

УДК 524.35-337

МОДЕЛИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СР-ЗВЕЗД. II. HD11503, HD12098, HD12447, HD14437, HD34452, HD40312, HD178892

© 2010 Ю. В. Глаголевский¹, Е. Герт²¹Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия²D-14471, Potsdam, Gontardstr. 130, Germany

Поступила в редакцию 19 октября 2009 г.; принята в печать 28 февраля 2009 г.

С помощью программы исследования структуры магнитного поля СР-звезд получены модели магнитного поля 7 магнитных звезд. Оказалось, что пять из них ясно показывают структуру центрального диполя, а две можно объяснить моделью смещенного диполя. Наши предыдущие исследования и результаты этой работы показывают, что ориентация диполей внутри звезд по отношению к оси вращения может быть любой от 0° до 90°, как для быстро вращающихся, так и для медленно вращающихся звезд. В настоящее время вопрос о существовании преобладающей ориентации нельзя решить вследствие недостатка статистики. Наши результаты моделирования согласуются с вычислениями по методу Престона в случае дипольной конфигурации поля.

Ключевые слова: *звезды — переменные и пекулярные*

1. ВВЕДЕНИЕ

В данной работе мы продолжаем построение единой методикой [1] моделей магнитного поля СР-звезд с малыми периодами вращения ($P < 25^d$), начатой в [2, 3]. Модели для звезд с большими периодами вращения закончили строить в работах [3, 4] и начали цикл работ по изучению звезд с малыми периодами [1]. Мы полагаем, что, несмотря на существование в настоящее время более точных методов моделирования, по сравнению с нашим [1], большое количество известных фазовых зависимостей [5] позволит исследовать конфигурации магнитных полей СР-звезд единой методикой и получить полезную информацию об их основных свойствах. Например, после ряда работ по моделированию структур магнитного поля стало известно, что у части звезд поле имеет простую конфигурацию центрального диполя, у части звезд диполь в разной степени смещен из центра в любом направлении, а у нескольких поле имеет более сложную структуру. Очевидно, что такое разнообразие происходит из-за особенностей происхождения и дальнейшей эволюции магнитных полей звезд. Интересно также выяснить, какие из получаемых параметров магнитного поля имеют физический смысл и не сильно искажены отступлением от чисто дипольной геометрии. Структура поля влияет на распределение химических аномалий по поверхности магнитных звезд.

Если измерение магнитного поля получается по спектральным линиям химических элементов,

то их, как правило, неравномерное распределение влияет на величины так называемого “эффективного поля” B_e , по которым рассчитывается структура магнитного поля. Если напряженность магнитного поля измеряется по водородным линиям, тогда структура магнитного поля в первом приближении получается неискаженной вследствие равномерного распределения водорода по поверхности. Поэтому при моделировании мы используем измерения в первую очередь по линиям водорода.

2. HD11503 Si+

В работе [6] приведены следующие параметры этой звезды: угол наклона звезды к лучу зрения $i = 47^\circ$, угол между осью диполя и осью вращения $\beta = 68^\circ$, величина магнитного поля на полюсах $B_p = 3000$ Гс, экстремум отрицательного поля приходится на $JD\ 2443002.96 + 1.6093 E$. В каталоге [7] $v \sin i = 51$ км/с, в работе [8] $T_e = 10000$ К, $M_b = 0.7$, отсюда $R = 2.1R_\odot$, $v = 50.6R/P = 66$ км/с, $i = 50^\circ$, что близко к величине из [6]. Вследствие недостаточного количества измерений B_e была рассчитана только модель центрального диполя. Способом наименьших квадратов, последовательными приближениями мы добиваемся наилучшего совпадения наблюдаемых и вычисленных фазовых зависимостей. Полученные параметры приведены в Таблице, наблюдаемые изменения B_e показаны на Рис.1а точками, модельная зависимость — сплошной

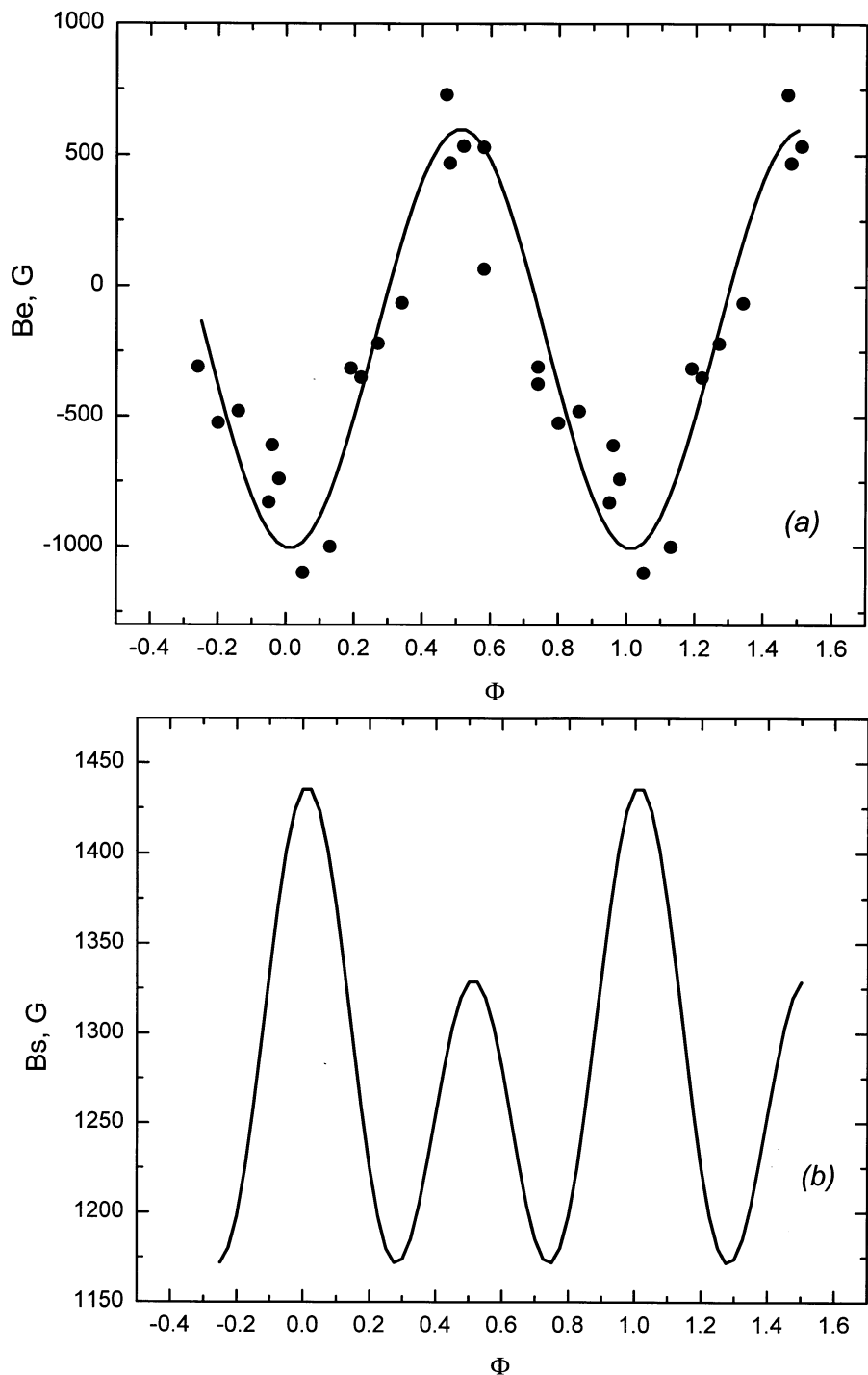


Рис. 1. Фазовая зависимость магнитного поля HD11503. (a) — продольное поле, точки — наблюдения, линия — модель; (b) — среднее поверхностное поле, модельное.

линей. Получена также модельная фазовая зависимость $B_s(\Phi)$, которая приведена на Рис. 1b, среднее поверхностное магнитное поле звезды $B_s = (B_s(\max) + B_s(\min))/2 = 1.0$ кГс. В Таблице величина Δa показывает насколько диполь сдвинут от центра звезды, она измеряется в долях радиуса. В данном случае диполь находится в центре. Угол

β в нашей модели отличается от полученного в [6] сравнительно немного, на 7° , но B_r различается почти в два раза.

По формуле Престона [9], которая выведена только для центрального диполя и в случае равно-

мерного распределения элементов по поверхности,

$$\operatorname{tg} \beta = (1 - r)/(1 + r) \operatorname{ctg} i,$$

угол между осью диполя и осью вращения получается таким же как у нас, $\beta = 74^\circ$. Здесь $r = \operatorname{Ve}(\min)/\operatorname{Ve}(\max) = 0.6$. По другой формуле Престона

$$B_s = 1.09 \times \operatorname{Ve}(\max)/\cos(i - \beta) = 1.2 \text{ кГс},$$

что близко к нашим величинам. Это показывает, что в случае дипольной конфигурации расчеты параметров магнитного поля можно делать по формулам Престона.

Ошибки в Таблице вычислены из предполагаемой средней ошибки $v \sin i$, равной $\pm 5 \text{ км/с}$.

3. HD12098 Si+

Средние величины эффективного магнитного поля в разных фазах периода вращения $\operatorname{Ve}(\Phi)$ взяты из [10]. Необходимый для вычислений угол наклона звезды $i = 55^\circ$ взят из работы [11].

Измеренные (точки) и вычисленные (сплошная линия) фазовые зависимости $\operatorname{Ve}(\Phi)$ и $B_s(\Phi)$ приведены на Рис.2а и 2б. Параметры магнитного поля приведены в Таблице. Наилучшее совпадение вычисленных и наблюдаемых зависимостей $\operatorname{Ve}(\Phi)$ получается в предположении центрального диполя и угле $\beta = 46^\circ$. Среднее поверхностное магнитное поле, полученное из модели, $B_s = 2720 \text{ Гс}$. Экстремальные величины магнитного поля не совпадают точно с фазами 0° и 180° , которые даны в работе [11], и происходят раньше на 7° .

По методике Престона угол $\beta = 46^\circ$, $B_s = 2.1 \text{ кГс}$, что достаточно близко к нашим данным.

4. HD12447 SrCrEu

Радиус звезды $R = 2.64R_\odot$ и угол наклона $i = 38^\circ$ взяты из работы [12], а $v \sin i = 70 \text{ км/с}$ из [13]. Скорость вращения довольно велика, что отражается на точности измерения магнитного поля. Данные о продольном поле взяты из [6], они показаны на Рис. 3а точками.

Как обычно, в качестве первого шага, была построена модель центрального диполя. Наилучшее согласие между вычисленной и наблюдаемой фазовыми зависимостями получилось при параметрах, представленных в Таблице. Максимумы фазовой зависимости сдвинуты на -54° относительно данных, приведенных в [6]. Оказалось, что диполь лежит точно в плоскости экватора. По формулам

Престона, $\beta = 90^\circ$, $B_s = 910 \text{ Гс}$, что довольно близко к нашему результату.

Дальнейшие приближения показали, что вычисленная фазовая зависимость лучше соответствует наблюдениям при условии смещения диполя. В этом варианте диполь лежит в плоскости экватора но сдвинут на $\Delta a = 0.2R_\odot$ в сторону положительного полюса. Параметры такой модели приведены в Таблице, а соответствующие фазовые зависимости на Рис. 3а и 3б. Среднее поверхностное поле $B_s = (\operatorname{Ve}(\max) + \operatorname{Ve}(\min))/2 = 782 \text{ Гс}$, по сравнению с вариантом центрального диполя изменилось мало, но значительно изменились величины B_r . Этот пример показывает, насколько могут отличаться результаты, полученные в простейшем дипольном приближении от реальных данных.

5. HD14437 SrCrEu

Величины продольного магнитного поля Ve в разных фазах периода вращения взяты из работы [14], средние поверхностные поля B_s из [15]. Средняя величина поверхностного магнитного поля по этим данным $B_s = 7665 \text{ Гс}$. За начальную фазу принят момент, когда Ve достигает минимума: $\text{JD} = 2448484.200 + 34.79 \text{ E}$. Методика моделирования позволяет сделать оценку угла наклона звезды i к лучу зрения без использования $v \sin i$, так как имеются измерения и продольного Ve , и среднего поверхностного B_s магнитного поля, но при этом всегда получаются два решения — с большим и малым углом i . После получения таких решений надо выбрать более вероятный случай, основываясь на других свойствах звезды. Для звезды HD14437 получены два набора параметров магнитного поля, представленные в Таблице. Наблюдаемые (точки) и вычисленные (сплошная линия) зависимости показаны на Рис.4а и 4б. Оба варианта предполагают модель смещенного диполя. К сожалению, в данном случае нет доводов в пользу одного из вариантов, оба равноправны.

В работе [8] приводится $T_e = 10800 \text{ К}$ и $M_b = 0^m.0$. Эти параметры соответствуют радиусу звезды $R = 2.3R_\odot$, откуда скорость вращения на экваторе $v = 50.6R/P = 3.3 \text{ км/с}$. Отсюда $v \sin i = 3.3 \text{ км/с}$ в первом варианте и $v \sin i = 0.3 \text{ км/с}$ во втором варианте. Такие малые величины скоростей вращения обычными методами оценить невозможно для выбора более вероятного из них. Предлагаемый в работе [14] результат моделирования магнитного поля этой звезды ближе к первому нашему варианту:

$$\beta = 14^\circ, \quad i = 65^\circ, \quad B_r = 13.5 \text{ кГс}, \quad \Delta a = +0.23.$$

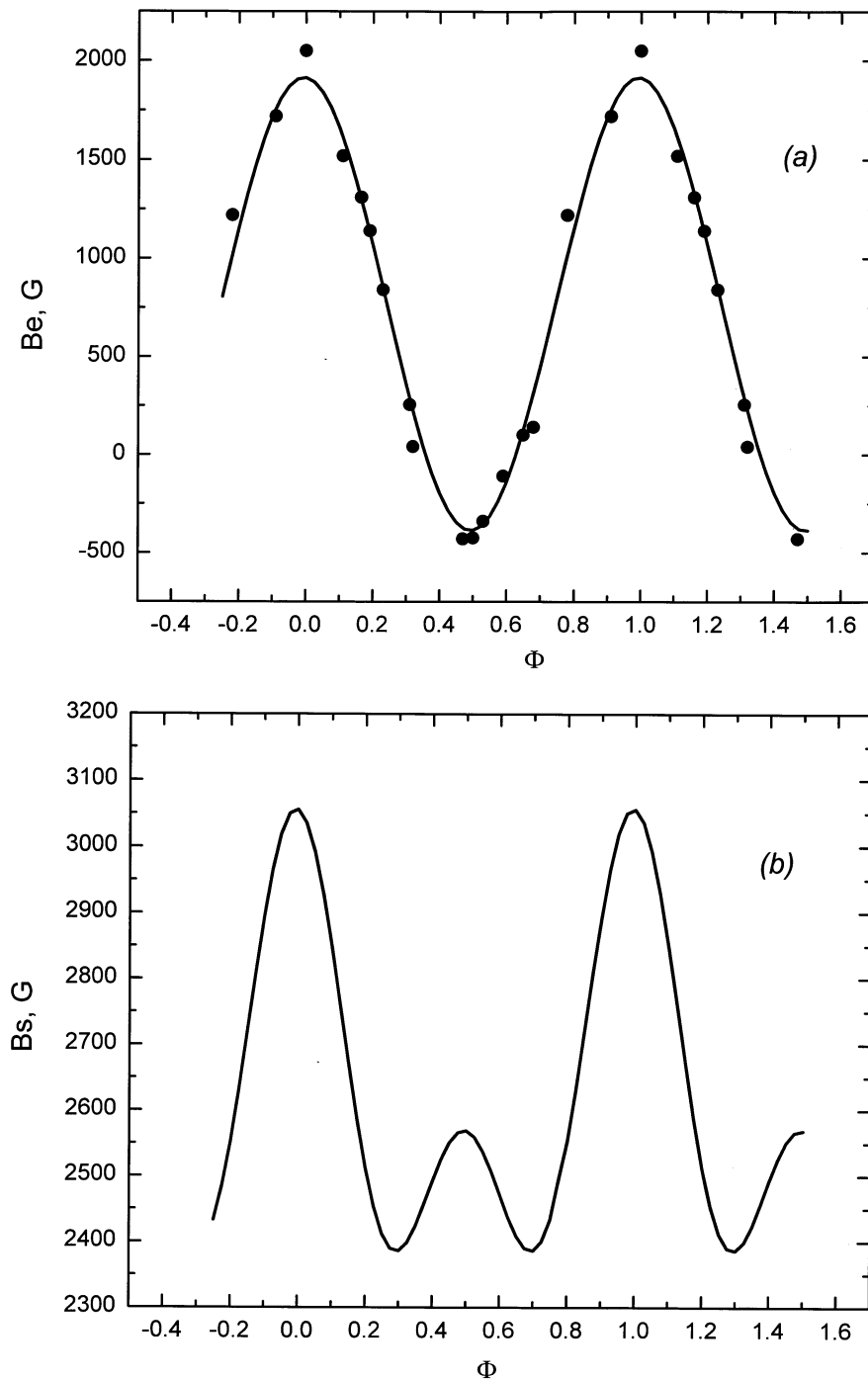


Рис. 2. Фазовая зависимость магнитного поля HD12098. (a) — продольное поле, точки — наблюдения, линия — модель; (b) — среднее поверхностное поле, точки — наблюдения, линия — модель.

6. HD34452 Si

Величины продольного магнитного поля B_e взяты из [6, 16]. Начальная фаза соответствует максимуму магнитного поля и максимуму блеска в момент JD2442421.0 [16]. Период вращения $P = 2^d.4687$ взят из [1]. Радиус звезды $R = 2.51R_{\odot}$ и скорость вращения $v \sin i = 46$ км/с из [12].

В работе [13] $v \sin i = 40$ км/с а в каталоге [7] величина $v \sin i = 44$ км/с, выведенная из 3 оценок. Отсюда среднее взвешенное значение $v \sin i = (47 \pm 4)$ км/с. В каталоге [8] даны $T_e = 14110$ К и $M_b = -1.7$ откуда $R = 3.4R_{\odot}$. Из приведенных данных $v = 50.6R/P = 70$ км/с, $i = 42^\circ$. Наблюдаемые фазовые изменения $B_e(\Phi)$

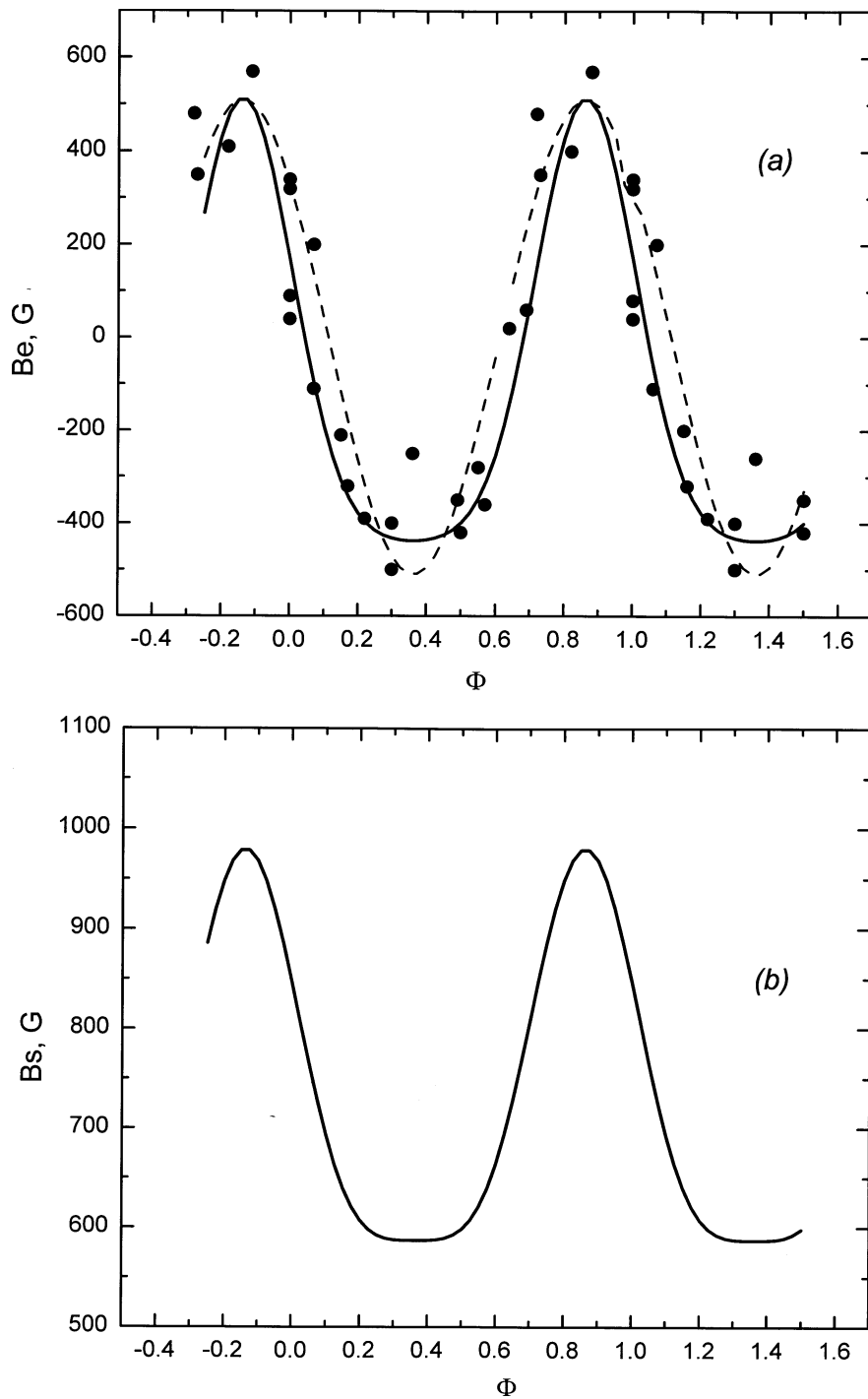


Рис. 3. Фазовая зависимость магнитного поля HD12447. (a) — продольное поле, точки — наблюдения, сплошная линия — смещенный диполь, штриховая — центральный диполь; (b) — среднее поверхностное поле, смещенный диполь.

показаны на Рис. 5а точками. Вследствие недостаточного количества измерений предполагаем модель центрального диполя без дальнейшего уточнения. Параметры приведены в Таблице, а модельная фазовая зависимость показана на Рис. 5а сплошной линией. Ошибки получены при предположении средней ошибки определения

угла i , равной $\pm 5^\circ$. Фазовая зависимость оказалась сдвинутой на $+18^\circ$ по отношению к начальной фазе, взятой нами из [16]. На Рис. 5b показана вычисленная по модели фазовая зависимость среднего поверхностного магнитного поля $B_s(\Phi)$, откуда $B_s = B_s(\max) + B_s(\min)/2 = 1.0$ кГс. По

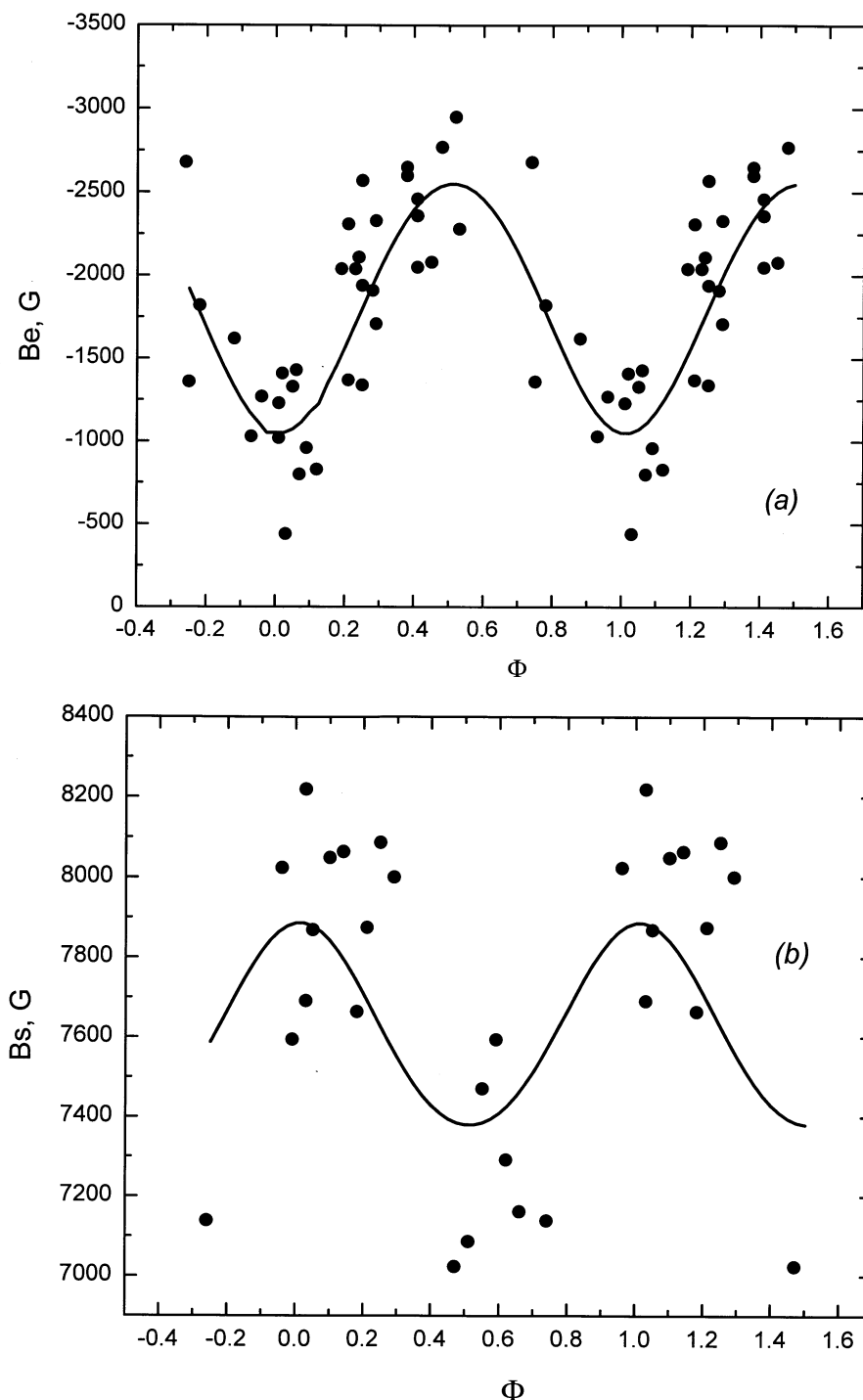


Рис. 4. Фазовая зависимость магнитного поля HD14437. (а) — продольное поле, точки — наблюдения, линия — модель; (б) — среднее поверхностное поле, точки — наблюдения, линия — модель.

формулам Престона [9] для центрального диполя получаются близкие нашим величинам $\beta = 69^\circ$, $B_s = 1.2$ кГс.

7. HD 40312 Si

Это звезда кремниевого типа с $T_e = 10100$ К [8]. Абсолютная болометрическая звездная величина

на, полученная по гиппарховским данным [17] $M_b = -1.4$, по параметру многоцветной стремгеновской фотометрии $M_b = -1.1$ [8] откуда среднее значение $M_b = -1.25$ и $\log g = 3.45$. Отсюда радиус $R = 5.0R_\odot$. Величина периода вращения $P = 3^d.61860 \pm 0.00017$ взята из работы [18].

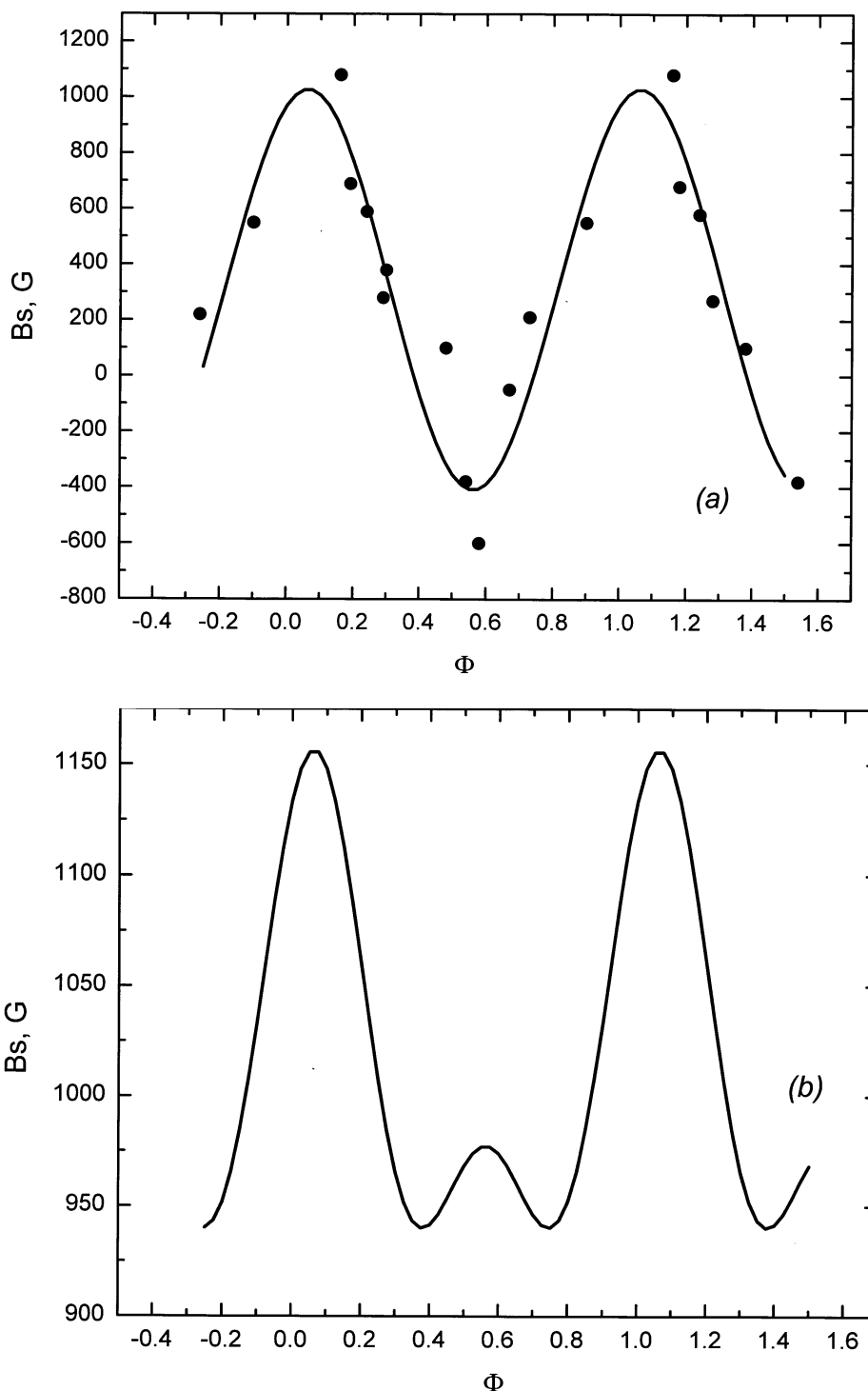


Рис. 5. То же, что на Рис. 1, для HD34452.

Поскольку $v \sin i = 52$ км/с [7], то $i = 52^\circ$. В работе [19] приводится близкая к нашей оценке величина $i = 51^\circ$.

Для построения модели магнитного поля мы использовали измерения по линиям водорода из

работы [6]. Из этой же работы мы взяли момент начальной фазы $2442766^d.55$, когда магнитное поле имеет максимальную величину положительного знака. Как обычно, вначале была построена модель

Таблица. Параметры магнитного поля исследованных звезд

HD	Знак	Долгота	Широта	B_p , Гс	B_s , Гс	β	i	Δa
11503	+	$180^\circ \pm 5^\circ$	$-15^\circ \pm 1^\circ$	$+1550 \pm 200$	1000 ± 200	$75^\circ \pm 1^\circ$	$50^\circ \pm 5^\circ$	0 ± 0.1
	-	$0^\circ \pm 5^\circ$	$+15^\circ \pm 1^\circ$	-1550 ± 200				
12098	+	$353^\circ \pm 2^\circ$	$44^\circ \pm 5^\circ$	$+2450 \pm 700$	2720 ± 600	$46^\circ \pm 1^\circ$	$55^\circ \pm 5^\circ$	0 ± 0.1
	-	$173^\circ \pm 2^\circ$	$-44^\circ \pm 5^\circ$	-2450 ± 700				
12447	+	$306^\circ \pm 5^\circ$	$0^\circ \pm 1^\circ$	$+1190 \pm 200$	715 ± 200	$90^\circ \pm 1^\circ$	38 ± 5	0 ± 0.1
	-	$126^\circ \pm 5^\circ$	$0^\circ \pm 1^\circ$	-1190 ± 200				
12447	+	$306^\circ \pm 5^\circ$	$0^\circ \pm 1^\circ$	$+2260 \pm 200$	782 ± 150	$90^\circ \pm 1^\circ$	38 ± 5	$+0.20 \pm 0.02$
	-	$126^\circ \pm 5^\circ$	$0^\circ \pm 1^\circ$	-670 ± 200				
14437	+	$0^\circ \pm 5^\circ$	$-85^\circ \pm 1^\circ$	$+28900 \pm 1000$	7665 ± 1000	$5^\circ \pm 1^\circ$	$89^\circ \pm 1^\circ$	$+0.25 \pm 0.05$
	-	$180^\circ \pm 5^\circ$	$+85^\circ \pm 1^\circ$	-6100 ± 1000				
14437	+	$0^\circ \pm 5^\circ$	$-2^\circ \pm 1^\circ$	$+22100 \pm 1000$	7665 ± 1000	$88 \pm 1^\circ$	$6^\circ \pm 1^\circ$	$+0.15 \pm 0.05$
	-	$180^\circ \pm 5^\circ$	$+2^\circ \pm 1^\circ$	-8900 ± 1000				
34452	+	$18^\circ \pm 5^\circ$	21 ± 1	$+1620 \pm 200$	1000 ± 200	$69^\circ \pm 1^\circ$	$42^\circ \pm 5^\circ$	0 ± 0.1
	-	$196^\circ \pm 5^\circ$	$-21^\circ \pm 1^\circ$	-1620 ± 200				
40312	+	$0^\circ \pm 5^\circ$	$15^\circ \pm 1^\circ$	$+550 \pm 100$	365 ± 100	$75^\circ \pm 1^\circ$	$52 \pm 5^\circ$	0 ± 0.1
	-	$180^\circ \pm 5^\circ$	$-15^\circ \pm 1^\circ$	-550 ± 100				
40312	+	$320^\circ \pm 5^\circ$	$5^\circ \pm 1^\circ$	$+1420 \pm 100$	650 ± 100	$85^\circ \pm 1^\circ$	$52 \pm 5^\circ$	0.2 ± 0.1
	-	$210^\circ \pm 5^\circ$	$-5^\circ \pm 1^\circ$	-1420 ± 100				
178892	+	$0^\circ \pm 5^\circ$	$15.5^\circ \pm 0.5$	$+30180 \pm 1500$	17440 ± 1500	$74.5^\circ \pm 0.5$	$9^\circ \pm 0.5$	0 ± 0.1
	-	$180^\circ \pm 5^\circ$	$-15.5^\circ \pm 0.5$	-30180 ± 1500				

центрального диполя. Полученные параметры приведены в Таблице.

Наблюдаемая зависимость $B_e(\Phi)$ на Рис. 6а показана точками. Параметры модели центрального диполя приведены в Таблице. Стремление получить наилучшее совпадение вычисленных и наблюдаемых данных привело нас к другой модели магнитного поля — к смещенному диполю. При этом оказалось, что смещены оба монополя на величину $\Delta a = 0.2$, т.е. диполь смещен перпендикулярно оси, а не вдоль. Соответствующие параметры такой конфигурации приведены в Таблице. В данном случае параметры не сильно отличаются от параметров центрального диполя, сильно изменились только величины B_p и B_s . На поверхности магнитные полюса отстоят не на 180° друг от друга, а сблизилась до 110° . Такая же конфигурация наблюдается у звезды HD21699 [20]. Этот пример показывает, что диполь может быть смещен в любом направлении, а не только вдоль оси, как это чаще всего наблюдается. Из Рис. 6а видно, что отличие фазовой

зависимости $B_e(\Phi)$ от синусоидального вида очень небольшое, но его влияние на модель значительное. На Рис. 6б показана модельная фазовая зависимость $B_s(\Phi)$ для смещенного диполя, из которой видно, что среднее поверхностное магнитное поле $B_s = (B_s(\max) + B_s(\min))/2 = 650$ Гс.

Следуя методике Престона получаем $\beta = 77^\circ$, $B_s = 447$ Гс, что близко к нашим данным, полученным для модели центрального диполя.

8. HD178892 SrCrEu

Звезда относится к группе с наиболее сильными магнитными полями. Продольное поле B_e и среднее поверхностное поле B_s взято из работы [21]. Величина периода и начальная фаза взяты из этой же статьи. Наша методика моделирования позволяет определить угол i при наличии данных о B_e и B_s гораздо точнее, чем спектроскопическими измерениями ширины профилей линий, особенно

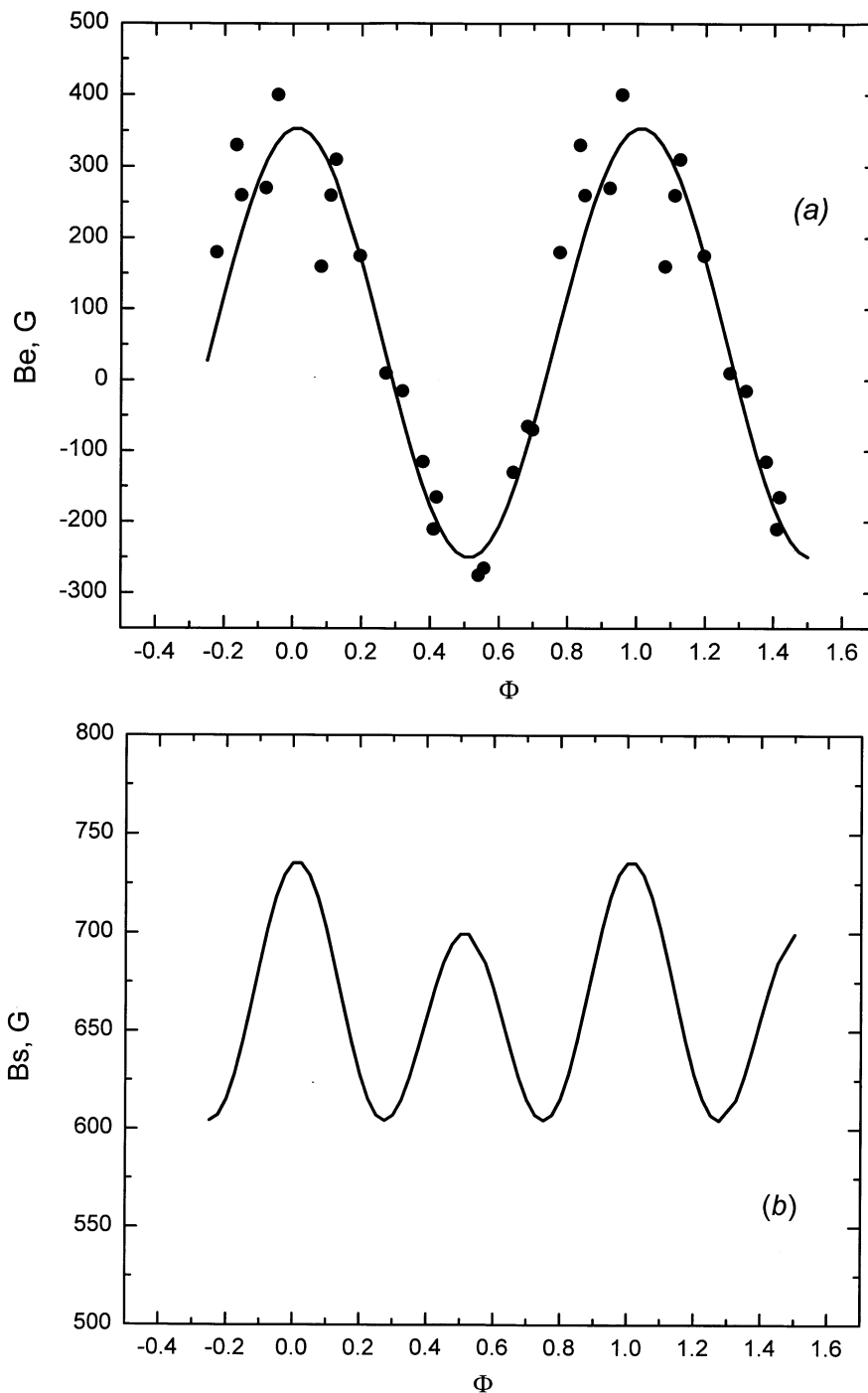


Рис. 6. То же, что на Рис. 1, для HD40312.

при наличии у звезды значительного магнитного поля. Наблюдательные данные по B_e показаны на Рис. 7а точками. Они хорошо представляются модельными результатами при предположении центрального диполя (сплошная линия), причем вычисленная фазовая зависимость $B_s(\Phi)$ на Рис. 7б примерно соответствует измеренным вели-

чинам только при угле $i = 9^\circ$. Эта величина отличается от $i = 36^\circ$ в работе [19].

Параметры, полученные по методу Престона: $\beta = 75^\circ$, $B_s = 19970$ Гс при $i = 9^\circ$, т.е. достаточно близкие к нашим данным. Если принять $i = 36^\circ$, как в [19], то наша методика приводит к следующим параметрам: $\beta = 39^\circ$, $B_s = 7600$ Гс, а по методике Престона $B_s = 8270$ Гс, что близко

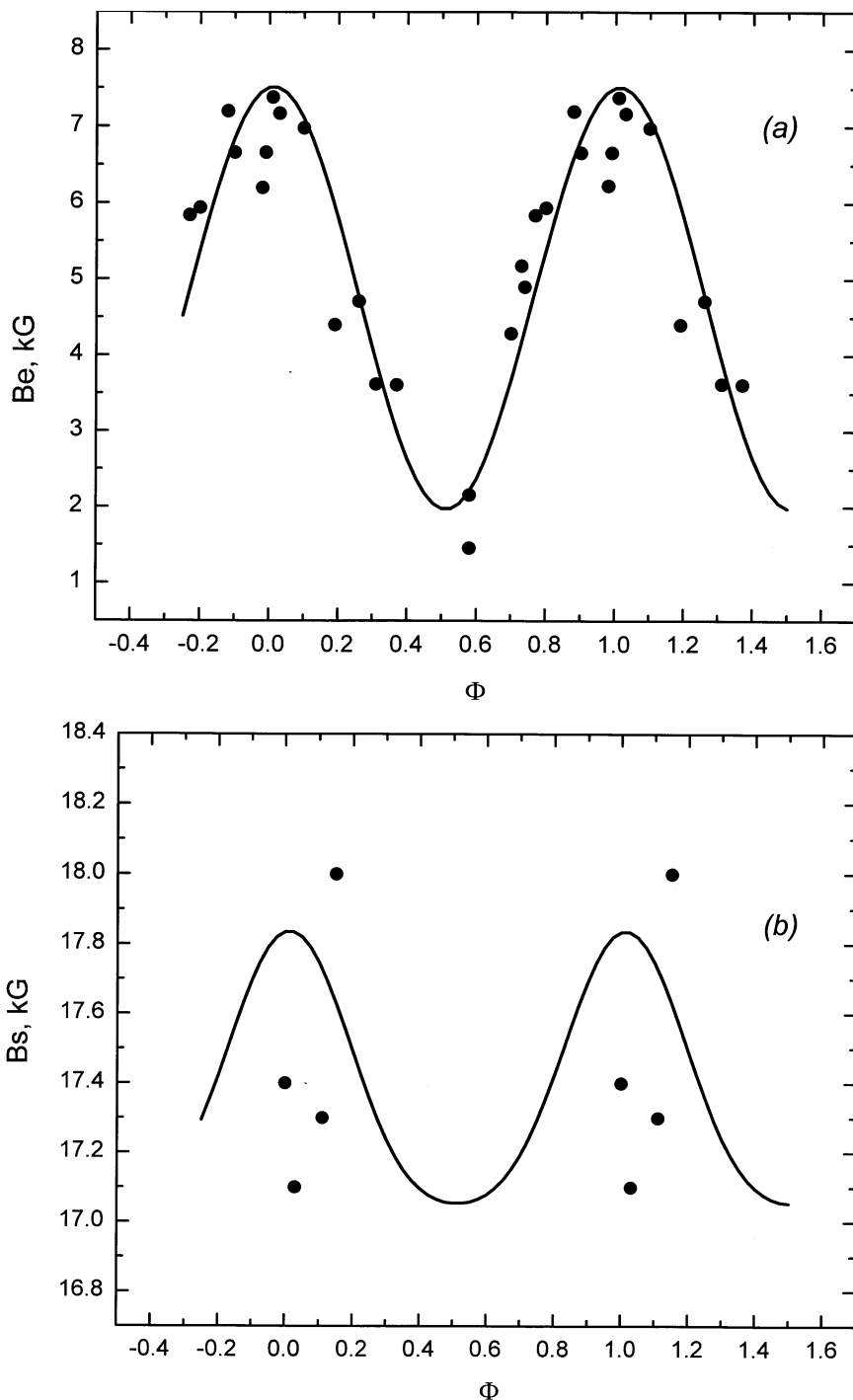


Рис. 7. То же, что на Рис. 2, для HD178892.

нашему значению, но далеко от наблюдений. Это еще раз указывает на то, что для последующего анализа моделей магнитного поля СР-звезд лучше пользоваться единой методикой моделирования.

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы исследовали магнитную структуру еще 7 магнитных звезд с малыми периодами вращения.

Пять из них имеют структуру центрального диполя и две — смещенного диполя. Пока еще нет достаточного количества данных для надежного выявления каких-то различий между быстрыми ($P < 25^d$) и медленными ($P > 25^d$) ротаторами, исследованными к настоящему времени с нашей методикой моделирования. Выборка включает в себя звезды всех типов пекулярности. Пока не заметно каких-

либо различий в ориентации магнитного поля. Из рассмотрения накопленных к настоящему времени результатов подтверждается известный вывод о том, что ориентация магнитных диполей у быстрых и медленных ротаторов может быть любой. Это важный вывод для проблемы торможения CP-звезд. Однако необходимо дальнейшее накопление данных о структурах магнитных полей CP-звезд для выяснения существования тенденций. Интересно, что наблюдается смещение диполей в любом направлении. Смещение вдоль оси сильнее сказывается на форме фазовых зависимостей, поэтому его заметить легче других, поэтому, вероятно, таких случаев наблюдается относительно много. Нередки сложные конфигурации магнитного поля типа квадруполя и более сложных.

Как показал сравнительный анализ, сделанный в этой работе, в случае простых структур центрального диполя хорошо может быть использована методика Престона определения основных параметров магнитного поля, которая дает практически одинаковые с нашими результаты.

Часто, когда наблюдений мало или они недостаточно точны, мы заранее приписываем звезде структуру центрального диполя. Пример звезды HD12447 показывает, насколько могут отличаться реальные данные от результатов, полученных в простейшем дипольном приближении модели. Наибольшее отклонение от реальных данных получается для напряженности поля на полюсах Вр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. E. Gerth and Yu. V. Glagolevskij, *Magnetic fields of chemically peculiar and related stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij, I. I. Romanyuk (Moscow, 2000), p.151.
2. Ю. В. Глаголевский, *Астрофизический бюллетень* **64**, 62 (2009).
3. Ю. В. Глаголевский, *Астрофизический бюллетень* **65**, 36 (2010).
4. Ю. В. Глаголевский и Е. Герт, *Астрофизика* **51**, 295 (2008).
5. V. D. Bychkov, L. V. Bychkova, and J. Madey, *Astronom. and Astrophys.* **430**, 1143 (2005).
6. E. F. Borra and J. D. Landstreet, *Astrophys. J. Suppl.* **42**, 421 (1980).
7. A. Uesugi and I. Fucuda, *Revised Catalogue of Stellar Rotational Velocities* (Kyoto, 1982).
8. Yu. V. Glagolevskij, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **53**, 33 (2002).
9. G. Preston, *Publ. Astronom. Soc. Pacific* **83**, 571 (1971).
10. T. A. Ryabchikova, G. A. Wade, M. Auriere, et al., *Astronom. and Astrophys.* **429**, 55 (2005).
11. A. V. Shavrina, Yu. V. Glagolevskij, N. S. Polosuhina, et al., *Odessa Astronomical Publications* **21**, 111 (2008).
12. H. A. Abt, *Astrophys. J.* **122**, 2008 (2001).
13. H. A. Abt and N. I. Morrell, *Astrophys. J. Suppl.* **99**, 135 (1995).
14. G. A. Wade, D. Kudryavtsev, I. I. Romanyuk, et al., *Astronom. and Astrophys.* **355**, 1080 (2000).
15. G. Mathys, S. Hubrig, J. D. Landstreet, et al., *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **123**, 353 (1997).
16. D. A. Bohlender, J. D. Landstreet, and I. B. Thompson, *Astronom. and Astrophys.* **269**, 355 (1993).
17. A. E. Gomez, X. Luri, S. Grenier, et al., *Astronom. and Astrophys.* **336**, 953 (1998).
18. F. A. Catalano and P. Renson, *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **127**, 412 (1998).
19. D. Shulyak, G. Valyavin, O. Kochukhov, et al., *Astronom. and Astrophys.* **464**, 1089 (2007).
20. Ю. В. Глаголевский, Г. А. Чунтонов, *Астрофизика* **50**, 441 (2007).
21. T. Ryabchikova, O. Kochukhov, D. Kudryavtsev, et al., *Astronom. and Astrophys.* **445**, L47 (2006).

MAGNETIC FIELD MODELS OF CP STARS. II: HD11503, HD12098, HD12447, HD14437, HD34452, HD40312, HD178892

Yu.V. Glagolevskij, E. Gerth

We model magnetic fields of seven magnetic stars using a program for studying the structure of magnetic fields in CP stars. It appears that five of them clearly manifest the structure of a central dipole, and the remaining two can be explained by a shifted dipole model. Our previous research and the results of this study demonstrate that the dipole orientation inside the stars relative to the rotation axis can vary from 0° to 90° , both for fast and slow rotators. We can not yet solve the question of the existence of a dominant orientation due to lack of statistics. Our modeling results are consistent with those calculated using Preston's technique in the case of a dipole field configuration.

Key words: *stars—variable and peculiar*