

СТРУКТУРЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ХИМИЧЕСКИ ПЕКУЛЯРНЫХ ЗВЕЗД. II. HD98088, HD182180, HD221218, HD318107

Ю.В.ГЛАГОЛЕВСКИЙ

Поступила 16 ноября 2023

Принята к печати 7 марта 2024

На основе литературных данных о величинах магнитного поля построены модели магнитного поля нескольких магнитных звезд разных типов пекулярности и получены параметры магнитного поля. Среди горячих объектов обнаружены различия физических условий в области магнитных экваторов и в области близмагнитных полюсов, которые пока не поддаются интерпретации.

Ключевые слова: *магнитное поле; пекулярные звезды*

1. *Введение.* Данная статья является продолжением предыдущей работы [1]. Мы осуществляем большую программу исследования структур магнитного поля химически пекулярных звезд во всем диапазоне температур, т.е. SrCrEu, Si+, Si, He-w, He-r, O-объектов. Среди них пока плохо изучены магнитные O-звезды и в процессе их исследования часто возникают вопросы из-за недостаточного количества и точности наблюдательных данных.

2. *HD98088 (SrCrEu).* Измерения продольной компоненты магнитного поля звезды HD98088 в разных фазах периода вращения $Be(\Phi)$ взяты из работ [2,3]. Часть измерений Be получены классическим способом [2] по фотографическим спектрам (средняя $\sigma = \pm 88$ Гс), часть по спектрополяриметрическим измерениям высокого разрешения ($R=68000$) мультилинейчатый способом (LSD) [3] (средняя $\sigma = \pm 25$ Гс). Таким образом, в обоих случаях поле измерялось по многим линиям металлов, в результате чего возможно определить влияние неравномерного распределения химических элементов по поверхности на амплитуду фазовой зависимости $Be(\Phi)$.

Периоды вращения звезды HD98088 $P=5.9$ сут, $v \sin i = 100$ км/с, $R = 3.15 R_{\odot}$ взяты из [3,4]. По формуле $v = 50.6 R/P$ получаем $v = 27$ км/с. При таких условиях оказывается, что $\sin i > 1$. Очевидно, что либо радиус, либо величина $v \sin i$ неверные. В этом состоит некоторая неуверенность полученной модели. В работе [3] принято наиболее вероятное значение угла $i = 68^{\circ}$, которое мы

Таблица 1

ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

HD	B_s , Гс	B_p , Гс	ΔA , R_*	α , градус	i , градус
98088	1100	± 1657	0.0	10	68
182180	2439	± 1657	0.0	9	52
221218	2769	+5818, -3161	+0.1	18	68
318107	14600	+32348 -17595	+0.1	20	13:

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛЕЙ HD98088, ПОСТРОЕННЫХ ПО
ДАНЫМ РАЗНЫХ АВТОРОВ

	B_s , Гс	B_p , Гс	B_d , Гс	α , градус
Наша модель по [2]	1110	± 1657	-	18
Наша модель по [3]	1100	± 1697	-	10
Модель из [3]	-	-	3580	15

также используем. Параметры полученной нами модели приведены в табл.1, где даны: среднее поверхностное магнитное поле B_s , величина магнитного поля на магнитных полюсах B_p , смещение диполя из центра звезды ΔA , если оно наблюдается, угол наклона оси диполя к плоскости экватора вращения α и угол наклона оси вращения звезды к лучу зрения наблюдателя i . На рис.1 точками показана наблюдаемая фазовая зависимость $B_e(\Phi)$, сплошной линией - модельная. Различия между измеренными данными и

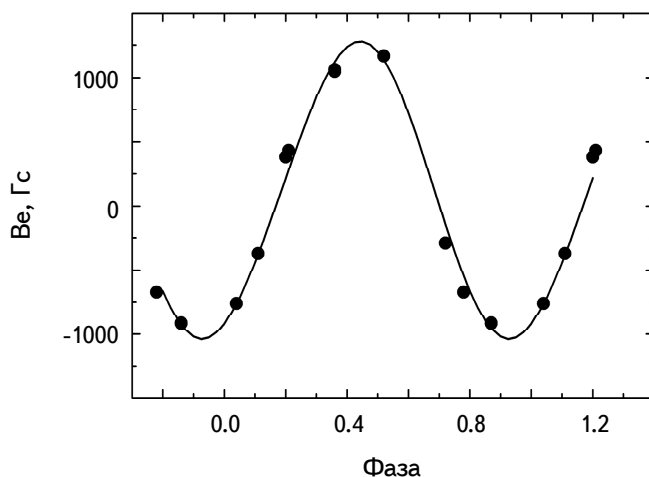


Рис.1. Изменение магнитного поля HD98088. Точки - измеренные данные, сплошная кривая - модельная.

модельной зависимостью не превышает 3σ . В табл.2 приведены параметры моделей, полученных нами отдельно по измерениям Бэбкока [2] и Фольсома [3], а также параметры модели, полученные в работе [3]. Наши два результата достаточно близкие, что вызывает уверенность в полученных данных. Наши модели, построенные по данным Бэбкока и Фольсома, соответствуют центральному диполю с $\Delta A = 0.0$. Структура центрального диполя в магнитных звездах является типичной, таких звезд около 60%. В работе [3] тоже предполагается структура магнитного поля центрального диполя, но при этом некая величина $B_d = 3580$ Гс сильно отличается от наших B_s и B_p вследствие использования другой, а именно (D+Q+Oct) модели. Параметр B_d не сравним с нашими данными потому, что он в (D+Q+Oct)-модели практически не имеет физического смысла [5]. Такой величины ни внутри звезды, ни на ее поверхности нет. Параметр B_d является коэффициентом в формуле, описывающей форму фазовой зависимости. В течение некоторого времени разные авторы пытались описать фазовые зависимости $B_e(\Phi)$ с помощью сферических гармоник - диполя, квадруполя, октуполя и т.д. Опыт ряда исследователей, в том числе и наш, показывает, что магнитное поле внутри звезды и на поверхности достаточно хорошо описывается формулой магнитного диполя, который может находиться в любом месте внутри звезды и может быть наклонен к плоскости экватора вращения на любой угол α . Угол наклона оси диполя к плоскости экватора вращения в нашей модели HD98088 оказался $\alpha = 10^\circ$, у Фольсома $\alpha = 15^\circ$. На рис.2 представлена схема модели HD98088, из которой видно, что полярные области при вращении звезды проходят почти через центр видимого диска. Такая благоприятная ориентация звезды и магнитного диполя в ней являются одной из причин слабого

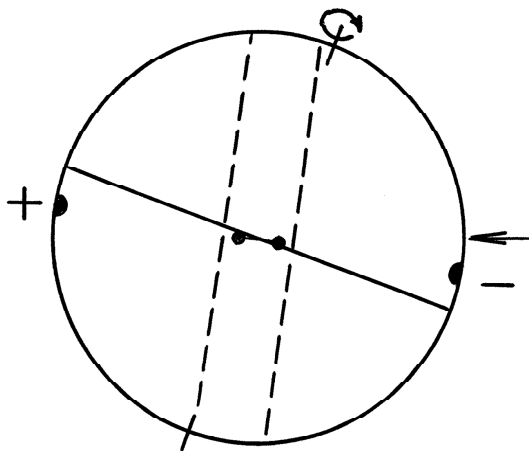


Рис.2. Ориентация дипольного магнитного поля в звезде HD98088.

рассеяния точек на фазовой зависимости рис.1. Штриховой линией обозначена область магнитного экватора. Как видно из рис.3 в работе [1], звезда попадает в диапазон углов $\alpha = 0 - 20^\circ$, который является типичным для магнитных звезд. Возраст звезды $\log t = 8.87$ в табл.1 оценивался по зависимости $\log t(R/R_z)$, приведенной в [6], где $R/R_z = 1.81$ - радиус звезды относительно ее радиуса на ZAMS [4]. Таким образом, звезда провела на Главной последовательности уже большую часть своей жизни.

Магнитная звезда HD98088 является членом спектроскопически двойной системы, в которой вторичный компонент является Am-звездой. Известен ряд случаев спектрально двойных типа Ar+Am. В работе [7] анализируются такие системы. Среди металлических Am-звезд почти 100% являются спектрально-двойными, хотя среди Ar-звезд таких объектов меньше 20%. Ясности

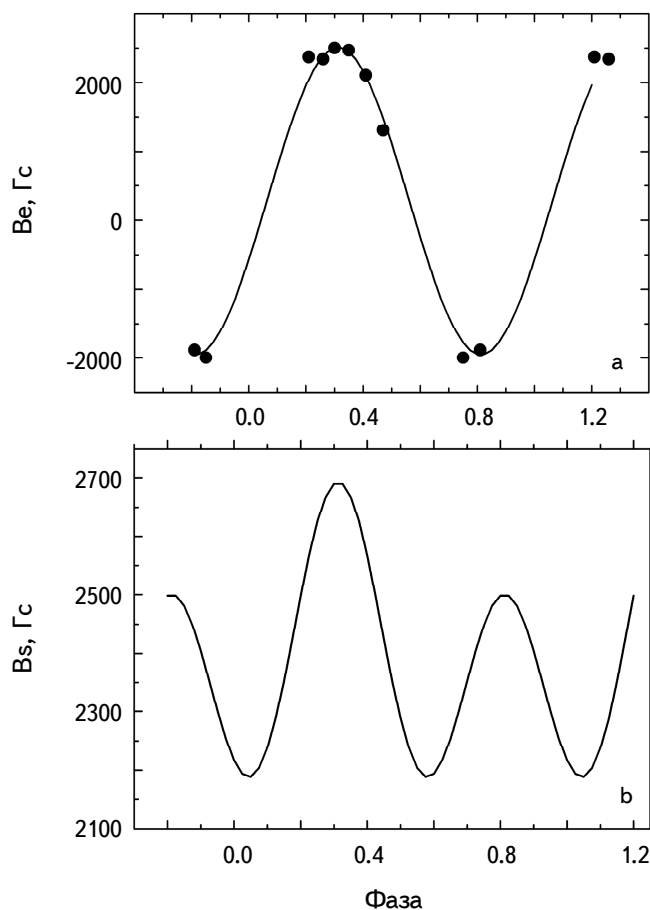


Рис.3. Изменение магнитного поля HD182180. а) зависимость продольного поля B_e ; точки - измеренные данные, сплошная кривая - модельная. б) модельная зависимость среднего поверхностного поля B_s .

в отношении происхождения системы Ar+Am пока нет. Не исключено, что вследствие крайней неоднородности протозвездных облаков один компонент сформировался из намагниченной части облака, а другой из той, в которой полный вектор $\mathbf{B} \approx 0$ Гс. Возможен вариант, когда Am-протозвезда имела слишком высокую начальную угловую скорость и не смогла преодолеть критическую скорость V_c , при которой возникает внутренняя неустойчивость, разрушающая поле. Пока нет данных о возможном влиянии тесных двойных на эволюцию магнитного поля.

3. *Звезда HD182180 (He-r)*. Звезды типа He-r и O составляют подгруппу среди магнитных звезд, имеющую некоторые общие свойства. Магнитное поле B_e получено в [8] посредством многолинейчатого анализа LSD [9], поэтому приходится учесть, что фазовая зависимость $B_e(\Phi)$ может быть заметно подвержена влиянию эффекта неравномерного распределения химических элементов, прежде всего на амплитуду. Звезда HD182180 интересна тем, что она относится к наиболее быстрым ротаторам среди магнитных звезд и находится на границе возникновения внутренних неустойчивостей, которая возникает при $P < 1$ сут, разрушающих полоидальное магнитное поле. По этому свойству она относится к интересным объектам. Период вращения $P = 0.52$ сут, $R = 3.9 R_\odot$, $v \sin i = 300$ км/с [8], откуда по формуле $v = 50.6 R/P$ получаем $v = 379$ км/с и угол $i = 52^\circ$. Авторы работы [9] дают $38^\circ < i < 86^\circ$, поэтому мы использовали нашу оценку $i = 52^\circ$, которая является средним значением из этих оценок. Количество измерений B_e мало (рис.3а), поэтому мы использовали модель центрального диполя $\Delta A = 0.0$. Методом последовательных приближений достигается структура, при которой вычисленная и наблюдаемая фазовые зависимости различаются не более чем на 3σ во всех точках (табл.1). Угол наклона оси диполя к плоскости экватора вращения в нашей модели оказался небольшим, $\alpha = 9^\circ$, что типично для магнитных звезд (см. рис.3 в работе [1]). Наша методика позволяет на основании полученной модели вычислить не только зависимость $B_e(\Phi)$, но и $B_s(\Phi)$, представленную на рис.3б, из которой средняя величина важнейшего параметра $B_s = 2439$ Гс. Структура магнитного поля не вызывает особого интереса, практически она такая же, как на схеме рис.2, только обратными знаками.

Методика вычисления магнитной модели HD182180 в работе [8] такая же, как в [3], т.е. используется (D+Q+O)-модель. Авторы выбрали вариант центрального диполя, который дает параметр напряженности поля B_d , не совпадающий по смыслу ни с B_s , ни с B_p [5]. По их данным звезда HD182180 имеет $B_d = 13 - 17$ кГс, причем таких величин в звезде, как мы уже говорили, нет ни на поверхности, ни внутри, этот параметр служит коэффициентом в формуле, описывающей фазовую зависимость $B_e(\Phi)$. Эта величина сильно отличается от

наших оценок $B_s = 2439$ Гс и $B_p = \pm 3787$ Гс, как это видно из табл.1.

Свойства звезды HD182180 (He-r) интересно сравнить с HD37479 (He-r) [10], близкой по массе. В обеих звездах область магнитного экватора фотометрически более темная, здесь $B_e = 0$ Гс, близ магнитных полюсов яркая [8]. Предполагается, что на магнитном экваторе HD37479 накапливаются химические элементы как в ловушке, интенсивность спектральных линий увеличивается, поглощение становится значительным, яркость пояса вдоль магнитного экватора уменьшается [9,11]. В то же время у звезды HD37479 в фазе прохождения магнитного экватора через видимый центр диска наблюдается максимум эмиссии [9], а в HD182180 эмиссия наблюдается в области близмагнитных полюсов. В магнитных полюсах HD182180, как обычно у звезд типа He-r, ветер максимальный, оболочка увеличенная. Таким образом, наблюдается фундаментальное различие в поведении двух He-r звезд, хотя температуры их равны 22530 К (HD37479) и 17000 К (HD182180), т.е. различие не столь велико.

Различие свойств наблюдается у звезд HD57682 (O, 35000 К) [1] и HD37022 (O, 39350 К) [12], которые являются типичными представителями объектов O-типа. На магнитных полюсах HD57682 линии поглощения $H\alpha$ и He имеют максимальную интенсивность (см. рис.8 в работе [4]). Но у звезды HD37022 линии поглощения водорода и гелия максимальны на магнитном экваторе [12]. Структура поверхности этих O-звезд по основным свойствам тоже делятся на две характерные области - вокруг магнитных полюсов и на магнитном экваторе [1]. У обеих звезд эмиссия $H\alpha$ и HeII 4686 сильнее в магнитных полюсах, слабее в экваториальной области. Точно так же ведут себя O-звезды HD191612 и HD149438 [13]. Общий вывод - вблизи магнитных полюсов горячих магнитных звезд формируется разреженная, эмиссионная оболочка, тогда как экваториальная область плотная и темная. Рассматривая отклонения свойств звезд HD37479 (He-r) и HD37022 (O), считаем необходимым в будущем изучить их заново с применением более точной методики измерений.

Относительный радиус звезды HD182180 $R/R_z = 1.37$ мы оцениваем на основании данных в [4]. Возраст $\log t = 8.1$ получается по зависимости $\log t(R/R_z)$ для звезд с соответствующим радиусом, приведенной в [6].

4. *HD221218 (He-w)*. Измерения магнитного поля B_e выполнены в работе [14]. Они представлены на рис.4 точками. Средняя ошибка $\sigma = \pm 21$ Гс. Период вращения звезды $P = 2.64$ сут, величина $v \sin i = 35$ км/с [12], откуда получаем экваториальную скорость звезды $v = 50.6R/P = 37.7$ км/с и угол $i = 68^\circ$. Наша модель, это диполь, смещенный вдоль оси на величину $+0.1R_*$, причем диполь наклонен к плоскости экватора вращения на угол $\alpha = 18^\circ$ (для сравнения в работе [14] $\alpha = 9^\circ$), который формирует магнитное поле на полюсах $B_p = +5810$ Гс и -3161 Гс (табл.1). В работе [14] утверждается, что

магнитное поле в основном дипольное, в значительной степени не осесимметричное, с напряженностью поля на магнитных полюсах ± 9635 Гс и с магнитной осью, почти перпендикулярной оси вращения. Эта величина поля значительно отличается от нашего результата, а небольшой угол α , как и в нашем случае, по величине соответствует типичным магнитным звездам (рис.3 в работе [1]), которые потеряли момент вращения на ранних стадиях эволюции путем "магнитного" торможения. Схема положения магнитного диполя, полученная по нашим данным, показана на рис.5. Как и в случае звезды HD98088 полярные области при вращении звезды проходят вблизи центра видимого диска. Штриховой линией обозначена область магнитного экватора. Благо-

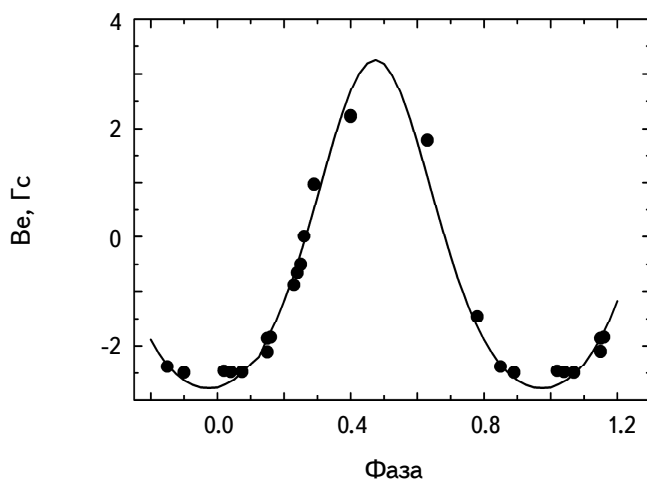


Рис.4. Изменение магнитного поля HD221218.

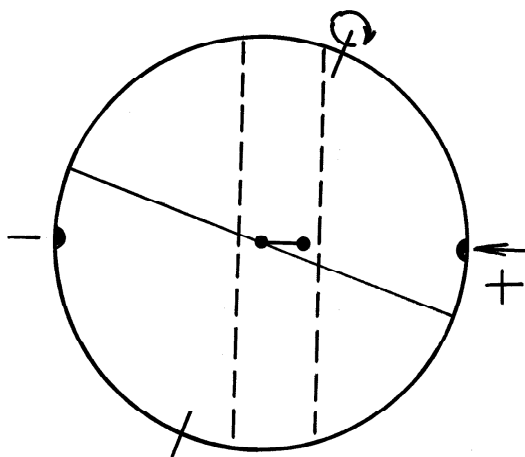


Рис.5. Ориентация дипольного магнитного поля в звезде HD221218.

приятная ориентация звезды относительно наблюдателя является одной из причин слабого рассеяния точек на фазовой зависимости рис.4. Сильная переменность профилей линий металлов, которая демонстрируется в работе [14], приводит к предположению о пятнистом распределении химических элементов, поэтому не исключается их влияние на величину полученных параметров. Возраст звезды HD221218 равен $\log t = 8.0 - 8.2$, он определен по данным работы [6]. Величина $R/R_z = 1.11$ [4] показывает, что звезда на диаграмме Герцшпрунга-Рессела находится вблизи ZAMS. Таким образом, в этом разделе мы получили более определенное представление о структуре магнитного поля HD221218, чем это получено в [14].

5. *Модель HD318107 (Si+)*. Параметры звезды взяты из работ [4,15]. На основании этих данных $v \sin i = 7$ км/с, $R = 2.12 R_\odot$ и $P = 9.71$ сут, откуда

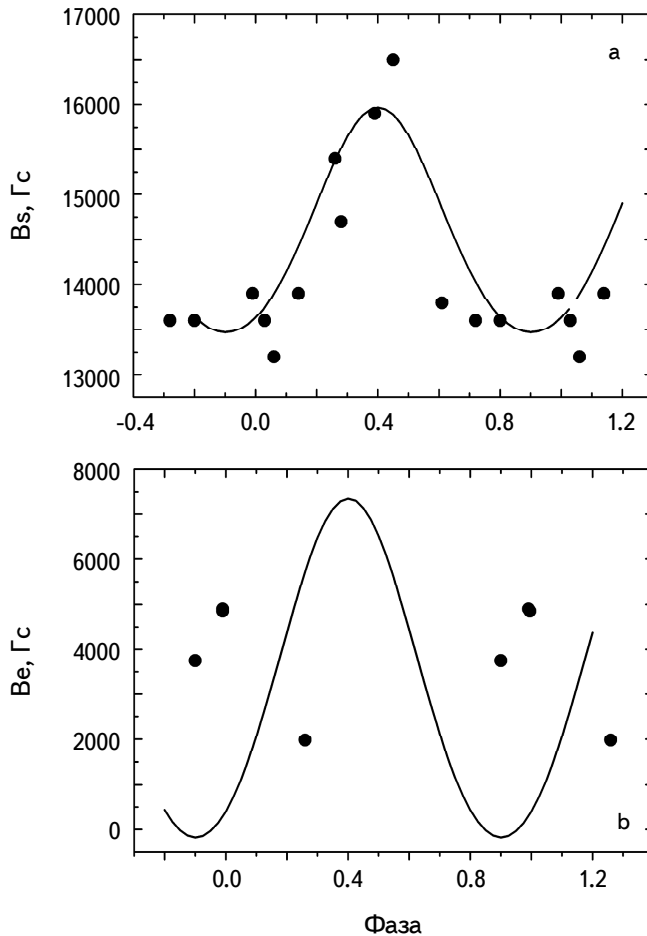


Рис.6. Изменение продольного магнитного поля HD318107. а) зависимость $B_s(\Phi)$, б) зависимость $B_e(\Phi)$.

определяем экваториальную скорость звезды $v = 50.6R/P = 11$ км/с, затем $i = 39^\circ$. Однако в нашем случае имеются две фазовые зависимости $Be(\Phi)$ [15] и $B_s(\Phi)$ [17], поэтому угол i получается при моделировании автоматически. Такой метод является более точным. На рис.6а точками показана измеренная зависимость $B_s(\Phi)$ (средняя величина $B_s = 14372$ Гс) и модельная, показанная сплошной линией (средняя величина $B_s = 14600$ Гс). На рис.6b то же для зависимости $Be(\Phi)$. Обе модели получились при одном и том же угле $i = 13^\circ$ (для сравнения, в [15] $i = 22^\circ$). Величина i , таким образом, значительно отличается от той, которая выводится из $v \sin i = 7$ км/с. Ошибочны либо $v \sin i$, либо R . Для моделирования по $Be(\Phi)$ мы использовали измерения, выполненные по линиям железа, как это мы всегда делаем, считая, что оно распределено по поверхности более равномерно, чем, например, Nd и другие редкоземельные элементы, которые обычно концентрируются вокруг магнитных полюсов. К сожалению, существуют только несколько измерений Be , но через измеренные точки невозможно провести какую-либо кривую. Поэтому параметры модели подбирались так, чтобы наблюдаемые и теоретические величины $Be(\Phi)$ были *одинаковые в среднем*. Наблюдения дают среднюю величину $Be = 3830$ Гс, модель приводит к $Be = 3400$ Гс. Этого достаточно, чтобы зафиксировать полученный угол $i = 13^\circ$. На рис.6b видно, каким должно быть изменение $Be(\Phi)$ на самом деле. Оно велико из-за смещения диполя вдоль оси на $+0.1R$. В табл.1 приведены параметры модели, а структура магнитного поля показана на рис.7. Звезда видна со стороны полюса вращения и магнитного экватора. Из-за малого угла i постоянно видна полусфера с положительным магнитным полем (штриховой линией обозначен магнитный экватор). Это видно также на зависимости $Be(\Phi)$. Малая величина δ приводит

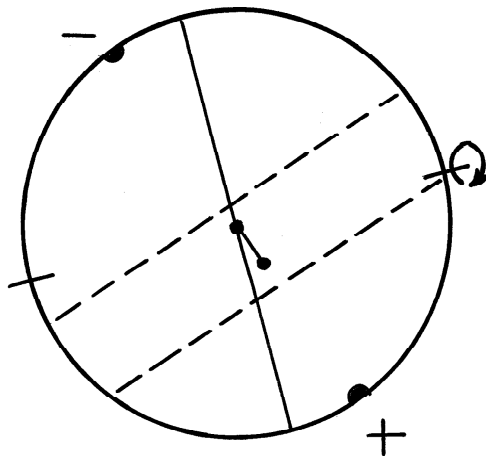


Рис.7. Ориентация дипольного магнитного поля в звезде HD318107.

Таблица 3А

НОВАЯ МОДЕЛЬ HD318107

Знак монополя	$\Delta A, R$, диполя	Долгота, λ градус	Широта, δ градус	α градус	B_s , Гс	B_p , Гс
-	+0.1	320	-20	20	14600	-17595
+		140	+20			+32348

Таблица 3В

СТАРАЯ МОДЕЛЬ HD318107

Знак монополя	$\Delta A, R$, диполя	Долгота, λ градус	Широта, δ градус	α градус	B_s , Гс	B_p , Гс
-	+0.1	0	-5	5	14345	-19462
+		180	+5			+33365

к тому, что B_s меняется слабо, всего на 17%. Столь невыгодная для измерений магнитного поля ориентация по отношению к наблюдателю приводит к слишком большому разбросу точек на фазовой зависимости и, как следствие, к неуверенной модели.

Величине $i = 13^\circ$ соответствует $v \sin i = 2.47$ км/с. Для сравнения полученных данных в табл.3 приведены параметры старой модели [16], построенной по другим измерениям в [17]. Они одного порядка и подтверждают друг друга. По конфигурации магнитного поля и другим параметрам звезда HD318107 относится к типичным магнитным звездам Si, SrCrEu типов пекулярности. Угол α мал, в пределах $\alpha = 0 - 20^\circ$, что типично для магнитных звезд (см. рис.3 в работе [1]).

В работе [15] приводится структура магнитного поля HD318107, полученная из предположения (D+Q+O)-модели. Там принят угол $i = 22^\circ$ довольно близкий к нашей оценке. Угол между осью вращения и осью диполя $\beta = 65^\circ$, т.е. $\alpha = 90 - \beta = 25^\circ$, практически совпадает с нашей оценкой. Далее авторы приводят полярные величины магнитного поля B_d , B_q , B_{oct} , которые получаются вследствие применения известной (D+Q+O)-модели, параметры которой нельзя сравнивать с нашей однодипольной моделью, т.к. они имеют другой смысл, как уже говорилось выше. Что касается формы зависимости $B_s(\Phi)$, предложенной в [15], то она не получается в нашем случае ни при каких условиях. Такую форму можно объяснить предположением двухдипольной конфигурации. Для уточнения модели необходимы дополнительные, более точные измерения.

Возраст звезды HD318107 равен $\log t = 7.8$, он определен по данным

работы [6]. Величина $R/R_z = 1.10$ [4] показывает, что звезда на диаграмме Герцшпрунга-Рессела находится вблизи полосы ZAMS. Таким образом, в этом разделе мы также получили более определенное представление о структуре магнитного поля HD221218, чем это получено в [14].

Ценность данного раздела состоит в получении более точного, чем ранее, представления о структуре звезды и ее параметрах.

6. Обсуждение и заключение.

1. В двух работах (I и II) мы рассмотрели структуры магнитного поля 5-ти звезд разного типа пекулярности и температуры, а также определили структуру и параметры магнитного поля. Основные физические данные и измерения магнитного поля взяты из литературы. Наша задача заключалась в получении параметров магнитного поля каждой звезды и первичной интерпретации физических свойств выбранных звезд в разных областях поверхности. Во всех случаях нам удалось подобрать параметры модели так, чтобы различие между модельными фазовыми зависимостями $Be(\Phi)$ и наблюдаемыми измерениями не превышало 3σ . Обычно мы пользуемся таким критерием отбора моделей. Основные проблемы, которые возникли в результате интерпретации моделирования, связаны с неблагоприятной ориентацией магнитной структуры по отношению к наблюдателю, а также особенностями физических условий на магнитном экваторе и вокруг магнитных полюсов. Из рассмотренных в данной работе наблюдательных данных и полученных моделей видно, какие объекты нуждаются в дополнительных измерениях. К сожалению, не часто мы имеем возможность моделировать структуры магнитного поля по действительно хорошим данным. Одновременно мы анализировали результаты моделирования магнитных звезд с помощью (D+Q+O)-модели.

2. Рассмотрим результаты исследования массивных эмиссионных звезд O и He-г типов HD57682 [18,19] и HD182180 [8] по результатам работ I и II. У них структуры магнитного поля, как и физические параметры являются типичными для магнитных звезд. Звезды имеют оболочки, в которых генерируется эмиссия в линиях водорода, гелия и других химических элементов. Максимальная интенсивность эмиссии в HD57682 возникает в момент прохождения положительного магнитного полюса через центральный меридиан, т.е. эмиссионная область находится вокруг магнитных полюсов, где ветер максимальный. Так же ведут себя O-звезды HD37022 [19] и HD191612 [11] (табл.4). Под действием ветра возникают сильные химические аномалии вблизи магнитных полюсов. Некоторые химические элементы концентрируются вдоль магнитного экватора. Общий вывод - вблизи магнитных полюсов O- и He-г звезд формируется разреженная, эмиссионная

Таблица 4

ПОВЕДЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ НА МАГНИТНЫХ
ПОЛЮСАХ И МАГНИТНОМ ЭКВАТОРЕ

Звезда HD	Тип	T_{eff} , К	Эмиссия	Максимум λ H, He	Ref.
37022	O	39350	В полюсах	На магн. экваторе	[19]
37479	He-г	22530	На магн. экваторе	Сложно определить	[21]
57682	O	35000	В полюсах	В полюсах	[18]
182180	He-г	17000	В полюсах	В полюсах	[8]
191612	O	35000	В полюсах	На магн. экваторе	[13]

оболочка, при этом экваториальная область оказывается относительно плотной и холодной. Возможно, на магнитном экваторе скапливаются химические элементы как в ловушке, интенсивность спектральных линий увеличивается, поглощение становится значительным, яркость пояса вдоль магнитного экватора уменьшается [20]. Минимальный блеск приходится на магнитный экватор, где $B_e = 0$ Гс и минимальная величина эмиссии $H\alpha$. В то же время у звезды HD37479 [21] максимум эмиссии генерируется на магнитном экваторе. Но наше мнение состоит в том, что наблюдательные данные недостаточно надежны и необходимы дополнительные наблюдения этой звезды.

В магнитных полюсах звезд HD57682 [18] и HD182180 [8] эквивалентная ширина линии $H\gamma$ и линий He максимальна. Это свойство противоположно тому, что наблюдается у HD37022 [19] и HD191612 [11], у которых эквивалентная ширина $H\alpha$ минимальна в $\Phi = 0$ и максимальна в $\Phi = 0.5$. Для выяснения причин указанного различия и в данном случае также необходимы дополнительные наблюдения.

Следующее непонятное у HD57682 [18] явление заключается в том, что лучевые скорости, оцененные по линиям $H\gamma$ и He, в момент нахождения водородного и гелиевого "пятна" в центре звезды максимальные, хотя они должны быть равны нулю.

Звезда HD37479 [21] имеет сложную поверхностную структуру и при недостаточном наблюдательном материале невозможно до конца выяснить физические условия на поверхности.

3. Рассмотренные 2 звезды HD81009 и HD98088 являются типичными представителями магнитных CP звезд SrCrEu-типа, за исключением их двойственности. Пока нет достаточно убедительных данных об особенностях их происхождения и эволюции.

4. Почти все рассмотренные объекты на распределении магнитных звезд по углам α ($N(\alpha)$ попадают в диапазон $\alpha = 0 - 20^\circ$, что типично для магнитных звезд (см. рис.3 в статье [1]). Малая величина α является признаком

того, что потеря момента вращения произошла у них в результате "магнитного" торможения на ранних этапах эволюции. Форма фазовой зависимости соответствует модели центрального диполя или слабо смещенного из центра звезды диполя, что наблюдается у более чем половины магнитных звезд, и объясняется, по-видимому тем, что они сформировались из однородного по своей структуре родительского намагниченного протозвездного облака.

5. Учитывая выводы предыдущего раздела, рассмотрим положение изученных звезд на распределении $\log P$ - $\log B_s$ на рис.8, отмеченных белыми кружками.

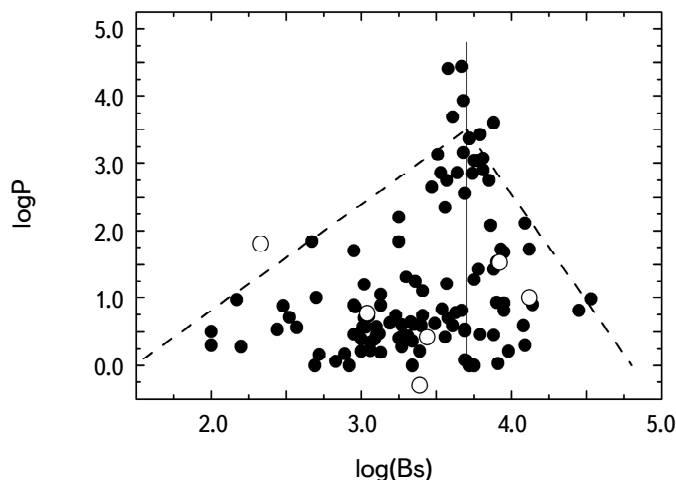


Рис.8. Зависимость периода вращения звезд от величины магнитного поля B_s . Белые кружки - звезды, изученные в этой работе.

Оказывается, что они находятся среди общей массы магнитных звезд, кроме HD57682, которая вращается слишком медленно для ее магнитного поля. Не исключено, что уже у родительской протозвезды вращение было слишком слабым. Звезды HD81009 и HD318107 находятся в правой части распределения $\log P$ - $\log B_s$, которая представляет собой проблему. При предположении, что потеря момента вращения магнитной протозвезды происходит при участии магнитного поля, следует ожидать, что существует зависимость периода вращения от величины магнитного поля. Действительно, левая часть рис.8 отвечает этому предположению. Но правая часть в таком случае оказывается непонятной - чем сильнее поле, тем быстрее вращается звезда. Можно предположить, что при очень сильном поле облака, окружающие магнитную протозвезду, начинают вращаться вместе с протозвездой и передача момента вращения ослабевает.

MAGNETIC FIELD STRUCTURES OF CHEMICALLY PECULIAR STARS. II. HD98088, HD182180, HD221218, HD318107

Yu.V.GLAGOLEVSKIJ

Based on literature data about the magnetic field values, models of the magnetic field of several magnetic stars of different types of peculiarity were constructed and the magnetic field parameters were obtained. Among hot objects, differences in physical conditions have been discovered in the region of the magnetic equators and in the region near the magnetic poles, which are not yet amenable to interpretation.

Keywords: *magnetic field: peculiar stars*

ЛИТЕРАТУРА

1. Yu.V.Glagolevskij, *Astrofizika*, **67**, 29, 2024.
2. H.W.Babcock, *Astrophys. J. Suppl.*, **3**, 141, 1958.
3. P.Folsom et al., *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **431**, 1513, 2013.
4. Yu.V.Glagolevskij, *Astrophys. Bull.*, **74**(1), 66, 2019.
5. Yu.V.Glagolevskij, *Astrophys. Bull.*, **66**(2), 144, 2011.
6. Yu.V.Glagolevskij, *Astrophys. Bull.*, **79**(1), 10, 2024.
7. Yu.V.Glagolevskij, *Astrophys. Bull.*, **76**(1), 91, 2021.
8. M.E.Oksala et al., *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **405**, 510, 2010.
9. J.F.Donati et al., *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **291**, 658, 1979.
10. Yu.V.Glagolevskij, *Astrophys. Bull.*, 2024, (paper I, in press).
11. R.H.D.Townsend, S.P.Owociki, D.Groote, *Astrophys. J.*, **630**, L81, 2005.
12. O.Stahl et al., *Astron. Astrophys.*, **312**, 539, 2006.
13. Yu.V.Glagolevskij, *Astrophys. Bull.*, 2024, (paper II, in press).
14. L.Freour et al., *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **520**, 320, 2023.
15. J.D.Bailey et al., *Astron. Astrophys.*, **535**, A25, 2011.
16. Yu.V.Glagolevskij, *Astrophys. Bull.*, **70**(1), 8, 2015.
17. G.Mathis et al., *Astron. Astrophys. Suppl.*, **123**, 353, 1997.
18. J.H.Grunhut et al., *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **426**, 2208, 2012.
19. J.-F.Donati et al., *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **333**, 55, 2002.
20. J.D.Landstreet, E.F.Borra, *Astrophys. J. Lett.*, **224**, L5, 1978.
21. M.E.Oksala et al., *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **419**, 959, 2012.