие элементы кривой блеска:

$$\text{HJD}(\text{min}) = 2444988.496 + 2.1211 E.$$

Изменение блеска происходит в виде двойной волны, в которой вторичный максимум почти такой же глубокий, как и главный. Звезда наблюдалась на спутнике TESS, но ее фотометрия была сделана отдельно в обзоре CDIPS (Bouta et al. 2019). Анализ данных, очищенных от инструментальных трендов, дает значение периода переменности $P = 2^{\text{d}}1204$, близкое к приведенному выше из работы North (1984). Итоговая кривая блеска звезды имеет сложную форму и приведена на рис. 5.

Мы оценили фундаментальные параметры звезды: $v_e \sin i = 60$ км с $^{-1}$, $T_{\text{eff}} = 13500 \pm 250$ К, $\lg g = 4.0 \pm 0.4$. Исходя из этих данных, а также из положения звезды в пространстве, можно

найти светимость и массу звезды. Для HD 36668 эти значения равны соответственно $\lg \frac{L}{L_{\odot}} = 2.4$

и $\frac{M}{M_{\odot}} = 3.7$. В работе Romanyuk et al. (2013)

приведены две оценки массы HD 36668, равные $3.8 M_{\odot}$, что совпадает с данными результатами.

В работе Bouy and Alves (2015) утверждается, что HD 36668 не принадлежит ассоциации, а относится к звездному потоку в Орионе и находится ближе к наблюдателю. Однако параллакс, полученный в ходе миссии GAIA, опровергает это утверждение. Величина $\pi = 2.36$ mas соответствует расстоянию $d = 424$ пк, а это расстояние до центра подгруппы (b) ассоциации (Romanyuk et al. 2013).

Hernández et al. (2005) включили HD 36668 в каталог звезд Ae/Be Хербига в близких OB-ассоциациях, но в наших спектрах в области 4450–4950 Å не обнаружено никаких признаков, характерных для Ae/Be-звезд.

2.3.6. *HD 36955 = BD -01°955 = Renson 9740*
= Brown 052b

Магнитное поле этой звезды было обнаружено нами на БТА (Kudryavtsev et al. 2006). В базе данных SIMBAD указано, что HD 36955 — двойная или кратная система. О наличии спутника с блеском $m_V = 11$ зв. вел. на расстоянии $1''5$ говорится в работе Rastegaev et al. (2014).

Oelkers et al. (2018) нашли период вращения звезды $P = 2^{\text{d}}284965$. Кривая блеска, построенная по фотометрии, выполненной на спутнике TESS, имеет простую форму (рис. 6). Уточненное значение фотометрического периода переменности равно $2^{\text{d}}283506$. Оба этих значения плохо согласуются с величинами продольного магнитного поля. Анализ наших измерений B_e свидетельствует

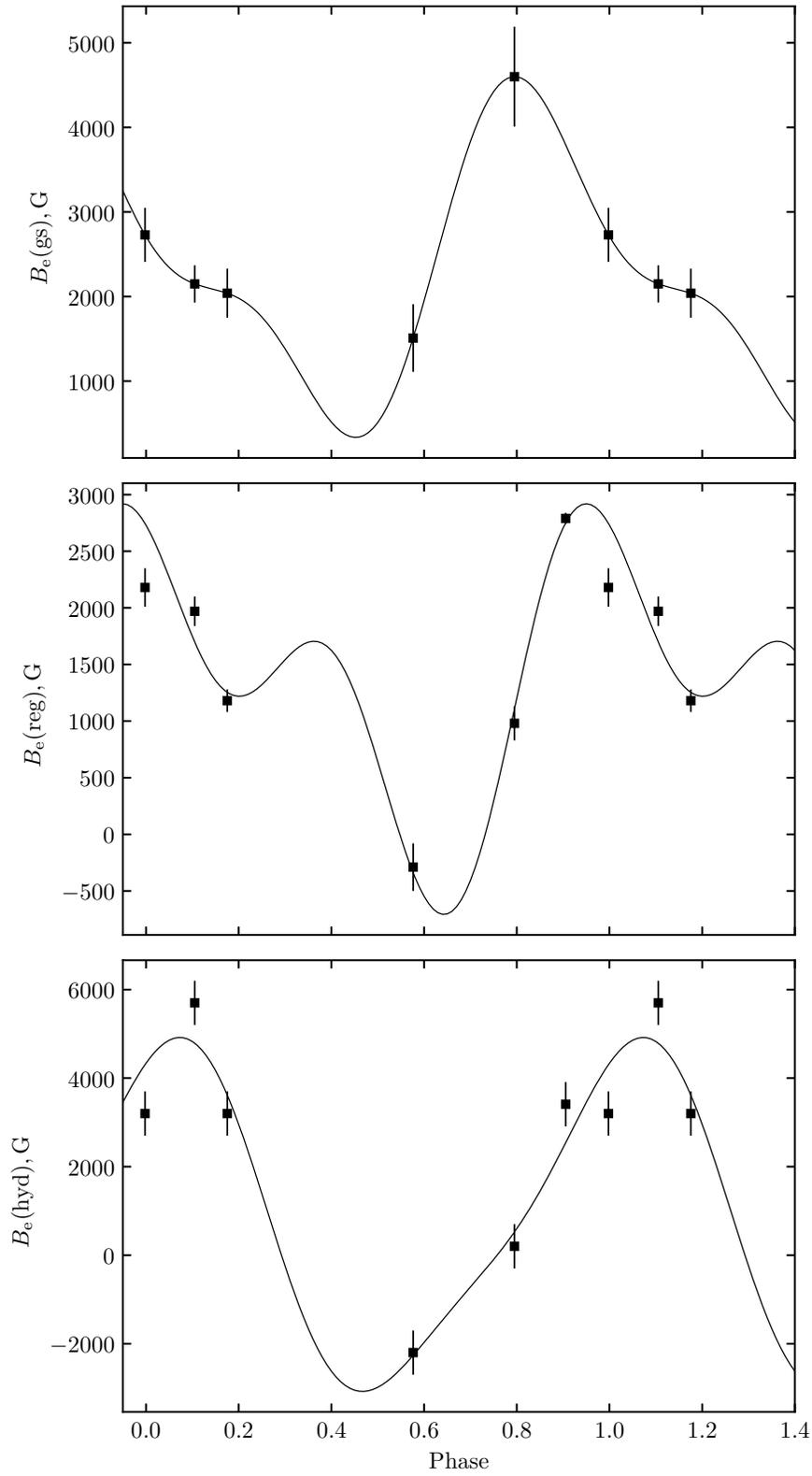


Рис. 4. Кривые переменности продольного магнитного поля HD 36526, построенные по нашим наблюдениям.

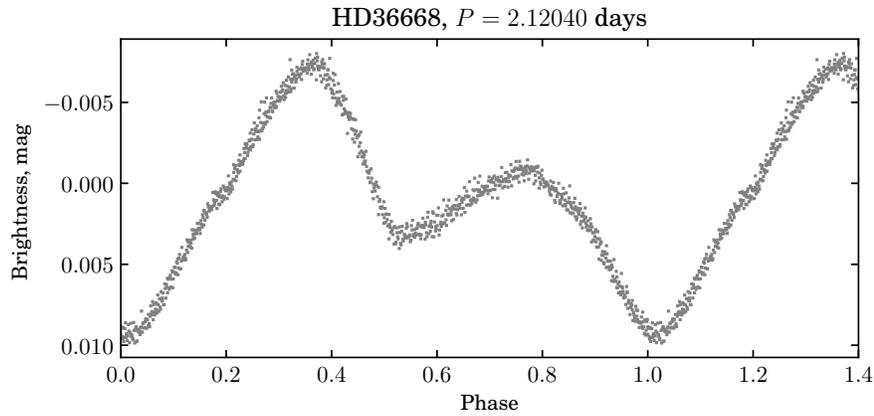


Рис. 5. Фотометрическая кривая блеска HD 36668 по наблюдениям TESS.

в пользу несколько более длинного периода — $2^{\text{d}}875108$ (рис. 7). В причинах таких расхождений еще предстоит разобраться.

Среднеквадратичное продольное магнитное поле звезды, измеренное по методу Бэбкока и по регрессии, получается следующим:

- $\langle B_e \rangle = 842$ Гс, $\sigma = 219$, $\chi^2/n = 28.2$,
- $\langle B_e \rangle = 708$ Гс, $\sigma = 90$, $\chi^2/n = 93.9$.

Фундаментальные параметры HD 36995, определенные нами, следующие: $v_e \sin i = 26$ км с $^{-1}$, $T_{\text{eff}} = 10800 \pm 250$ К, $\lg g = 4.2 \pm 0.5$.

2.3.7. HD 37140 = V1130 Orion = BD −00° 1018
= Renson 9910 = Brown 063b

Магнитное поле звезды обнаружил Ворга (1981). В его измерениях продольная компонента поля менялась от −1050 до +400 Гс. North (1984) нашел фотометрическую переменность звезды с элементами

$$\text{HJD}(\text{min}) = 2444978.036 + 2.7088 E.$$

Кривые блеска во всех фильтрах синусоидальные. Однако в литературе имеется и другое вероятное значение периода вращения — $0^{\text{d}}611465$ (Oelkers et al. 2018).

Фотометрия звезды по снимкам TESS выполнялась в проекте CDIPS. Очищенная от трендов кривая блеска прекрасно фазируется с периодом $P = 2^{\text{d}}704179$, что близко к значению Норта. Rastegaev et al. (2014) утверждают, что HD 37140 — тройная система с компонентами спектральных классов A7 и F–K на расстояниях $d = 23$ а.е и 50 а.е. Более горячий спутник может оказаться пульсирующей звездой типа δ Sct, поскольку следы характерных пульсаций малой

амплитуды присутствуют в фотометрии TESS (см. рис. 8).

Звезда HD 37140 — магнитная, наши измерения продольного поля двумя методами представлены нарис. 9. Среднеквадратичские величины магнитного поля по нашим данным в зависимости от метода (модифицированный метод Бэбкока, регрессия) следующие:

- $\langle B_e \rangle = 585$ Гс, $\sigma = 207$, $\chi^2/n = 14.0$,
- $\langle B_e \rangle = 270$ Гс, $\sigma = 107$, $\chi^2/n = 9.6$.

По результатам анализа спектров мы нашли следующие параметры звезды: $v_e \sin i = 30$ км с $^{-1}$, $T_{\text{eff}} = 13500 \pm 240$ К, $\lg g = 3.7 \pm 0.4$.

2.3.8. HD 37149 = HIP 26319 = Renson 9920
= Brown 065b

В каталоге химически пекулярных звезд (Renson and Manfroid 2009) HD 37149 обозначена как He-wk, но классификация может быть ошибочной: в литературе имеются сведения, что HD 37149 — Be-звезда. Хотя в наших спектрах, полученных в области 4450–4950 Å, признаков эмиссии не видно, мы будем считать ее немагнитной Be-звездой. В пользу этого предположения говорят и безрезультатные попытки обнаружить магнитное поле звезды (соответственно методом Бэбкока и по регрессии):

- $\langle B_e \rangle = 1826$ Гс, $\sigma = 2238$, $\chi^2/n = 0.4$,
- $\langle B_e \rangle = 205$ Гс, $\sigma = 170$, $\chi^2/n = 2.1$.

Фотометрия звезды, выполненная на спутнике TESS, показывает наличие мультипериодической малоамплитудной переменности (рис. 10). Возможные периоды колебаний ($P_1 = 0^{\text{d}}3196$ и $P_2 = 0^{\text{d}}3245$) также являются типичными для

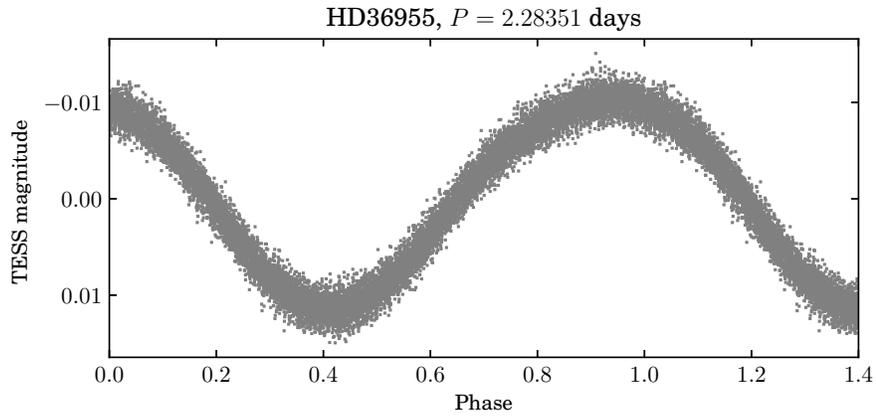


Рис. 6. Фотометрическая кривая блеска HD 36955 по наблюдениям TESS.

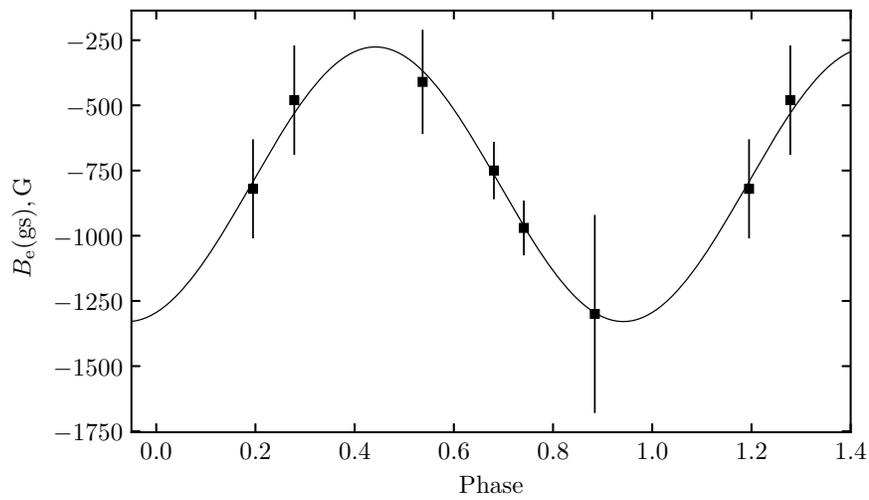


Рис. 7. Кривая переменности продольного магнитного поля HD 36955, полученная по измерениям линий металлов.

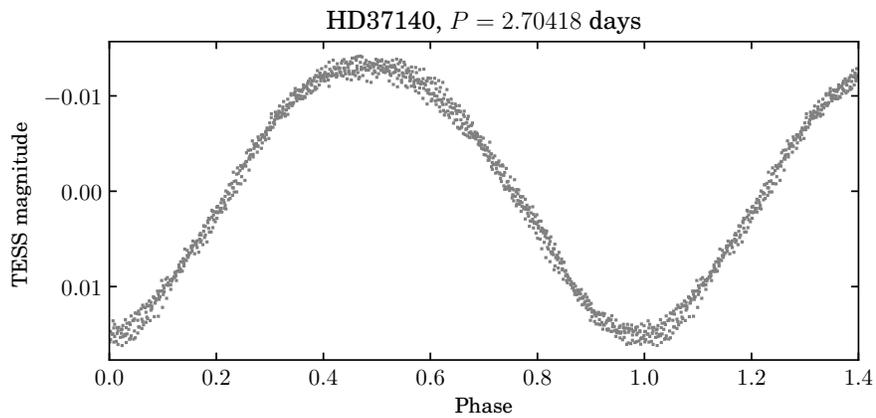


Рис. 8. Фотометрическая кривая блеска HD 37140 по наблюдениям TESS.

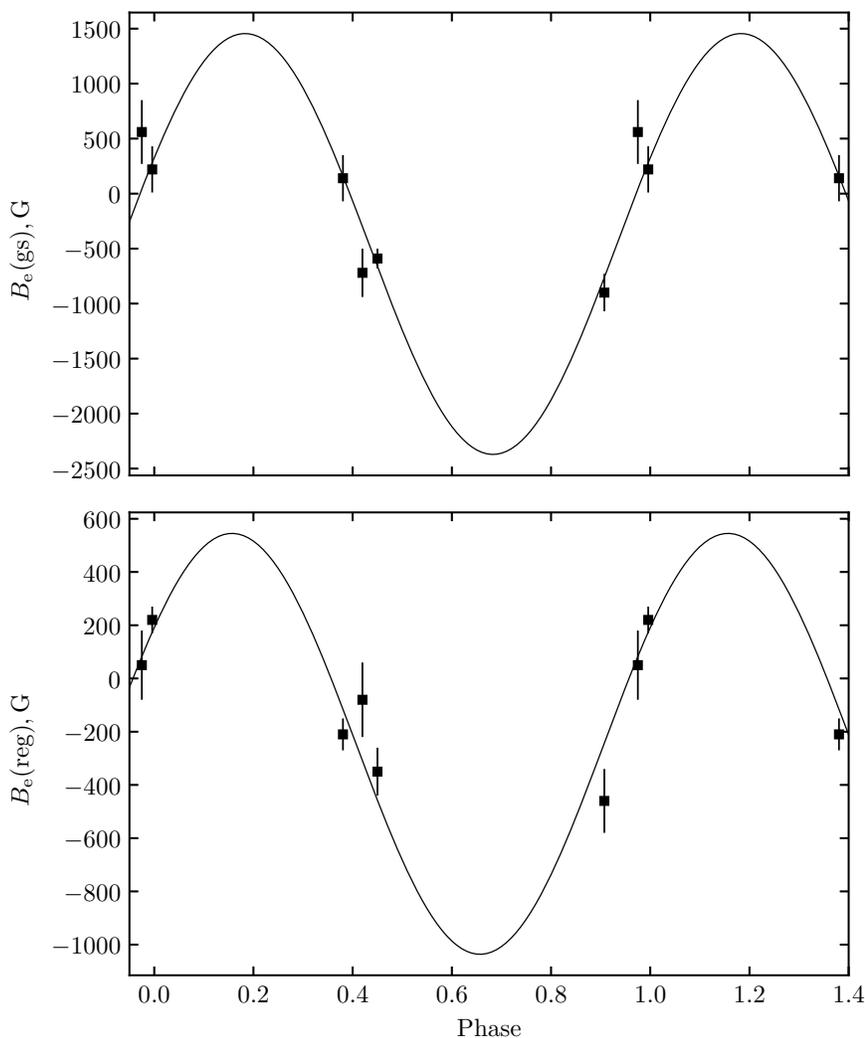


Рис. 9. Кривые переменности продольного магнитного поля HD 37140, полученные по измерениям линий металлов методом Бэбкока и по регрессии.

Be-звезд (Neiner and Hubert 2009). Ввиду того, что HD 37149 — не химически пекулярная звезда, мы ее исключаем из дальнейшего рассмотрения.

2.3.9. HD 37235 = BD −00°1023 = *Renon 9960*
= *Brown 069b*

Эта звезда ранее на предмет поисков магнитного поля не изучалась. В имеющихся спектрах наблюдаются три более-менее сильные линии, уширенные вращением. По этой причине точность измерения продольного магнитного поля очень низкая. Результаты измерений шести зеемановских спектров говорят об отсутствии продольного магнитного поля сильнее 1 кГс. Признаки зеемановской сигнатуры не наблюдаются ни в линиях металлов, ни в водороде. Среднеквадратичное магнитное поле в зависимости от метода получается следующим:

- $\langle B_e \rangle = 4204$ Гс, $\sigma = 2889$, $\chi^2/n = 1.2$ (модифицированный метод Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle = 227$ Гс, $\sigma = 170$, $\chi^2/n = 2.3$ (метод регрессии).

Отрицательный результат поисков магнитного поля HD 37235 нельзя рассматривать как признак того, что звезда не является химически пекулярной. Фотометрическая кривая блеска HD 37235 доступна в материалах обзора CDIPS, основанного на анализе снимков, полученных спутником TESS. В периодограмме отчетливо выделяется сигнал, соответствующий периоду переменности звезды $P = 0^d48469$. По этому параметру HD 37235 — один из самых быстрых ротаторов с фотометрической переменностью. Блеск звезды меняется

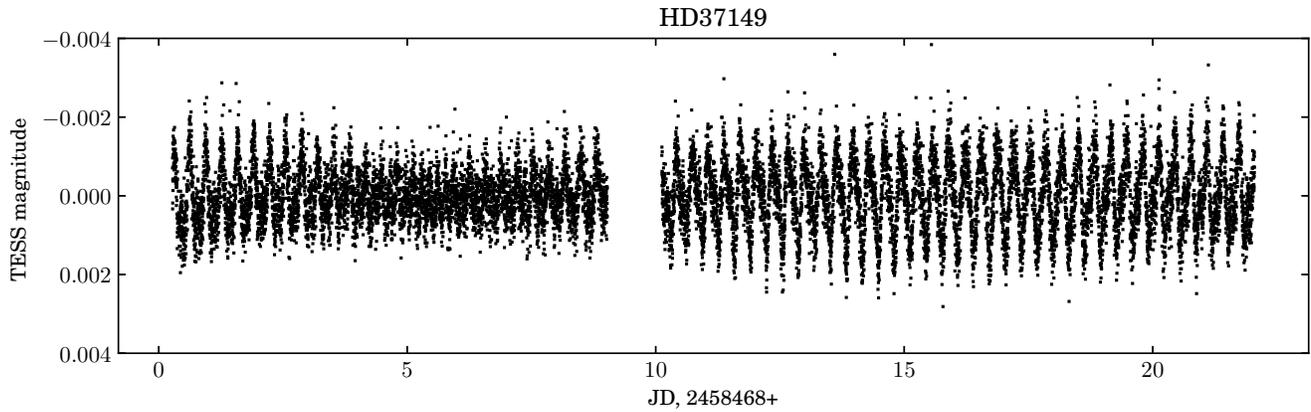


Рис. 10. Фотометрическая кривая блеска HD 37149 по наблюдениям TESS.

в небольших пределах в форме двойной волны, типичной для CP-звезд (рис. 11).

Нами определены физические параметры звезды: $v_e \sin i = 320 \text{ км с}^{-1}$, $T_{\text{eff}} = 13500 \pm 300 \text{ К}$, $\lg g = 4.0 \pm 0.3$.

2.3.10. *HD 37321 = HIP 26439 = Renson 10000 = Brown 075b*

Эта массивная звезда ($5.2 M_{\odot}$) является главным компонентом двойной системы ADS 4222AB со спутником на расстоянии $0''.8$ (Romanyuk et al. 2013). В диапазоне длин волн спектров, полученных нами, наблюдается небольшое количество линий. Быстрое вращение звезды не только приводит к уширению ее линий, но и существенно снижает точность измерения магнитного поля.

Ни одно из пяти измерений продольного поля не показало значимый результат: магнитное поле нам найти не удалось. Среднеквадратичные величины $\langle B_e \rangle$, найденные нами модифицированным методом Бэбкока и методом регрессии, следующие:

- $\langle B_e \rangle = 426 \text{ Гс}$, $\sigma = 439$, $\chi^2/n = 0.9$,
- $\langle B_e \rangle = 290 \text{ Гс}$, $\sigma = 202$, $\chi^2/n = 1.4$.

Наша оценка физических параметров звезды: $v_e \sin i = 130 \text{ км с}^{-1}$, $T_{\text{eff}} = 15000 \pm 350 \text{ К}$, $\lg g = 4.1 \pm 0.4$, $\lg \frac{L}{L_{\odot}} = 3.3$, $\frac{M}{M_{\odot}} = 5.8$, $\frac{R}{R_{\odot}} = 4.6$.

Значение массы хорошо согласуется с оценкой из работы Romanyuk et al. (2013). В фотометрии TESS (обзор CDIPS) звезда демонстрирует слабую мультипериодическую переменность, характерную для массивных пульсирующих звезд.

2.3.11. *HD 37333 = BD -02° 1319 = Renson 10010 = Brown 077b*

HD 37333 — новая магнитная звезда, член скопления σ Orion. В спектре звезды усилены линии кремния.

Bagnulo et al. (2015) наблюдали HD 37333 на FORS1 VLT, но магнитное поле не обнаружили. Впервые магнитное поле было найдено нами, но результаты ранее не публиковались. Среднеквадратичное продольное поле $\langle B_e \rangle$ по нашим шести наблюдениям следующее:

- $\langle B_e \rangle = 869 \text{ Гс}$, $\sigma = 246$, $\chi^2/n = 19.4$,
- $\langle B_e \rangle = 433 \text{ Гс}$, $\sigma = 120$, $\chi^2/n = 14.6$.

Как обычно, величина среднеквадратического поля, измеренная методом регрессии, получается меньше, чем при измерениях классическим методом.

В каталоге Heinze et al. (2018) приведен период вращения звезды $P = 5^{\text{d}}.612112$, но наши измерения B_e с ним не согласуются. Анализ кривой блеска, полученной в обзоре CDIPS на основе наблюдений TESS, показывает, что настоящий период вращения — $1^{\text{d}}.68339$. С этим периодом изменение блеска звезды происходит в виде двойной волны с двумя минимумами одинаковой глубины (рис. 12). Фазируемые с указанным фотометрическим периодом магнитные измерения попадают в диапазон фаз $0.45\text{--}0.85$. Этих данных недостаточно для каких-либо выводов о характере магнитной переменности.

Исходя из имеющихся данных, мы нашли следующие фундаментальные параметры звезды: $v_e \sin i = 50 \text{ км с}^{-1}$, $T_{\text{eff}} = 12000 \pm 370 \text{ К}$, $\lg g = 4.5 \pm 0.3$.

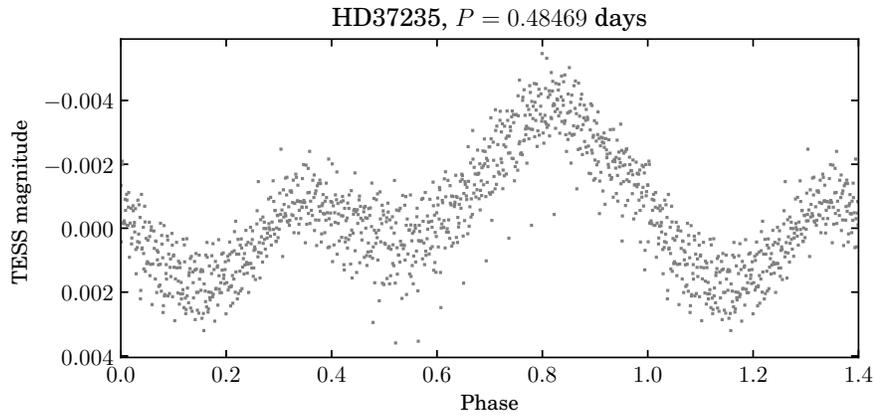


Рис. 11. Фотометрическая кривая блеска HD 37235 по наблюдениям TESS.

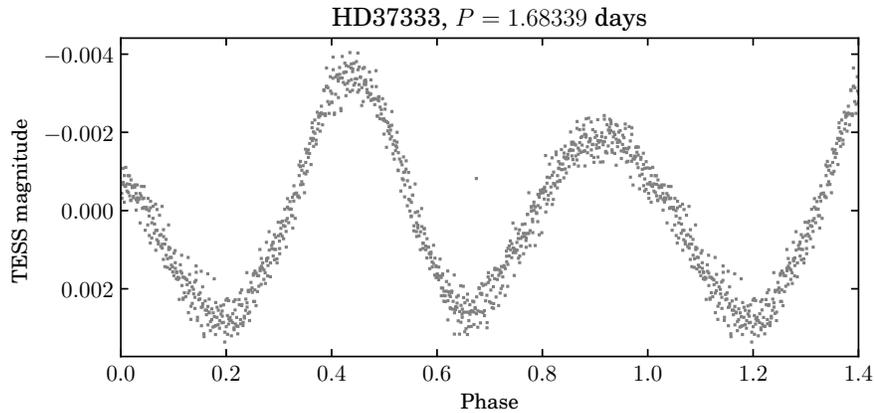


Рис. 12. Фотометрическая кривая блеска HD 37333 по наблюдениям TESS.

2.3.12. HD 37479 = σ Orion E = BD -02°1327
= Renson 10080 = Brown 086b

HD 37479 — хорошо изученная магнитная пекулярная звезда с усиленными линиями гелия. Bohlender et al. (1987) выполнили 22 измерения продольного магнитного поля звезды на бальмеровском магнитометре Ландстрита. Авторами была получена более-менее синусоидальная кривая. Цель наших измерений — получить данные для всех магнитных звезд единообразным способом в однородной системе, для того чтобы можно было сравнивать результаты, полученные по линии водорода $H\beta$ и по линиям металлов. Другие детали нашего исследования приведены в работе Romanuyuk et al. (2013).

Мы подтверждаем тот факт, что звезда имеет очень сильное магнитное поле. Среднеквадратичские величины продольного поля по методу Бэбкока и по регрессии получаются следующими:

- $\langle B_e \rangle = 3040$ Гс, $\sigma = 853$, $\chi^2/n = 29.2$,

- $\langle B_e \rangle = 1307$ Гс, $\sigma = 324$, $\chi^2/n = 46.6$.

В результатах, полученных двумя разными методами, заметна очень большая разница.

Фундаментальные параметры звезды следующие: $v_e \sin i = 150$ км с⁻¹, $T_{\text{eff}} = 21000 \pm 550$ К, $\lg g = 3.5 \pm 0.4$.

2.3.13. HD 37525 = BD -02°1328 = Renson 10110
= Brown 088b

В базе SIMBAD эта звезда представлена как молодой звездный объект. Двойная система HD 37525AB входит в скопление σ Orion. В каталоге Renson and Manfroid (2009) звезда классифицирована как пекулярная с ослабленным содержанием гелия, однако в спектре линия гелия 4471 Å существенно сильнее линии Mg II 4481 Å. Это значит, что содержание гелия не так уж и мало. Не исключено, что HD 37525 — нормальная звезда соответствующего спектрального класса.

В литературе нет сведений о каких-либо изменениях магнитного поля звезды. В пяти наблюдениях на БТА с зеемановским анализатором продольное поле с верхним пределом 500 Гс также не было найдено. Среднеквадратическое поле $\langle B_e \rangle$ в наших измерениях получается следующим:

- $\langle B_e \rangle = 1362$ Гс, $\sigma = 1845$, $\chi^2/n = 0.5$ (по методу Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle = 127$ Гс, $\sigma = 192$, $\chi^2/n = 0.3$ (по методу регрессии).

Фундаментальные параметры HD 37525, определенные нами, следующие: $v_e \sin i = 160$ км с⁻¹, $T_{\text{eff}} = 17000 \pm 270$ К, $\lg g = 4.1 \pm 0.3$.

2.3.14. HD 37633 = BD -02°1332 = Renson 10130
= Brown 093b

Магнитное поле этой звезды было найдено нами в 2013 г., однако результаты измерений ранее не публиковались. Vagnulo et al. (2015) получили одно измерение продольного поля на FORS1 VLT: $B_z = 440 \pm 200$ Гс.

North (1984) нашел периодическую фотометрическую переменность с элементами

$$\text{HJD}(\text{min}) = 2444983.923 + 1.5718 E.$$

Кривая блеска звезды по наблюдениям TESS имеет две гармоники с более плоским минимумом (рис. 13). Период переменности практически совпадает с периодом из работы North (1984): $P = 1^{\text{d}}57305$. Наши измерения продольного магнитного поля хорошо согласуются с этим значением (рис. 14).

Величина среднеквадратичного продольного магнитного поля свидетельствует о том, что звезда является магнитной:

- $\langle B_e \rangle = 520$ Гс, $\sigma = 121$, $\chi^2/n = 41.2$ (по методу Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle = 382$ Гс, $\sigma = 97$, $\chi^2/n = 25.5$ (по методу регрессии).

По разным источникам звезда входит в скопления σ Orion и Collinder 70.

Мы нашли следующие параметры звезды: $v_e \sin i = 35$ км с⁻¹, $T_{\text{eff}} = 13000 \pm 250$ К, $\lg g = 4.0 \pm 0.4$.

2.3.15. HD 37776 = V901 Orion = BD -01°1005
= Renson 10190 = Brown 104b

HD 37776 — хорошо известная магнитная химически пекулярная звезда, которая многократно изучалась разными авторами, в том числе и авторами настоящей статьи на протяжении десятков лет. Звезда имеет экстремально сильное поле сложной не дипольной конфигурации (Kochukhov et al. 2011). Несмотря на безусловные успехи в изучении этого уникального объекта, на наш взгляд, удовлетворительная магнитная модель HD 37776 до настоящего времени так и не построена. Новые высокоточные фотометрические наблюдения миссии TESS поставили скорее новые вопросы, чем приблизили исследователей к разгадке феномена HD 37776.

В течение зимнего сезона 2019/2020 гг. мы выполнили четырнадцать наблюдений звезды с зеемановским анализатором. Линии в спектре HD 37776 имеют очень сложную форму, наблюдается исключительно сильная круговая поляризация в линиях, вызванная эффектом Зеемана. При этом линии разных химических элементов ведут себя по-разному, что приводит к сильному разбросу результатов измерений поля. Применение метода регрессии оказалось неэффективным по причине сильного поля сложной геометрии.

Среднеквадратичная величина $\langle B_e \rangle$, найденная по измерениям линий металлов и по водороду, следующая:

- $\langle B_e \rangle = 7285$ Гс, $\sigma = 2686$, $\chi^2/n = 17.2$ (по методу Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle = 8644$ Гс, $\sigma = 500$, $\chi^2/n = 298.9$ (по водороду).

В таблице 3 мы приводим результаты измерений продольного поля по четырем элементам: H β , Mg II (4481 Å), He I (4471, 4713, 4922 Å) и Si III (4552, 4567, 4574 Å). Для гелия и кремния взяты средние значения по указанным трем линиям.

Продольное магнитное поле в зависимости от элемента показывает очень разное поведение. В качестве периода вращения мы взяли значение $1^{\text{d}}539494$, определенное из фотометрии TESS (рис. 15). Изменение продольного магнитного поля в зависимости от фазы периода вращения показано на рис. 16.

Профили линий в имеющихся спектрах часто раздваиваются, указывая на зеемановское расщепление в поле порядка 70 кГс. Совершенно отчетливо видно, что экстремумы блеска совпадают с экстремумами магнитного поля. При этом поле по разным элементам меняется по-разному. Например, поле по линиям гелия и кремния меняется в

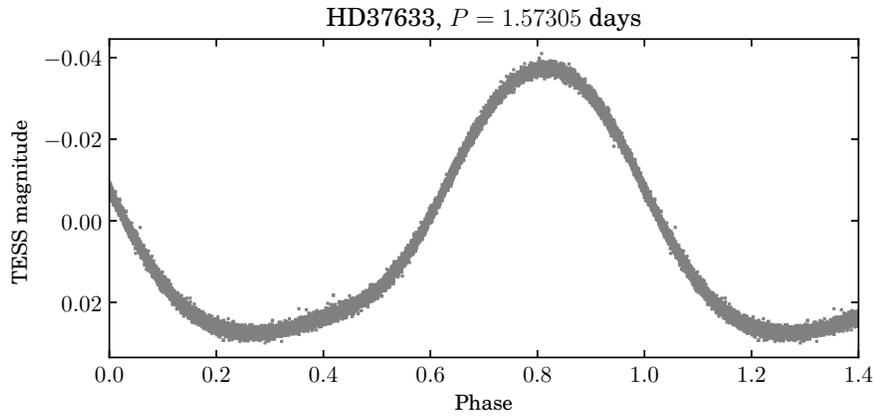


Рис. 13. Фотометрическая кривая блеска HD 37633 по наблюдениям TESS.

Таблица 3. Результаты измерений продольного поля B_e звезды HD 37776 по отдельным элементам

JD, (2450000+)	$B_e(\text{H}\beta)$, кГс	$B_e(\text{Mg II})$, кГс	$B_e(\text{He I})$, кГс	$B_e(\text{Si III})$, кГс
8777.441	6.6	-12.2	11.1 ± 4.0	30.5 ± 3.0
8777.553	-3.1	-9.0	-6.8 ± 1.9	-5.3 ± 2.2
8778.460	7.0	-	5.2 ± 5.1	-
8778.578	1.5	-10.9	0.8 ± 1.1	-20.8 ± 3.0
8799.396	6.9	-5.0	9.0 ± 1.2	-15.5 ± 1.4
8801.555	7.8	-9.5	7.1 ± 9.3	-18.5 ± 1.6
8805.369	-5.3	-4.8	-5.3 ± 0.8	-7.2 ± 0.1
8805.559	12.3	-	16.0 ± 11.5	-5.5 ± 2.2
8830.315	10.8	-7.4	4.7 ± 7.3	-13.9 ± 2.3
8830.478	-4.8	-6.8	-5.8 ± 1.1	-7.6 ± 1.2
8834.418	4.3	-11.5	4.5 ± 2.2	27.6 ± 0.9
8834.511	-2.5	-4.6	-4.6 ± 0.4	-5.2 ± 3.5
8855.184	-0.7	-4.9	-2.9 ± 0.5	-7.1 ± 1.0
8857.255	-15.6	12.7	-6.7 ± 7.7	20.0 ± 2.8

противофазе. В этой статье мы публикуем только первые результаты. Более детальный анализ поля HD 37776 еще предстоит, однако наличие очень большого (многие десятки кГс) и сложного, не имеющего аналогов, поля очевидно.

Звезда имеет следующие физические параметры: $v_e \sin i = 80 \text{ км с}^{-1}$, $T_{\text{eff}} = 22000 \pm 350 \text{ К}$, $\lg g = 3.7 \pm 0.6$. Найденная нами эффективная температура хорошо согласуется с многочисленными литературными данными. Масса звезды по данным разных источников находится в пределах от 6.4 до $10 M_{\odot}$ (Romanjuk et al. 2013).

2.3.16. HD 290665 = BD -00°1008 = Renson 9760 = Brown 128b

Магнитное поле этой звезды было найдено нами на БТА. Продольная компонента поля меняется от -3700 до 3900 Гс. Еще одно измерение поля этой звезды было сделано авторами работы Bagnulo et al. (2006) на VLT: $B_l = -1664 \pm 44$ Гс.

Oelkers et al. (2018) в своей статье приводят период вращения звезды $P = 5^{\text{d}}162896$. Близкое значение периода мы получили из анализа кривой

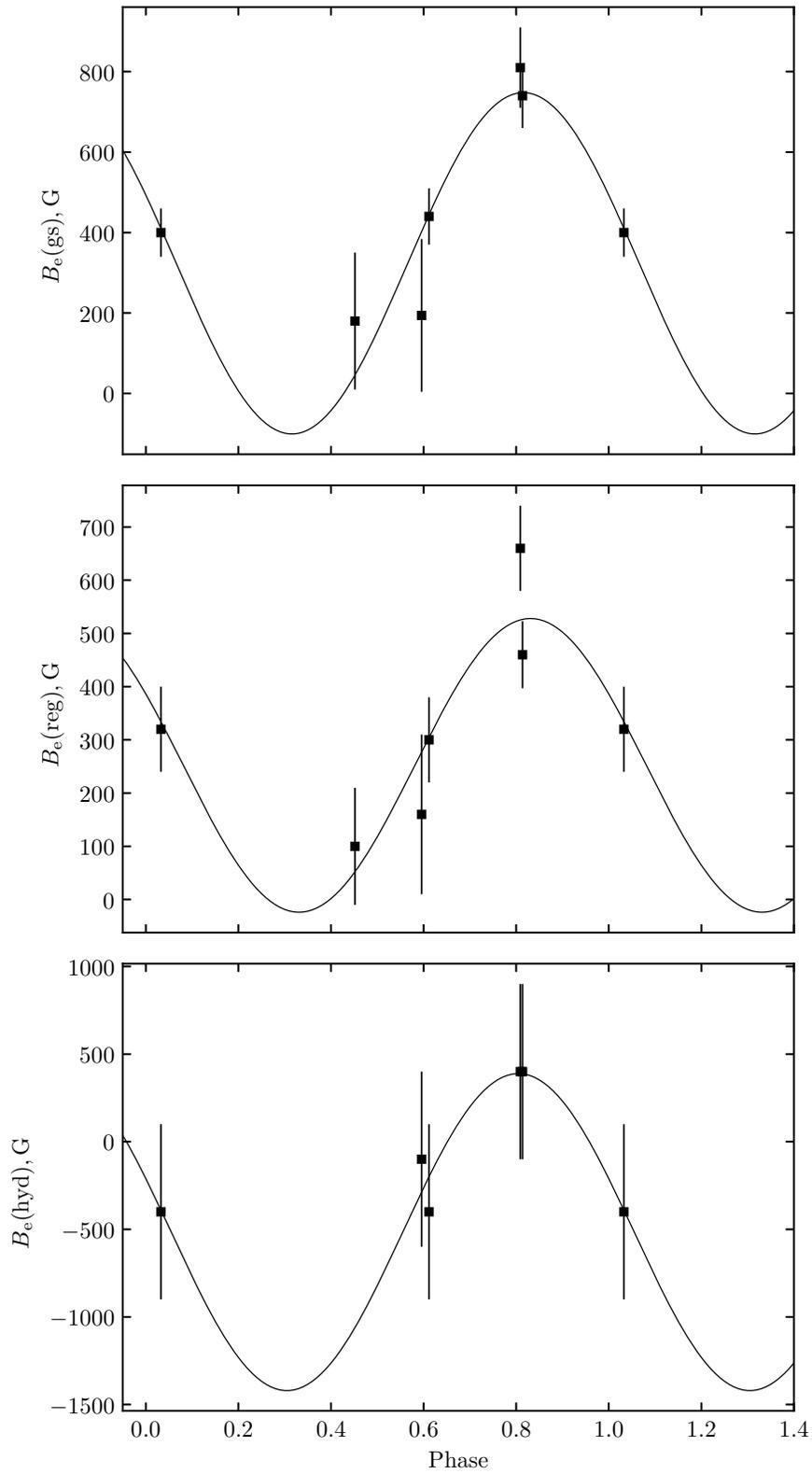


Рис. 14. Кривые переменности продольного магнитного поля HD 37633, полученные по измерениям линий металлов и водороду.

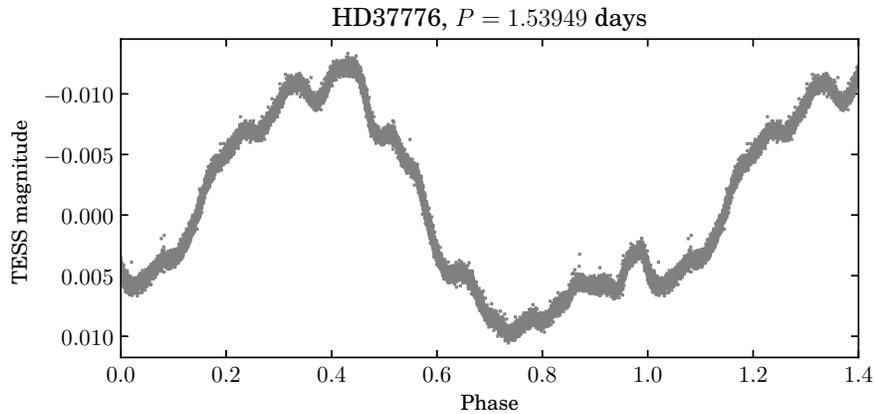


Рис. 15. Фотометрическая кривая блеска HD 37776 по наблюдениям TESS.

блеска HD 290665, полученного в обзоре CDIPS на основе снимков TESS: $P_{\text{TESS}} = 5^{\text{d}}.176873$.

Десять наблюдений звезды на БТА показывают, что период действительно близок к 5 суткам, но наши измерения лучше согласуются с периодом, опубликованным Oelkers et al. (2018). Среднеквадратичные величины продольного магнитного поля звезды следующие:

- $\langle B_e \rangle = 2871$ Гс, $\sigma = 121$, $\chi^2/n = 544.2$ (по методу Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle = 2260$ Гс, $\sigma = 54$, $\chi^2/n = 2343.4$ (по методу регрессии).

Фундаментальные параметры звезды, определенные нами, следующие: $T_{\text{eff}} = 10400 \pm 350$ К, $\lg g = 4.0 \pm 0.3$.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Перед тем как перейти к сравнению магнитных свойств двух изученных нами подгрупп (а) и (b) ассоциации Орион OB1, еще раз напомним основные принципы, на которых базируется наше исследование.

Ассоциация OB1 в Орионе имеет явно выраженную неоднородную структуру. Vlaarw (1964) разделил всю область ассоциации на четыре подгруппы. Авторы работы Brown et al. (1994) выделили 814 объектов звездного населения ассоциации. Распределение этих звезд по подгруппам разного возраста выглядит следующим образом:

- Орион OB1 (a), средний возраст 10 млн. лет, содержит 311 звезд,
- Орион OB1 (b), возраст 2 млн. лет — 139 звезд,
- Орион OB1 (c), возраст 5 млн. лет — 350 звезд

Орион OB1 (d), совсем маленькая подгруппа, состоящая из 14 звезд, имеет возраст менее 1 млн. лет.

Почти все перечисленные объекты — это В- и А-звезды главной последовательности. Доля горячих звезд с эффективной температурой $T_{\text{eff}} > 10000$ К выше для внутренних подгрупп: (b) — 71.9% и (d) — 92.9%. Для внешних подгрупп (a) и (c) эта величина соответственно составляет 51.1% и 47.7% (Moiseeva et al. 2019, Romanyuk et al. 2013).

Схема отбора химически пекулярных звезд среди населения ассоциации детально описана нами в работе Romanyuk et al. (2013). В ней мы выделили 85 химически пекулярных звезд. В целом доля более горячих звезд среди химически пекулярных больше, чем среди нормальных.

Теперь сравним результаты измерений магнитных полей в подгруппах (a) и (b) ассоциации в Орионе. После исключения из рассмотрения непекулярной звезды HD 37149 в обеих подгруппах число CP-звезд оказывается равным — по пятнадцать. У всех этих звезд одинаковым образом было измерено магнитное поле. В подгруппе (a) семь из пятнадцати химически пекулярных оказались магнитными (46.7%), тогда как в подгруппе (b) таковых одиннадцать (73.3%). Критерием наличия магнитного поля мы считаем величину $\chi^2/n > 5$.

Таким образом, доля магнитных звезд в более молодой подгруппе (b) по отношению к химически пекулярным в 1.5 раза выше, чем в (a). Если же сравнить долю звезд с обнаруженным магнитным полем по отношению ко всем звездам соответствующей подгруппы ассоциации, то различия будут еще более разительными. Так, доля магнитных звезд по отношению ко всем OBA-звездам в подгруппе (a) составляет 2.25% (7 из 311), а в

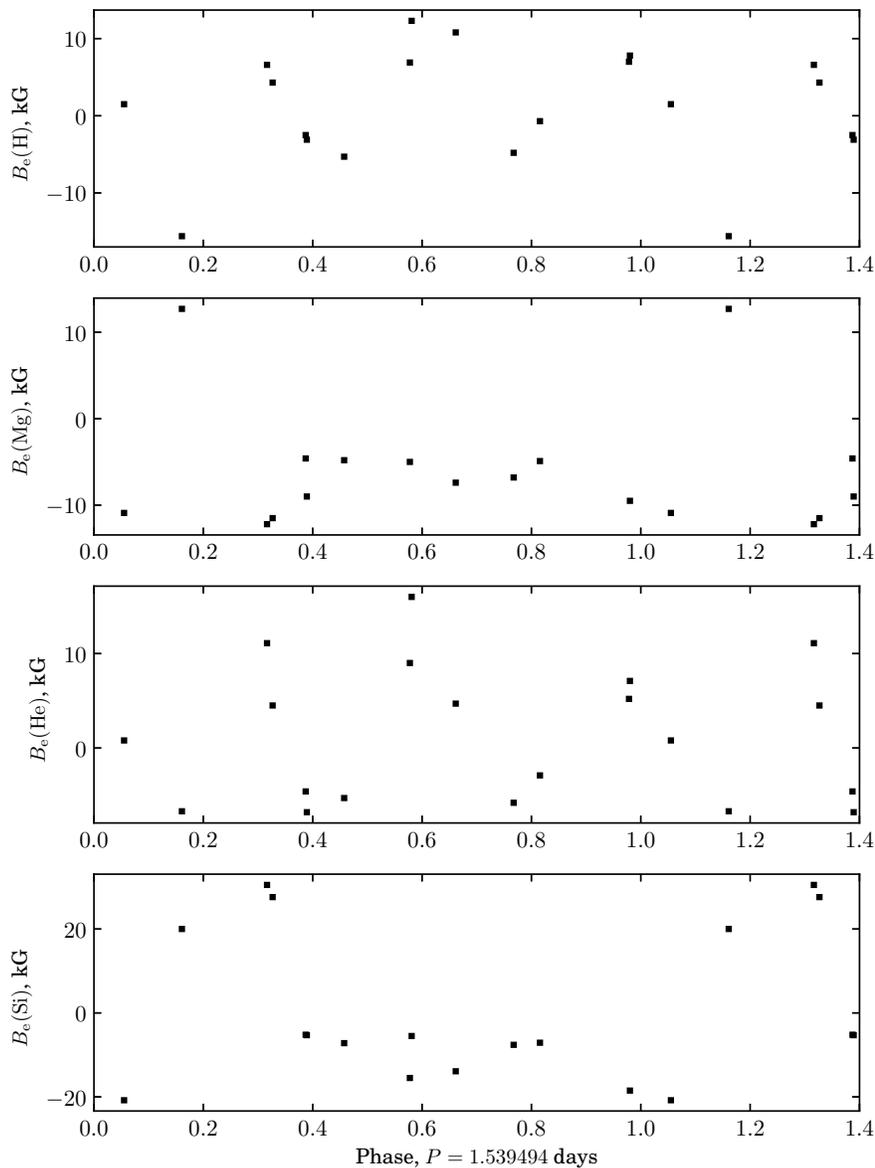


Рис. 16. Изменение с фазой вращения продольного магнитного поля HD 37776, измеренное по разным химическим элементам.

подгруппе (b) — уже 7.91% (11 из 139), или в 3.5 раза больше. Это значит, что с увеличением возраста звезд с 2 до 10 млн. лет в ассоциации Орион ОВ1 наблюдается очень резкое уменьшение доли магнитных звезд относительно общей выборки.

Рассмотрим теперь средние величины магнитных полей звезд в изученных областях ассоциации. Очевидно, что немагнитные звезды должны быть исключены из сравнения, иначе разные доли магнитных звезд приведут к искажению результатов. Среднеквадратичное продольное поле $\langle B_e \rangle$ для подгруппы в целом мы определим по формуле (1). Величины $\langle B_e \rangle$ для каждой звезды будут

использованы в качестве исходных данных. Значения среднеквадратичного поля звезд подгрупп (a) и (b) представлены в таблицах 4 и 5. Результаты измерений магнитных полей звезд таблицы 4 взяты из работы Romanuk et al. (2019). В рассматриваемом списке CP-звезд есть только три звезды (HD 35298, HD 35456 и HD 35502), у которых магнитное поле определяется абсолютно надежно ($\chi^2/n > 30$). В подгруппе (b) ассоциации для семи звезд $\chi^2/n > 30$. Для звезд HD 36313 и HD 37776 по причинам, указанным в комментариях к результатам их исследований, взяты данные из-

Таблица 4. Среднеквадратичные магнитные поля $\langle B_e \rangle$ звезд подгруппы (а) ассоциации Ог10п ОВ1

Звезда	$\langle B_e(z) \rangle \pm \sigma$, Гс	χ^2/n	$\langle B_e(r) \rangle \pm \sigma$, Гс	χ^2/n
HD 34859	1138 ± 692	3.8	302 ± 120	9.9
HD 35008	1530 ± 1440	3.8	258 ± 155	7.0
HD 35177	1423 ± 1558	4.3	940 ± 275	12.4
HD 35298	4600 ± 563	120.5	2323 ± 330	71.4
HD 35456	447 ± 96	34.3	440 ± 80	37.7
HD 35502	2221 ± 478	35.3	1647 ± 333	41.7
HD 294046	2153 ± 1214	4.6	1496 ± 164	13.3

Таблица 5. Среднеквадратичные магнитные поля $\langle B_e \rangle$ звезд подгруппы (b) ассоциации Ог10п ОВ1

Звезда	$\langle B_e(z) \rangle \pm \sigma$, Гс	χ^2/n	$\langle B_e(r) \rangle \pm \sigma$, Гс	χ^2/n
HD 36313 *	1338 ± 500(h)	7.2		
HD 36485	2724 ± 261	113.8	2156 ± 132	635.1
HD 36526	2801 ± 384	56.8	1695 ± 137	539.3
HD 36668	1892 ± 451	37.6	953 ± 105	203.5
HD 36955	843 ± 219	28.2	708 ± 90	93.9
HD 37140	585 ± 207	14.0	270 ± 107	9.6
HD 37333	870 ± 246	19.4	433 ± 120	14.6
HD 37479	3040 ± 853	29.2	1307 ± 324	46.6
HD 37633	520 ± 122	41.2	382 ± 97	25.5
HD 37776 *	7285 ± 2686	17.2	8644 ± 500(h)	298.9
HD 290665	2871 ± 121	544.2	2260 ± 54	2343.4

мерений поля только по линии $H\beta$ (указаны «*» в таблице 5).

Средняя величина $\langle B_e \rangle$ всех магнитных звезд подгруппы (а) равна:

- $\langle B_e \rangle(\text{all}) = 2286$ Гс, $\sigma = 1000$, $\chi^2/n = 16.8$ (по методу Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle(\text{all}) = 1286$ Гс, $\sigma = 229$, $\chi^2/n = 29.8$ (по методу регрессии).

Почти двукратные различия в значениях среднеквадратического поля в зависимости от метода

объясняются присутствием в выборке быстрых ротаторов со сложными профилями линий.

Аналогичным образом найдем среднеквадратическую величину магнитного поля $\langle B_e \rangle$ для всех звезд подгруппы (b) ассоциации:

- $\langle B_e \rangle(\text{all}) = 2911$ Гс, $\sigma = 893$, $\chi^2/n = 74.9$ (по методу Бэбкока),
- $\langle B_e \rangle(\text{all}) = 3014$ Гс, $\sigma = 211$, $\chi^2/n = 266.6$ (по методу регрессии).

Таким образом, оба метода измерений магнитных полей дают один и тот же результат: магнитное поле звезд в более молодой подгруппе (b) значительно сильнее, чем в подгруппе (a).

Ранее мы неоднократно показывали, что классические измерения по методу Бэбкока для горячих гелиевых звезд крайне затруднительны из-за малого количества пригодных для измерений спектральных линий и их сложных профилей. Более предпочтительным выглядит метод регрессии, но даже он в случаях сильного поля сложной структуры, например, как у звезды HD 37776, может занижать получаемую величину поля. Такие случаи требуют особого внимания, поэтому мы отдельно сравним измерения, выполненные методом регрессии.

Сравнив результат наших измерений магнитных CP-звезд в подгруппах (a) и (b) ассоциации Ог10п ОВ1, мы приходим к выводу, что в среднем величина поля в группировке из семи звезд возрастом около 2 млн. лет оказалась в 2.3 раза больше, чем в более старой группировке из одиннадцати звезд возрастом 10 млн. лет. Мы также видим, что величина χ^2/n , характеризующая степень надежности детектирования магнитного поля, для звезд подгруппы (b) на порядок выше, что тоже косвенно указывает на то, что магнитное поле звезд подгруппы (b) определяется намного лучше, чем в подгруппе (a). Не исключено, что некоторые звезды из наших списков в подгруппах (a) и (b) имеют слабые поля и мы их не зарегистрировали, но это ни коим образом не влияет на выводы, полученные нами в этой работе. Еще Бэбкок отмечал, что на уровне точности порядка 200 Гс магнитным полем обладает только каждая четвертая пекулярная звезда. С повышением точности измерений эта цифра увеличилась, но в любом случае не превышает и половины от всех измеренных CP-звезд. В ассоциации молодых звезд Ог10п ОВ1 во всех подгруппах доля CP-звезд с обнаруженным магнитным полем выше оценки Бэбкока, что также совпадает с нашими выводами о большей встречаемости магнитных звезд среди молодого населения.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предварительный анализ изменений магнитных полей звезд в подгруппах (а) и (b) ассоциации Орион ОВ I свидетельствует о том, что с возрастом падает не только доля пекулярных звезд относительно нормальных, что было показано нами ранее в работе Romanyuk et al. (2013), но и существенно снижается доля магнитных звезд относительно всех пекулярных звезд подгруппы, а также величина магнитного поля. Скорость ослабления поля на промежутке времени от 2 до 10 млн. лет оказалась неожиданно большой.

В среднем температура звезд в подгруппе (а) оказывается несколько меньшей, чем в подгруппе (b) (Moiseeva et al. 2019, Romanyuk et al. 2013). Однако найденные нами зависимости не могут быть объяснены температурными эффектами. Ранее неоднократно проводились поиски зависимости величины поля от температуры, и в лучшем случае был виден слабый тренд к уменьшению поля с температурой (см., например, работу Landstreet et al. (2007)). Исходя из вышесказанного, мы считаем, что найденные нами закономерности имеют эволюционный смысл.

Не исключено, что у более молодых звезд имеется развитая мелкомасштабная структура поля, которая быстро распадается с возрастом, и ее вклад существенно уменьшается в результирующем поле. В наблюдательном плане это может проявиться в значительных различиях в величине поля, получаемого по линиям, образующимся на разной высоте в атмосфере. Это задача для будущих исследований. В целом наш результат говорит в пользу идеи о реликтовом происхождении магнитного поля СР-звезд. Также очевидно, что теория формирования магнитных полей горячих звезд нуждается в дальнейшем развитии. На данном этапе исследования мы получили данные, которые могут стать важным количественным наблюдательным тестом для калибровки различных механизмов образования и эволюции крупномасштабных звездных магнитных полей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Наблюдения на телескопе БТА выполнены при поддержке Министерства образования и науки России. Авторы благодарят Национальный комитет по тематике российских телескопов за предоставление наблюдательного времени. Поляризационная аппаратура для наблюдений была изготовлена Г. А. Чунтоновым. В работе были использованы данные из астрономических баз SIMBAD, VIZIER и NASA/ADS.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Авторы благодарят Российский фонд фундаментальных исследований за частичную финансовую поддержку работы (грант РФФИ 20-02-00233). АВМ и ИАЯ благодарят Российский фонд фундаментальных исследований за частичную финансовую поддержку работы (гранты РФФИ 18-29-21030, 19-32-60007).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S. Bagnulo, L. Fossati, J. D. Landstreet, and C. Izzo, *Astron. and Astrophys.* **583**, A115 (2015).
2. S. Bagnulo, J. D. Landstreet, E. Mason, et al., *Astron. and Astrophys.* **450** (2), 777 (2006).
3. Y. Y. Balega, V. V. Dyachenko, A. F. Maksimov, et al., *Astrophysical Bulletin* **67** (1), 44 (2012).
4. A. Blaauw, *Annual Rev. Astron. Astrophys.* **2**, 213 (1964).
5. D. A. Bohlender, *Astrophys. J.* **346**, 459 (1989).
6. D. A. Bohlender, D. N. Brown, J. D. Landstreet, and I. B. Thompson, *Astrophys. J.* **323**, 325 (1987).
7. E. F. Borra, *Astrophys. J.* **249**, L39 (1981).
8. L. G. Bouma, J. D. Hartman, W. Bhatti, et al., *Astrophys. J. Suppl.*, **245** 13 (2019).
9. H. Bouy and J. Alves, *Astron. and Astrophys.* **584**, A26 (2015).
10. A. G. A. Brown, E. J. de Geus, and P. T. de Zeeuw, *Astron. and Astrophys.* **289**, 101 (1994).
11. F. A. Catalano and P. Renson, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **127**, 421 (1998).
12. G. A. Chountonov, in *Proc. Int. Conf. on Magnetic Stars, Nizhnij Arkhyz, Russia, 2003*, Ed. by Yu. Glagolevskij, D. Kudryavtsev, and I. Romanyuk (Nizhnij Arkhyz, 2004), pp. 286–291.
13. A. N. Heinze, J. L. Tonry, L. Denneau, et al., *Astron. J.* **156** (5), 241 (2018).
14. J. Hernández, N. Calvet, L. Hartmann, et al., *Astron. J.* **129** (2), 856 (2005).
15. O. Kochukhov, A. Lundin, I. Romanyuk, and D. Kudryavtsev, *Astrophys. J.* **726** (1), 24 (2011).
16. D. O. Kudryavtsev, I. I. Romanyuk, V. G. Elkin, and E. Pautzen, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **372** (4), 1804 (2006).
17. J. D. Landstreet, S. Bagnulo, V. Andretta, et al., *Astron. and Astrophys.* **470** (2), 685 (2007).
18. G. Mathys and S. Hubrig, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **124**, 475 (1997).
19. A. V. Moiseeva, I. I. Romanyuk, and E. A. Semenko, *ASP Conf. Ser.* **518**, 52 (2019).
20. C. Neiner and A.-M. Hubert, *Commun. Asteroseismology* **158**, 194 (2009).

21. P. North, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **55**, 259 (1984).
22. R. J. Oelkers, J. E. Rodriguez, K. G. Stassun, et al., *Astron. J.* **155** (1), 39 (2018).
23. V. E. Panchuk, G. A. Chuntunov, and I. D. Naidenov, *Astrophysical Bulletin* **69** (3), 339 (2014).
24. D. A. Rastegaev, Y. Y. Balega, V. V. Dyachenko, et al., *Astrophysical Bulletin* **69** (3), 296 (2014).
25. P. Renson and J. Manfroid, *Astron. and Astrophys.* **498** (3), 961 (2009).
26. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **69** (4), 427 (2014).
27. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **70** (4), 444 (2015).
28. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, A. V. Moiseeva, et al., *Astrophysical Bulletin* **74** (1), 55 (2019).
29. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, I. A. Yakunin, and D. O. Kudryavtsev, *Astrophysical Bulletin* **68** (3), 300 (2013).
30. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, I. A. Yakunin, et al., *Astrophysical Bulletin* **71** (4), 436 (2016).
31. I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, I. A. Yakunin, et al., *Astrophysical Bulletin* **72**, 165 (2017).
32. I. B. Thompson, D. N. Brown, and J. D. Landstreet, *Astrophys. J. Suppl.* **64**, 219 (1987).
33. A. Tokovinin, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **389** (2), 925 (2008).

Magnetic Fields of CP Stars in the Orion OB1 Association.

IV. Stars of Subgroup 1b

I. I. Romanyuk¹, E. A. Semenko¹, A. V. Moiseeva¹, I. Ya. Yakunin^{1,2}, and D. O. Kudryavtsev¹

¹Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhnii Arkhyz, 369167 Russia

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, 199034 Russia

The paper presents magnetic field measurements for 15 chemically peculiar (CP) stars of subgroup 1b in the Orion OB1 association. We have found that the proportion of stars with strong magnetic fields among these 15 CP stars is almost twice as large as in subgroup 1a. Along with this, the age of subgroup 1b is estimated as 2 Myr, and the age of subgroup 1a is in the order of 10 Myr. The average root-mean-square magnetic field $\langle B_e \rangle$ (all) for stars in subgroup 1b is 2.3 times higher than that for stars in subgroup 1a. The conclusions obtained fall within the concept of the fossil origin of large-scale magnetic fields in B and A stars, but the rate of field weakening with age appears anomalously high. We present our results as an important observational test for calibrating the theory of stellar magnetic field formation and evolution.

Keywords: stars: magnetic field—stars: chemically peculiar

УДК 524.3–337; 524.35

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

© 2021 И. И. Романюк^{1*}, Е. А. Семенко^{1,2},
А. В. Моисеева¹, И. А. Якунин^{1,3}, Д. О. Кудрявцев¹

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

²National Astronomical Research Institute of Thailand, Chiangmai, 50180 Thailand

³Санкт-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 Romanuk 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 Romanuk 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 Romanuk et al. (2013).

В предыдущих работах серии Romanuk 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)¹ 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_β , а также среднеквадратические ошибки измерений σ . Принципиальные различия между разными методами измерения поля описаны в предыдущих работах (Romanuk et al. 2019; 2021). Среднеквадратическая ошибка измерений продольного поля по линии H_β оценивается

¹Web-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°, b°	π, 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 ± 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 зеемановских 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 ± 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 ± 80	-520 ± 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 ± 150	-200 ± 70	0
	8805.342	190	-930 ± 90	-720 ± 50	-900
HD 35901	6640.452	100	$+540 \pm 220$	$+80 \pm 70$	–
	7764.271	150	-470 ± 200	-105 ± 50	0
	8061.393	170	-140 ± 180	-40 ± 70	$+800$
	8126.324	300	$+160 \pm 150$	$+140 \pm 50$	-900
	8151.300	250	-130 ± 140	-95 ± 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 ± 600	-180 ± 135	-100
	5962.404	150	-180 ± 400	$+40 \pm 90$	–
	5963.415	200	-180 ± 630	$+225 \pm 110$	–
HD 36559	7764.422	130	-4600 ± 1500	-10 ± 230	-5200
	8448.507	160	-2600 ± 2300	-60 ± 130	-100
	8514.266	150	-1500 ± 1600	-300 ± 230	$+700$
HD 36629	5553.385	330	$+90 \pm 60$	$+70 \pm 100$	-100
	7825.235	160	0 ± 60	-90 ± 40	0
	8551.290	210	-100 ± 60	-70 ± 60	-100
	8758.431	150	-210 ± 90	-180 ± 70	-300
	8759.472	190	-110 ± 70	-50 ± 60	$+200$
	8799.462	210	$+20 \pm 90$	$+40 \pm 70$	0
HD 36697	7764.234	150	-1 ± 53	13 ± 27	0
	7825.269	130	-56 ± 42	-83 ± 39	0
	8006.567	110	-15 ± 46	-58 ± 34	-100
	8151.277	160	-42 ± 34	-57 ± 33	90
	8153.271	180	-72 ± 43	-58 ± 24	-100
	8178.297	180	-41 ± 84	13 ± 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 ± 33	0 ± 51	0
	8512.365	160	126 ± 30	95 ± 36	200
	8801.437	180	15 ± 55	37 ± 15	-100
	8802.392	180	50 ± 60	5 ± 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 ± 1350	-190 ± 120	-4000
	8777.482	160	-6000 ± 2800	-300 ± 230	-10 000
HD 36916	5554.348	330	-950 ± 150	-660 ± 220	-1100
	5842.549	330	-570 ± 220	-350 ± 150	-500
	5963.377	320	$+70 \pm 310$	-170 ± 60	-
	6590.506	350	-1040 ± 280	-610 ± 180	-1200
	7289.604	240	$+190 \pm 460$	-450 ± 270	+600
	7290.545	400	$+640 \pm 640$	-380 ± 140	-1300
HD 36918	6643.456	200	$+1170 \pm 1090$	$+380 \pm 170$	-
	7762.243	300	$+260 \pm 1200$	-330 ± 210	-
	8009.518	130	$+2500 \pm 550$	-270 ± 180	+1600
	8009.540	180	-210 ± 890	$+40 \pm 200$	-1100
	8777.527	220	-110 ± 1020	-40 ± 140	+400
	8805.399	220	$+1030 \pm 1170$	$+90 \pm 160$	+1900
HD 36958	6645.435	330	-20 ± 60	-30 ± 30	-
	7764.331	280	-40 ± 150	-80 ± 170	-
	8552.235	100	$+430 \pm 610$	-140 ± 110	-600
	8579.188	230	$+150 \pm 160$	-50 ± 150	-100
	8776.603	250	$+110 \pm 90$	-80 ± 130	0
	8777.606	220	-60 ± 150	-110 ± 110	-200
	8802.447	180	90 ± 175	55 ± 30	0
HD 36960	6639.513	300	$+40 \pm 50$	-20 ± 60	-100
	6645.449	300	-120 ± 80	-10 ± 20	-
	7762.495	180	-100 ± 180	-170 ± 70	+300
	8448.487	600	-110 ± 170	-70 ± 80	+100
HD 36997	6643.350	200	-405 ± 80	-220 ± 40	-200
	7764.427	140	-1560 ± 90	-1285 ± 35	-1600
	8448.542	210	-1060 ± 90	-745 ± 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 ± 140	-260 ± 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 ± 100	-255 ± 35	-100
HD 37017	9096.576	—	-148 ± 1051	-686 ± 102	—
	9097.565	—	-3344 ± 1154	-1396 ± 110	—
HD 37058	5582.301	230	-1250 ± 70	-1100 ± 70	-1000
	5583.384	270	-1140 ± 50	-1130 ± 60	-900
	5842.619	200	-120 ± 40	-110 ± 50	-600
	5843.494	420	-440 ± 40	-320 ± 90	-2000
	5873.587	230	-950 ± 80	-800 ± 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 ± 130	-400
	7823.164	250	-370 ± 370	-50 ± 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 ± 560	$+110 \pm 120$	-300
HD 37151	5555.497	190	$+70 \pm 80$	$+30 \pm 120$	0
	7762.381	260	$+340 \pm 1580$	-500 ± 190	+2000
	8151.300	350	-90 ± 210	0 ± 60	+100
	8448.471	290	-250 ± 90	-100 ± 60	-100
	8552.252	100	-1720 ± 800	$+90 \pm 100$	+100
HD 37210	7764.305	200	$+350 \pm 60$	$+270 \pm 50$	+200
	7825.297	280	-80 ± 90	-80 ± 70	—
	8153.300	150	-270 ± 70	-150 ± 90	-100
	8448.459	200	$+370 \pm 80$	$+340 \pm 100$	+500
HD 37470	7740.547	200	$+360 \pm 200$	-40 ± 220	+500
	8126.395	250	$+320 \pm 220$	-70 ± 140	—
	8471.453	200	$+170 \pm 120$	$+60 \pm 90$	+500
	8504.327	210	-390 ± 190	-110 ± 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 ± 1160	-1680 ± 190	—
	8580.194	250	-900 ± 1200	-50 ± 140	-5000
	8581.188	160	-490 ± 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 ± 20	—
	7823.218	200	-400 ± 200	-220 ± 60	-400
	7829.207	160	$+60 \pm 230$	$+40 \pm 80$	$+400$
	8116.473	110	-480 ± 250	-170 ± 70	-100
	8471.425	150	$+30 \pm 110$	-50 ± 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 ± 80	-460 ± 60	-400
	8802.565	150	-650 ± 120	-380 ± 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 Romanuk 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 Romanuk 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 χ^2/n (3) — в качестве критерия достоверности. Подробное объяснение этих характеристик дано в работе Romanuk et al. (2021). Как и в работе Romanuk 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 зеемановских 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 ± 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

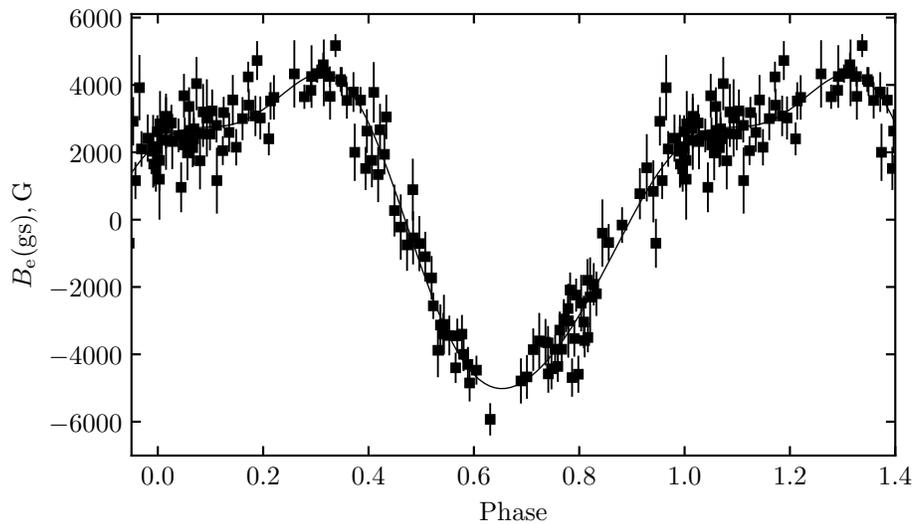


Рис. 1. Кривая переменности продольного магнитного поля HD 34736 по наблюдениям на БТА.

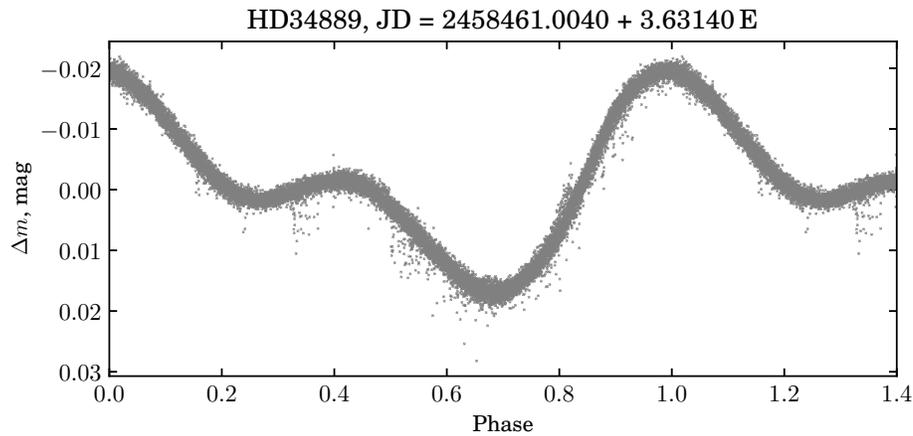


Рис. 2. Кривая блеска звезды HD 34889 по наблюдениям TESS, свернутый с периодом $P = 3.6314$ сут.

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 χ^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

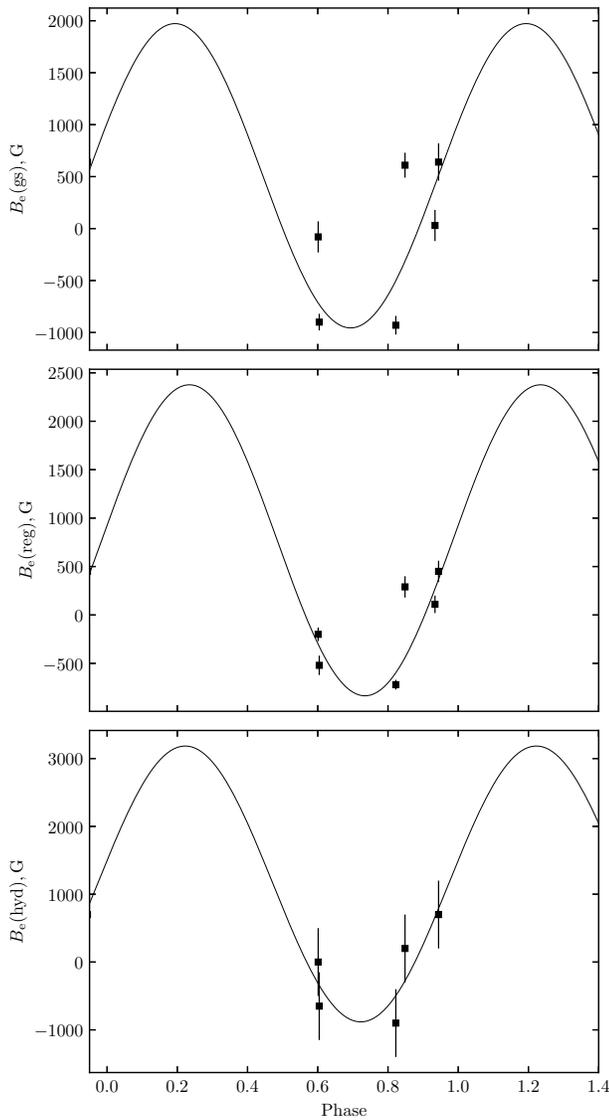


Рис. 3. Кривые продольного магнитного поля звезды HD 34889, измеренного тремя методами.

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 \AA и 4924 \AA и несколько слабых широких линий, включая линии гелия 4471 \AA и 4713 \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:

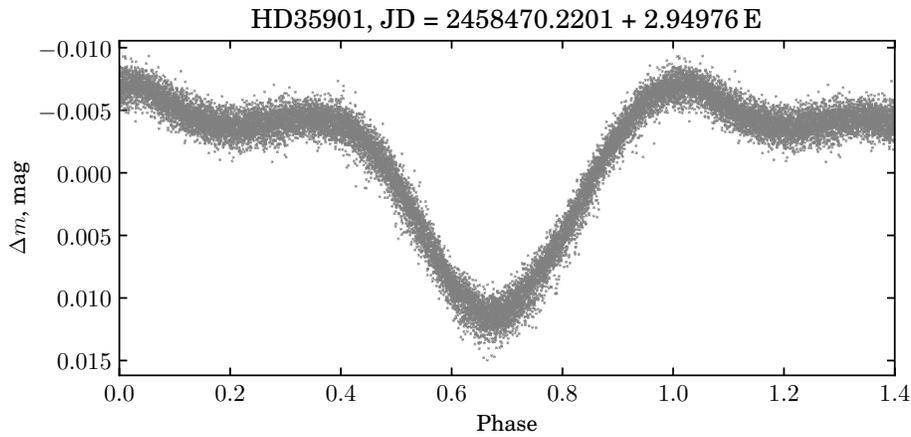


Рис. 4. Кривая блеска звезды HD 35901 по наблюдениям TESS, свернутый с периодом $P = 2.949$ сут.

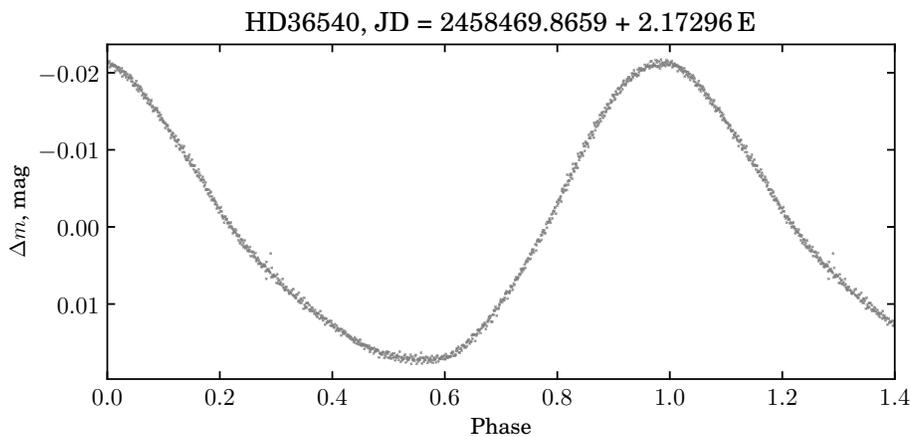


Рис. 5. Кривая блеска звезды HD 36540 по наблюдениям TESS, свернутый с периодом $P = 2.17296$ сут.

- $\langle B_e(z) \rangle = 110 \pm 72$ 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⁻¹, измеренная по нашим спектрам, примерно совпадает с приведенным в базе SIMBAD значением $V_R = +37.9$ км с⁻¹. В спектре линии очень узкие — их уширение соответствует $v_e \sin i = 5$ км с⁻¹ (Głębosiński 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_α (Wiramihardja et al. 1989). Нельзя исключить, что HD 36899 — это звезда Ae/Be Хербига.

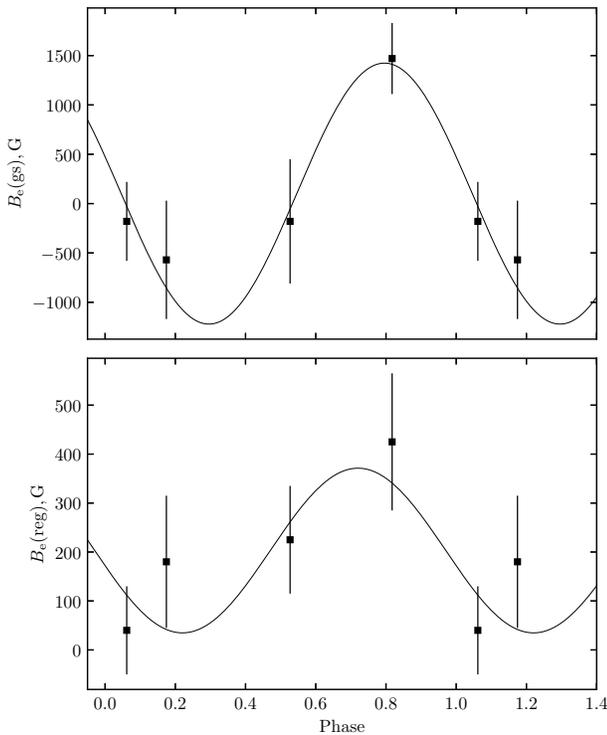


Рис. 6. Кривые продольного магнитного поля звезды HD 36540, измеренного по методу Бэбкока и регрессии.

В линии H_{β} 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⁻¹.

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⁻¹. В качестве оценок фундаментальных параметров мы нашли $T_{\text{eff}} = 10\,400$ К и $\log g = 4.0$.

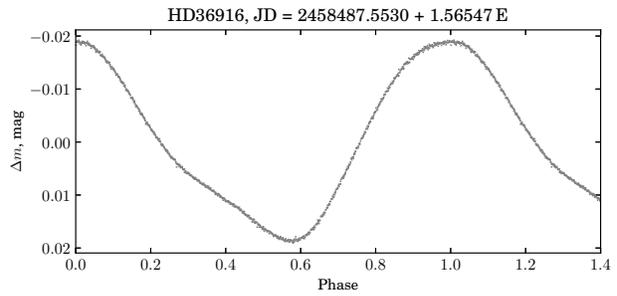


Рис. 7. Кривая блеска звезды HD 36916, полученная TESS.

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 α^2 CVn. Химически пекулярная звезда характеризуется ослабленными линиями гелия и усиленными линиями кремния. Период, найденный нами по фотометрии TESS P_{TESS} , равен 1^d5655 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⁻¹. Лучевая скорость переменная: V_R меняется от +12 до +25 км с⁻¹.

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⁻¹. В наших наблюдениях лучевая скорость звезды была слабо переменной со средним значением +25 км с⁻¹. Мы нашли следующие фундаментальные параметры HD 36918: $v_e \sin i = 75$ км с⁻¹, $T_{\text{eff}} = 14\,500$ 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⁻¹ до $V_R = +46$ км с⁻¹) и существенно отличается от данных, представленных в базе SIMBAD: $V_R = +23$ км с⁻¹, 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_α 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⁻¹, что совпадает с приведенной в базе SIMBAD. Анализ спектров дает следующие физические параметры: $v_e \sin i = 45$ км с⁻¹, $T_{\text{eff}} = 21\,000$ 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:

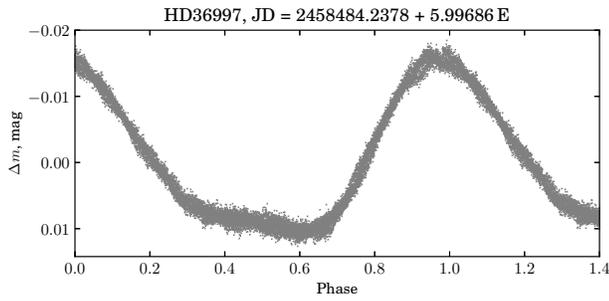


Рис. 8. Кривая блеска главного компонента системы HD 36997 по данным TESS.

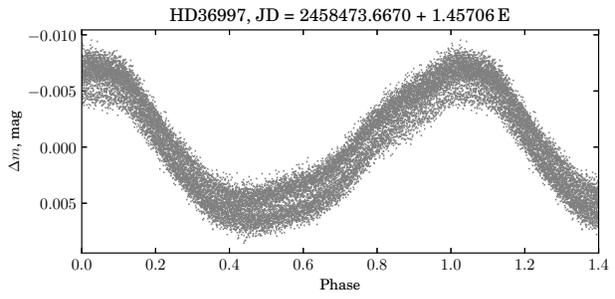


Рис. 9. Кривая блеска вторичного компонента системы HD 36997 по данным TESS.

- $\langle B_e(z) \rangle = 624 \pm 732$ 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⁻¹, лучевая скорость постоянна в пределах ошибок $V_R = +27$ км с⁻¹.

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, $\chi^2/n = 112.7$;

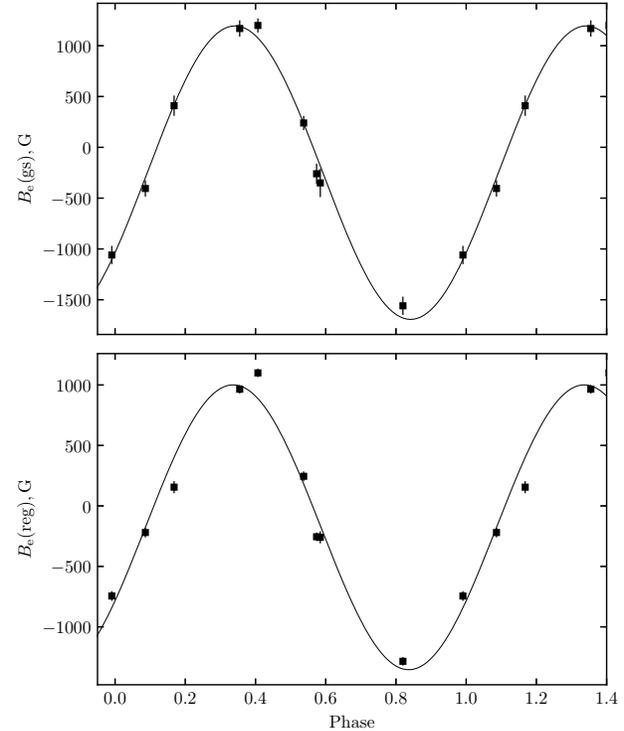


Рис. 10. Кривые продольного магнитного поля звезды HD 36997, измеренного по методу Бэбкока и регрессии, фазированные с периодом 5.94 сут.

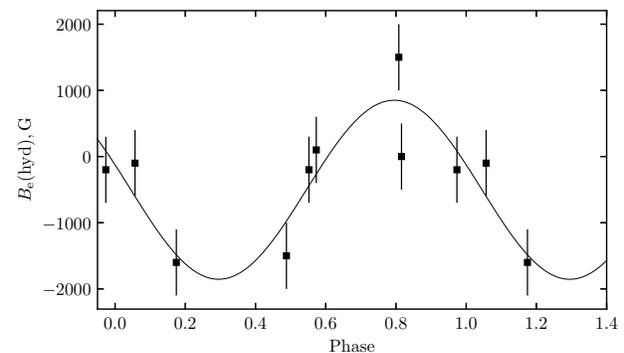


Рис. 11. Кривая продольного магнитного поля звезды HD 36997, измеренного по крыльям линии водорода, фазированная с периодом 6.0072 сут.

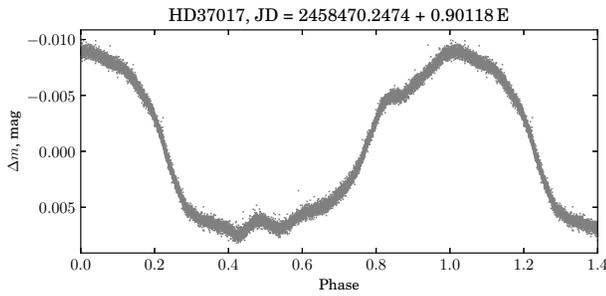


Рис. 12. Кривая блеска звезды HD 37017 по наблюдениям TESS.

- $\langle B_e(r) \rangle = 716 \pm 40$ 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_β 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_α (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 Vogt and Landstreet (1979). Наблюдения были продолжены Bohlender et al. (1987) с водородным магнитометром как в линии H_β , так и в линии гелия 5876 \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_β .

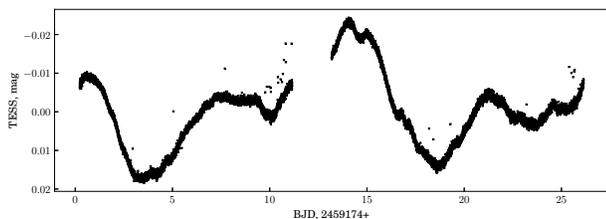


Рис. 13. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37058 по наблюдениям TESS.

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 \AA (Kudryavtsev et al. 2006). Наличие депрессии сподвигло нас включить этот объект для наблюдений в программу поиска новых магнитных звезд. В линии H_β также наблюдается либо эмиссия, либо это признаки

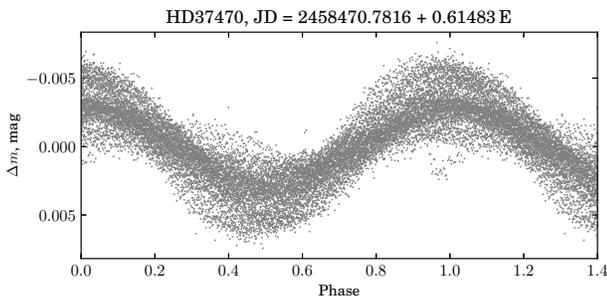


Рис. 14. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37470 по наблюдениям TESS.

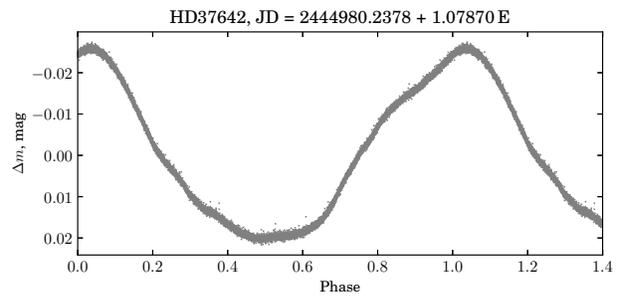


Рис. 15. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37642 по наблюдениям TESS.

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⁻¹. Лучевая скорость переменна от 5–39 км с⁻¹. 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⁻¹, $V_R(B) = 24$ км с⁻¹; $v_e \sin i(A) = 130$ км с⁻¹, $v_e \sin i(B) = 20$ км с⁻¹.

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⁻¹. Лучевая скорость слабопеременна: от $+20$ до $+30$ км с⁻¹, ΔV_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, $\chi^2/n = 280.5$;

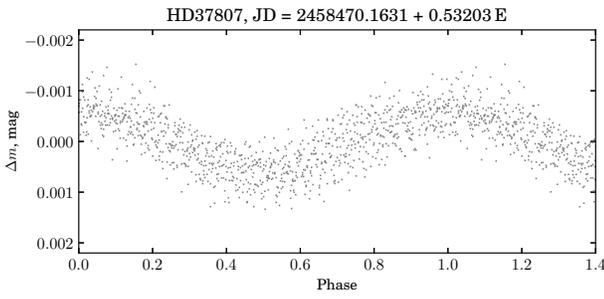


Рис. 16. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37807 по наблюдениям TESS.

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

Поле звезды имеет постоянный положительный знак.

Лучевая скорость по полученным спектрам слабопеременна: от $+18$ до 29 км с $^{-1}$, проекция скорости вращения на пределе разрешения спектрографа — 20 км 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 \AA и 4713 \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 с $^{-1}$, лучевая скорость $V_R = 31$ км с $^{-1}$.

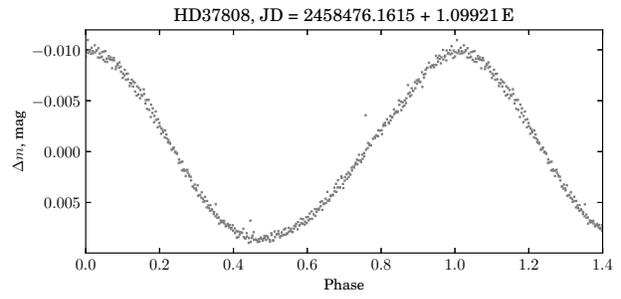


Рис. 17. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 37808 по наблюдениям TESS.

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 \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 с $^{-1}$, лучевая скорость звезды в пределах $+22$ км 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,

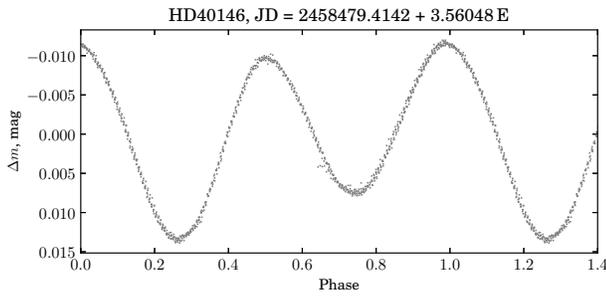


Рис. 18. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 40146 по наблюдениям TESS.

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⁻¹. Лучевая скорость V_R в наших наблюдениях была равна 37 км с⁻¹.

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⁻¹, лучевая скорость переменна: от +34 до +46 км с⁻¹. Профили спектральных линий переменны, определение физических параметров затруднено, поэтому полученные значения несут лишь предварительный характер. Детальному изучению звезды будет посвящена отдельная статья.

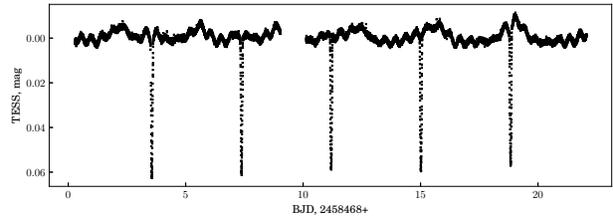


Рис. 19. Фотометрическая кривая блеска звезды HD 40759 по наблюдениям TESS.

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 А- и В-звезд, $\phi_2 = N_3/N_1$ — доля магнитных относительно всех А- и В-звезд.

Таким образом, мы видим: что в ассоциации Orion OB1 доля химически пекулярных звезд относительно всех А- и В-звезд и доля магнитных звезд относительно всех А- и В-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_α от горячей В-звезды просто находящейся в туманности и эмиссия в H_α не является признаком звезды, в ее спектре светится туманность. Ярким примером такой ситуации является звезда HD 37776 с явной эмиссией в H_α , 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	$\log t$	$\langle B_e \rangle, \text{Гс}$	$\sigma, \text{Гс}$	χ^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	<i>Pol</i> , %	<i>A_V</i> , mag	$\langle B_e(z) \rangle \pm \sigma$, Гс	χ^2/n
HD 36540	867	418	1.64	0.59	390 ± 185	3.3
HD 36559	908	330	0.28	0.05	179 ± 201	0.7
HD 36629	1044	480	1.84	0.69	94 ± 69	2.4
HD 36899	1562	400	0.89	0.03	267 ± 164	3.0
HD 36916	1628	258*	0.27	0.01	461 ± 181	7.2
HD 36918	1634	405	–	0.09	235 ± 167	1.7
HD 36958	1708	411	0.93	0.28	86 ± 115	1.1
HD 36960	1728	495	0.11	0.07	93 ± 63	1.7
HD 37017	1933	380	0.25	0.49	1460 ± 279	33.6
HD 37058	2083	460	0.54	0.15	775 ± 57	186.5
HD 37129	2314	435	0.32	0.12	128 ± 130	1.0
HD 37210	2410	540	0.11	0.05	232 ± 81	10.1
HD 37470	2699	425	1.51	0.48	71 ± 160	0.3
HD 36982	1772	410	1.01	0.94	91 ± 116	1.0
HD 37041	1993	450	0.79	0.62	88 ± 168	1.2
HD 37114	2284	317	0.39	0.04	341 ± 125	7.2

Таблица 6. Звезды, не входящие в Туманность Ориона

Звезда	Расстояние, пк	<i>Pol</i> , %	<i>A_V</i> , mag	$\langle B_e(z) \rangle \pm \sigma$, Гс	χ^2/n
HD 34736	365	0.18	–	4700 ± 350	–
HD 34889	366	0.28	0.01	433 ± 92	50.5
HD 35901	340	0.62	0.16	174 ± 93	2.8
HD 36997	476	–	0.26	614 ± 68	62.0
HD 37151	247	0.13	0.04	232 ± 118	2.1
HD 37642	405	–	0.14	1414 ± 242	32.0
HD 37687	452	–	0.51	525 ± 31	752.0
HD 37807	392	0.30	0.15	144 ± 73	5.3
HD 37808	188	–	0.03	615 ± 102	39.6
HD 40146	500	–	0.48	374 ± 56	48.0
HD 40759	431	–	0.14	1119 ± 65	418.4
HD 36916	258	0.27	0.01	461 ± 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 No05.619.21.0016, 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. Chountonov, 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. Chuntunov, 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: ζ Ori A**I. I. Romanyuk¹, E. A. Semenko^{1,2}, A. V. Moiseeva¹, I. A. Yakunin^{1,3}, and D. O. Kudryavtsev¹**¹Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhnii Arkhyz, 369167 Russia²National Astronomical Research Institute of Thailand, Chiangmai, 50180 Thailand³St. 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*