

УДК: 524.3-337

МОДЕЛИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МЕДЛЕННО
ВРАЩАЮЩИХСЯ СР-ЗВЕЗД. γ Equ = HD201601Ю.В. ГЛАГОЛЕВСКИЙ¹, Е. Герт²

Поступила 25 декабря 2005

Принята к печати 27 февраля 2006

На основе собранных за все годы измерений магнитного поля экстремально медленного ротатора γ Equ, методом "магнитных зарядов" построена модель магнитного поля. Анализ γ Equ и всех полученных к настоящему времени данных о параметрах магнитного поля химически пекулярных звезд привел к нескольким интересным выводам, основные из которых следующие. Непараллельность осей вращения и диполя γ Equ и у других исследованных нами ранее медленно вращающихся магнитных звезд является одним из признаков отсутствия торможения СР-звезд на стадиях эволюции "до ГП" с участием магнитного поля. Оси диполей магнитного поля у медленных ротаторов направлены относительно осей вращения произвольно. Значительная фотометрическая переменность исследованных СР-звезд тоже свидетельствует против близости осей. Известное отсутствие достаточно сильных магнитных полей у звезд Ae/Be Хербига также создает трудности гипотезе "магнитного" торможения на стадиях эволюции "до Главной последовательности". Обратная зависимость среднего поверхностного магнитного поля B_s от периода вращения P - еще один факт, противоречащий предположению об участии магнитного поля в торможении СР-звезд. Делается предположение, что потеря момента вращения с участием магнитного поля вряд ли произошла на фазах эволюции непосредственно "до Главной последовательности", медленное вращение СР-звезд скорее всего досталось от протозвездных облаков с малым моментом вращения. Часть звезд с медленным вращением имеет конфигурацию магнитного поля центрального диполя, а часть - смещенного диполя, причем смещение может быть как в сторону положительного магнитного полюса, так и в сторону отрицательного.

1. *Введение.* В этой работе мы продолжаем единой методикой исследование конфигураций магнитных полей звезд с медленным вращением (период $P > 25^d$). Звезда γ Equ является самым медленным ($P \approx 77$ лет) ротатором из всех магнитных химически пекулярных звезд (СР). Естественно, что при рассмотрении теорий потери момента вращения эта звезда вызывает наибольший интерес. Предварительный анализ наблюдательных данных привел к нескольким возможным значениям периода вращения. Первые измерения были осуществлены Бэбкоком [1] в 1946г., последние измерения выполнены Романюком [2] в 2004г. В этом промежутке времени, около 60 лет, этой звезде уделялось исключительное внимание. Бонсак и Пилаховский [3] определили приблизительное значение периода вращения $P = 72$ года. Шольц [4] впоследствии подтвердил это значение. В работе [5] представлены два возможных значения периода вращения звезды - 77

и 110 лет. В работе [6] обсуждаются три возможных варианта: 72, 77 и 110 лет. В работе [7] приводится величина 73.45 лет, а в работе [8] дается 91.2 года. Последние 12 измерений магнитного поля, сделанные Романюком на основном звездном спектрографе 6-м телескопа в 2003г. и 2004г., лучше всего соответствуют $P=77$ лет при синусоидальном представлении фазовой зависимости эффективного магнитного поля $Be(\Phi)$. В связи с этими новыми данными мы видим, что период вращения порядка 70-80 лет наиболее вероятен. Учитывая уникальность γ Eqr была поставлена задача построить модель магнитного поля звезды, используя наш метод "магнитных зарядов" [9-11] для $P=77$ г. При таком значении P накопленные данные измерений эффективного магнитного поля охватывают 0.78 периода вращения. Опыт моделирования позволяет надеяться, что этого достаточно для получения уверенного результата. Пробные оценки при использовании других P в пределах 72-110 лет не привели к коренным изменениям структуры поля, а только к разным значениям напряженности поля на полюсах.

Задача исследования структуры магнитного поля медленно вращающихся CP-звезд заключается в выяснении того, какой механизм ответственен за то, что γ Eqr (и другие медленно вращающиеся CP-звезды) практически полностью потеряла свой момент вращения.

Благодаря своей необычности и большой яркости ($m_v = 4.66$) магнитное поле этой звезды измерялось многими авторами в разные годы. Количество измерений рекордное - около 200 среднего эффективного магнитного поля Be , измеряемое по зеемановскому расщеплению спектральных линий, и около 40 среднего поверхностного магнитного поля B_s , которое измеряется по расщеплению линий в неполяризованном спектре. Как видно, данных по среднему поверхностному полю мало. По ним нельзя построить фазовую зависимость $B_s(\Phi)$, однако учет среднего значения, при использовании нашей методики моделирования, дает возможность оценить угол наклона звезды i . Предстоит наблюдать еще несколько десятилетий, чтобы построить уверенную зависимость $B_s(\Phi)$.

2. *Модель магнитного поля.* Фазовая зависимость $Be(\Phi)$ строилась по данным работ [1-8, 12-18]. Чтобы не перегружать рисунок большим количеством точек, мы выстроили измерения всех авторов по юлианским датам и объединили последовательно 5 измерений в одно среднее значение и оценили среднюю фазу периода для них. На рис. 1а эти данные обозначены точками. За начальную фазу мы приняли первое измерение Бэбкока [1] $JD = 2432103^d.0$.

Зависимость $B_s(\Phi)$ построена по данным из [4,19-21]. Восемь измерений Романюка в 2003г. мы объединили в одно среднее значение

и 4 измерения в 2004г. объединили также в одно. 21 измерение в [18] объединены в 4 точки. Три измерения [21], а также три измерения в [4] объединены в каждом случае в одно среднее значение. Как видно из рис.1б, точек недостаточно для получения зависимости с фазой периода вращения, поэтому результаты моделирования следует оценивать как первое приближение.

Меняя положение положительного и отрицательного заряда по широте δ и долготе λ , а также меняя угол наклона звезды i к лучу зрения и предполагая диполь в центре звезды, вычислялись B_e и B_s

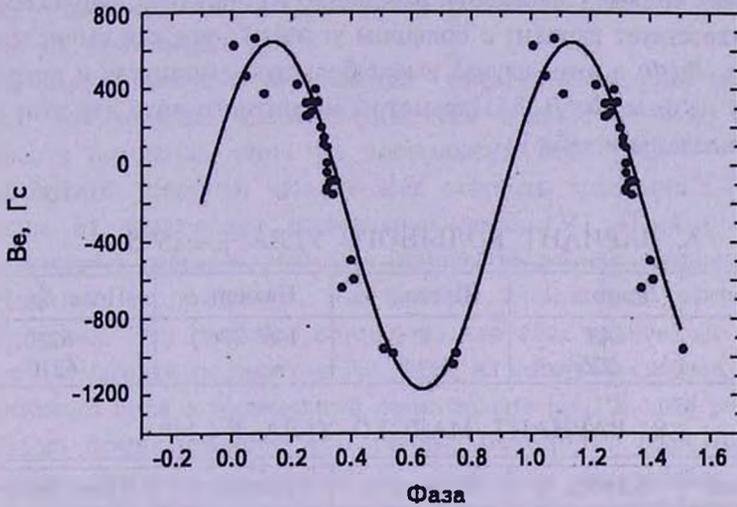


Рис.1а. Зависимость среднего эффективного магнитного поля B_e от фазы периода вращения Φ . Точки - наблюдения, сплошная кривая - модельная зависимость.

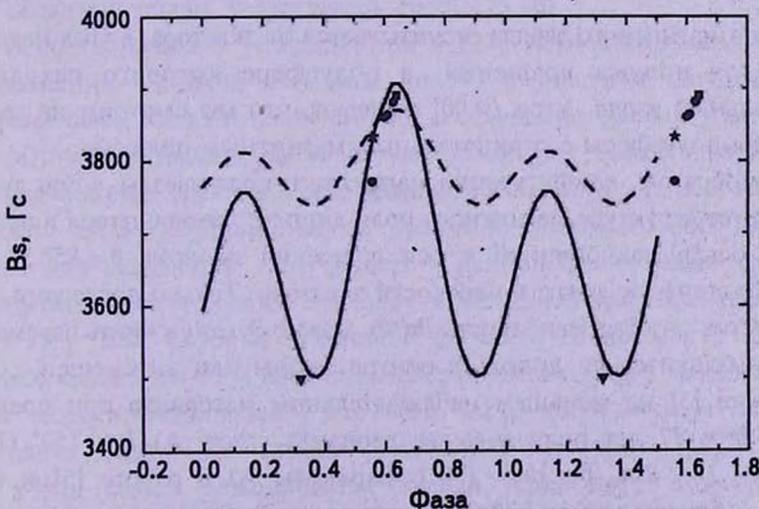


Рис.1б. Зависимость среднего поверхностного магнитного поля B_s от фазы периода вращения Φ . Сплошная кривая - вариант с большим углом β , штриховая - с малым углом β .

в разных фазах периода вращения. В первую очередь добились совпадения вычисленной и наблюдаемой зависимости $V_e(\Phi)$, а также среднего значения вычисленного и наблюдаемого значения V_s . Эта процедура дала возможность оценить угол наклона i . Как показано в работе [22], метод распределения магнитных зарядов приводит к двум решениям с разными углами β между осью вращения и осью диполя, большим и малым. Наилучшие результаты, полученные методом наименьших квадратов, показаны на рис. 1а и б сплошной линией для случая малого угла β и штриховой линией для большого угла β (решения выполнены так, что на рис. 1а в обоих случаях кривые совпадают). Как видно из рисунков, наблюдениям лучше соответствует вариант с большим углом β , так как вычисленная зависимость $V_s(\Phi)$ в этом случае имеет большую амплитуду и проходит через точку на фазе $\Phi = 0.32$. Параметры магнитного поля для этих двух случаев приведены в табл. 1.

Таблица 1

А. ВАРИАНТ БОЛЬШОГО УГЛА $\beta = 85^\circ.5$

Знак заряда	Долгота λ	Широта δ	Наклон i	Поле V_p , Гс
+	45°	4°.5	146° (34°)	+6210
-	225	-4.5		-6210

В. ВАРИАНТ МАЛОГО УГЛА $\beta = 18^\circ$

Знак заряда	Долгота λ	Широта δ	Наклон i	Поле V_p , Гс
+	45°	72°	93° (87°)	+6020
-	225	-72		-6020

Широта магнитного заряда отсчитывается от экватора, а угол наклона звезды i от полюса вращения, в полусфере которого находится положительный заряд. Угол $i > 90^\circ$ означает, что мы смотрим на звезду со стороны полусферы с отрицательным магнитным полюсом.

Таким образом, конфигурация магнитного поля звезды γ Equ лучше соответствует структуре магнитного поля диполя, находящегося в центре звезды с осью, наклоненной к оси вращения на угол $\beta = 85^\circ.5$, т.е. диполь практически лежит в плоскости экватора. Только после того, как будет известна фазовая зависимость $V_s(\Phi)$, можно будет уточнить параметры и узнать, находится ли диполь в центре звезды или он смещен.

В работе [5] на меньшем наблюдательном материале при предположении $P = 77$ лет получены два варианта углов: А) $i = 150^\circ$ (30°), $\beta = 80^\circ$; В) $i = 80^\circ$, $\beta = 150^\circ$ (30°). Варианты А) в работе [5] и наш достаточно близки между собой, а варианты В) различаются довольно

сильно по углу β . Очевидно влияние различий методик вычисления.

3. *Обсуждение.* Интересно теперь посмотреть как вписываются результаты моделирования γ Eqr в те, которые получены нами ранее по исследованию медленно вращающихся СР-звезд.

Существует ряд трудностей объяснения медленного вращения СР-звезд. По нашему мнению, имеются две основные гипотезы:

- 1) потеря момента вращения с участием магнитного поля произошла на фазах эволюции "до Главной последовательности";
- 2) малый момент вращения достался с самого начала рождения звезд. (Заметим, что на Главной последовательности торможение СР-звезд не происходит [23]).

В пользу гипотезы торможения имеется следующее свойство СР-звезд: чем меньше масса звезды, тем больше отличие их средней скорости вращения $v \sin i$ от нормальных звезд [24].

С другой стороны, чем меньше скорость вращения СР-звезд, тем больше их доля среди нормальных звезд [24]. Последнее свойство соответствует гипотезе, что чем меньше начальная скорость вращения звезды при ее рождении, тем больше вероятность стать химически пекулярной. Это свойство одинаково для всех химически пекулярных звезд - с магнитным полем и без поля, из которого следует, что участие магнитного поля в торможении сомнительно [24]. В этой работе высказывалось предположение, что причину медленного вращения СР-звезд (а также причину разделения на химически пекулярные магнитные, химически пекулярные немагнитные и нормальные) следует искать в самых начальных фазах формирования, потому что звезды Ae/Be Хербига не обладают полем достаточной силы [25,26].

В соответствии с утверждением в [27], весьма серьезным условием торможения СР-звезд в период до ГП с участием магнитного поля должна быть близость осей диполя и вращения (малые углы β между ними), т.к. только в таком случае возникают условия, при которых потеря момента вращения эффективна. Кроме того, степень торможения должна быть пропорциональна величине поверхностного магнитного поля. Для выяснения этих свойств в данной серии работ исследованы магнитные конфигурации нескольких медленно вращающихся СР-звезд ($P > 25^d$), для которых известны фазовые зависимости изменения эффективного $B_e(\Phi)$ и среднего поверхностного $B_s(\Phi)$ магнитного поля. Для моделирования мы для всех звезд использовали одинаковую методику "магнитных зарядов", разработанную нами [11,28,29].

γ Eqr самая замедленная звезда, следовательно требования совпадения оси диполя с осью вращения, а также максимального поверхностного поля должны соблюдаться в первую очередь. В работе [6]

мы уже строили модель магнитного поля на основе дипольно-квадрупольного приближения. Однако такая модель приводит к сильно искаженному распределению магнитного поля по поверхности, поэтому моделирование проводилось методом последовательных приближений путем последовательного усложнения конфигураций из магнитных монополей, которое для большинства исследованных нами ранее звезд приводит к моделям центрального или смещенного диполя. Особо отметим, что для небольшого числа звезд с очень сложной структурой магнитного поля такая методика приводит лишь к приближенным результатам, но таких звезд мало.

Для выяснения, выполняется ли требование параллельности оси вращения и оси диполя, в нашей серии работ [22,30,31] исследованы магнитные конфигурации нескольких медленно вращающихся СР-звезд ($P > 25^d$), для которых известны фазовые зависимости изменения эффективного B_e и среднего поверхностного B_s магнитного поля. В табл.2 дана сводка наших результатов моделирования медленных ротаторов, которая показывает, что они имеют любую ориентацию магнитного диполя относительно оси вращения, т.е. нет преобладания

Таблица 2

СВОДКА РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ МЕДЛЕННЫХ СР-РОТАТОРОВ

Звезда	i	β	Δr	B_p , Гс	Литература
2453	14°	80°	0.00	±6560	[22]
12288	24	66	0.00	±13400	[22]
201601	34	85.5	0.00:	±6210	эта работа
116458	75	12	0.07	+9510 -6220	[30]
126515	22	86	0.24	-45800 +11100	[30]
187474	86	24	0.10	+18500 -11420	[31]
200311	30	86	0.08	+1850 -11420	[22]
Среднее	41°	63°			

Замечания к таблице:

i - угол наклона звезды к лучу зрения, β - угол между осью диполя и осью вращения, Δr - величина смещения диполя от центра звезды (доли радиуса), B_p - величина магнитного поля на полюсах.

малых углов β , которые предсказывал Стемпень [27] для случая "магнитного" торможения (в таблице Δr - смещение диполя из центра звезды в единицах радиуса, B_p - магнитное поле на магнитных полюсах). Оказалось, что структура магнитного поля у двух первых из исследованных звезд и γ Eri лучше всего описывается моделью центрального диполя, четыре из них имеют заметное смещение диполя из центра на величину Δr вдоль оси диполя, причем смещение может быть как в сторону положительного знака, так и в сторону отрицательного, т.е. магнитное поле часто несимметрично относительно магнитного экватора. Физика этого явления пока непонятна. Углы β между осью вращения и осью диполя во всех случаях оказались значительными, кроме HD2453. Из литературных данных известно, что величина фотометрической переменности изученных звезд ΔV довольно велика, хотя в случае малых β переменность должна быть практически незаметной вследствие симметричного распределения аномалий относительно оси вращения. Кроме непараллельности осей существует еще

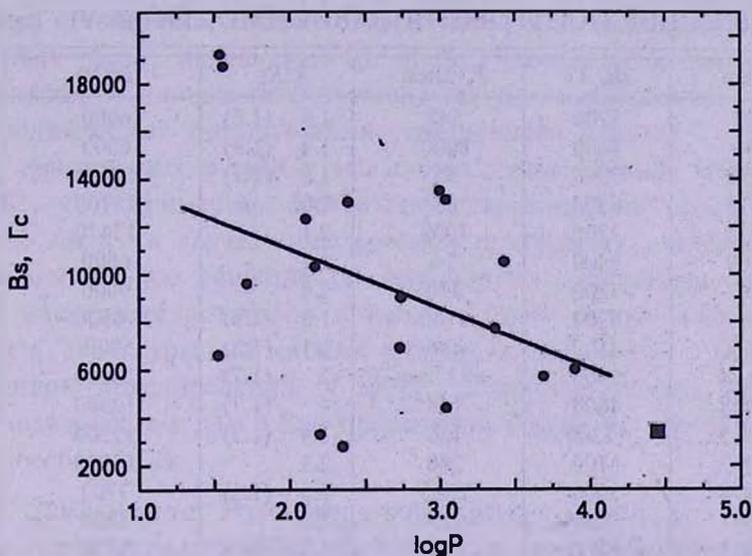


Рис.2. Зависимость величины среднего поверхностного поля звезд от их периода вращения.

один довод против "магнитного" торможения СР-звезд. Он состоит в том, что зависимость среднего поверхностного магнитного поля медленных ротаторов от периода вращения, по-видимому, обратна ожидаемой (рис.2). Прямая регрессии на рисунке описывается формулой $B_s = (16526 \pm 3426) + (-2710 \pm 1220) \cdot \log P$. Квадратом отмечено положение γ Eri, из чего следует, что самая замедленная звезда имеет относительно скромное значение магнитного поля. Приведенные факты показывают, что магнитное поле вряд ли участвовало в торможении звезд с большими периодами вращения. Третье обстоятельство, создающее трудность гипотезы "магнитного"

торможения, состоит в том, что у звезд Ae/Be Хербига, находящихся на стадии эволюции "до Главной последовательности", не найдено достаточно сильных магнитных полей [25,26]. При расчетах потери момента вращения обычно задают поле в несколько тысяч Гаусс.

Необходимо сделать несколько замечаний по поводу построения рис.2. Нас интересует зависимость величины магнитного поля B_s от периода вращения P . Но известно, что по мере эволюционного продвижения звезд поперек полосы Главной последовательности среднее поверхностное магнитное поле уменьшается обратно пропорционально кубу относительного радиуса R/R_z [32] (R_z - радиус звезды на линии нулевого возраста Главной последовательности). Это показывает, что положение звезды на графике $B_s(P)$ будет искажаться зависимостью от положения звезды внутри полосы Главной последовательности, т.е. от возраста. Чтобы освободить искомую зависимость от возраста величины B_s мы привели к одному положению

Таблица 3

ДАННЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ $B_s(V) - \log P$

Звезда	B_s , Гс	P , дней	R/R_z	$B_s(V)$
2453	3700	547	1.6 (1.6)	6900
9996	4800	8000	1.4 (1.4)	6000
12288	7900	35	1.8 (1.7)	19200
55719	6500	36	1.85 -	18700
59435	3200	1000	2.1 -	13470
81009	8400	34	1.2 -	6600
93507	7200	550	1.4 -	9000
94660	6200	2700	1.6 (1.5)	10500
110066	4100	4900	1.1 (1.8)	5700:
116114	5900	>>3 лет	- (1.7)	13100
116458	4600	148	- (1.7)	10300
126515	12300	130	1.3 (1.3)	12300
134212	3100	248	2.1 -	13000
187474	5000	2345	1.5 (1.5)	7700
188041	3600	224	1.2 -	2800
200311	8600	52	1.35 -	9600
201601	3800	28100	1.2 (1.3)	3370
221568	1800	159	1.6 -	3300
216008	5600	>>3 лет	1.2 -	4400

на Главной последовательности - к V классу светимости, где $R/R_z = 1.3$. В табл.3 приведены в последнем столбце соответствующие данные. В таблице $B_s(V)$ это величина среднего поверхностного магнитного поля звезд на последовательности, соответствующей V классу светимости. Параметры R/R_z взяты из работы [33] для всех звезд, кроме HD59435, 93507, 116458. Для них по той же методике были определены эффективные температуры (8600, 10100, 10100). Абсолютные болометрические величины $M_b = -0.3$,

-0.3 для первых двух звезд выведены из M_v , приведенных в работе [37]. Для последней звезды $M_b = -0.8$, полученной из параметра β , от которых затем мы перешли к параметрам R/R_z . Эти данные приведены в столбце R/R_z в табл.3, в скобках приведены данные, вычисленные по $\log g$ из работы [38] по формуле

$$\log(R/R_z) = \frac{1}{2}(\log g_{zams} - \log g).$$

Из табл.2 видно, что у некоторых звезд диполь смещен вдоль оси на значительную величину до $\Delta r = 0.24$ радиуса звезды, что кажется весьма примечательным. У некоторых звезд отличие структуры магнитного поля от дипольного значительно [30]. Влияние асимметрии хорошо заметно у некоторых звезд с аномальной интенсивностью линий гелия. Такие звезды (например, HD21699 [34]) имеют вокруг одного магнитного полюса избыток гелия, а вокруг другого - недостаток. Поскольку оба эти свойства связаны с силой ветра [35], а ветер, несомненно, связан с силой магнитного поля [36], то оно для гелиевых звезд, независимо от наших результатов, указывает на неодинаковую напряженность поля на противоположных полюсах, т.е. подтверждает предположение смещенного диполя.

У приведенных в табл.2 "медленных" звезд среднее значение угла $\beta = 63^\circ$, что, примерно, соответствует среднему значению, которое должно быть в случае произвольной ориентации диполей.

Окончательное решение об особенностях структуры магнитного поля медленных ротаторов возможно будет после сравнительного анализа структуры магнитных полей, полученных с одинаковой методикой моделирования, у звезд с быстрым осевым вращением. Необходимо также для γ Eqr продолжить измерения магнитного поля V_e и особенно V_s .

4. *Заключение.* Изучение конфигурации магнитного поля γ Eqr продолжает серию работ, посвященных исследованию медленно вращающихся магнитных звезд (табл.2), особенно проблемы потери момента вращения. Основные выводы, сделанные на основании результатов этой серии исследований следующие:

1) Оси вращения и диполя у γ Eqr и других медленно вращающихся магнитных звезд как правило непараллельны, что является одним из признаков отсутствия торможения на стадиях эволюции "до Главной последовательности", в соответствии с требованием Стемпиена [27].

2) Дополнительно к сказанному в разделе 1, отсутствие достаточно сильных магнитных полей у звезд Ae/Be Хербига [1,8] также создает трудности гипотезе "магнитного" торможения на стадиях эволюции "до Главной последовательности", поэтому можно предположить, что

медленное вращение CP-звезд скорее всего досталось от протозвездных облаков с малым моментом вращения.

3) Известная значительная фотометрическая переменность исследованных CP-звезд тоже свидетельствует против близости осей, потому что области химических аномалий, вызывающих переменность блеска, оказались бы вблизи осей вращения.

4) Обратная зависимость $B_s(P)$ на рис.2 противоречит предположению об участии магнитного поля в торможении CP-звезд "до Главной последовательности", а должно быть чем сильнее поле, тем сильнее торможение.

5) Как видно из табл.2, часть звезд с медленным вращением имеет конфигурацию магнитного поля центрального диполя, а часть - смещенного диполя, причем смещение может быть как в сторону положительного магнитного полюса, так и в сторону отрицательного. Физика этого явления пока непонятна.

6) Имеющиеся в настоящее время измерения не позволяют установить точно, конфигурация магнитного поля γ Equ соответствует модели центрального или смещенного диполя. Для установления этого свойства крайне необходимо продолжить измерения магнитного поля у γ Equ, особенно B_s .

Авторы благодарят И.И.Романюка за предоставление неопубликованных измерений.

¹ Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
Россия, e-mail: glagol@sao.ru

² D-14471, Potsdam, Gontardstr 130, Germany

MODELS OF A MAGNETIC FIELD SLOWLY ROTATED CP STARS. γ Equ = HD201601

Yu.V.GLAGOLEVSKI¹, E.GERTH²

On the base of magnetic field measurements of the extremely slow rotator γ Equ collected during all the years a magnetic field model has been constructed by the method of magnetic charges. Analysis of γ Equ and all the data on parameters of the magnetic field of chemically peculiar stars obtained by the present time resulted in some interesting conclusions the basic of which are as follows: the fact that the rotational and dipole axes in γ Equ

and other CP stars which we studied earlier are not parallel is one of the indicators of the absence of braking at an early stage evolution with the magnetic field involved. The dipole axes of the magnetic field in slow rotators are oriented arbitrary with respect to the rotational axes. The considerable photometric variability of the investigated CP stars is also evidence against the assumption of parallelism of the axes. The well-known absence of sufficiently strong magnetic fields in Herbig Ae/Be stars also presents difficulties for the hypothesis of "magnetic braking" at the "pre-main-sequence" stage of evolution. The inverse relation between the average surface magnetic field B_s and the period of rotation P is another fact that contradicting the assumption that the magnetic field is involved in the braking of CP stars. We believe that the loss of the rotation moment due to the magnetic field could hardly occur at phases of evolution immediately "before the main sequence"; the slow rotation of CP stars is most likely resulted from protostellar clouds having a small rotation moment. Part of slow CP stars rotators have the magnetic field structure of a central dipole and part of them have that of a displaced dipole, the displacement can be both towards the positive and negative monopoles.

Key words: *stars:magnetic fields - individual: γ Equ*

ЛИТЕРАТУРА

1. *H.W.Babcock*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **3**, 141, 1958.
2. *И.И.Романюк*, (частное сообщение) 2005.
3. *W.K.Bonsack, C.A.Pilachowski*, *Astrophys. J.*, **190**, 194, 1974.
4. *G.Scholz*, *Astron. Nachr.*, №300, 213, 1979.
5. *J.L.Leroy, S.Bagnulo, M.Landolfi, E.Landi Degl'Innocenti*, *Astron. Astrophys.*, **284**, 174, 1994.
6. *G.Scholz, G.Hildebrandt, H.Lehman, Yu.V.Glagolevskij*, *Astron. Astrophys.*, **325**, 529, 1997.
7. *V.D.Bychkov, V.G.Schtol*, in: *Stellar Magnetic Fields*, Eds. *Yu.V.Glagolevskij, I.I.Romanyuk*, Moscow, 1997, p.200.
8. *В.Д.Бычков, Л.В.Бычкова, Ю.Мадей, А.Н.Саркисян*, *Тр. ГАИШ*, **78**, 76, 2005.
9. *E.Gerth, Yu.V.Glagolevskij*, in: *Magnetic Fields of Chemically Peculiar and Related Stars*, Eds. *Yu.V.Glagolevskij, I.I.Romanyuk*, Moscow, 2000, p.151.
10. *E.Gerth, Yu.V.Glagolevskij*, *Bull. Spec. Astrophys. Observ.*, **56**, 25, 2004.
11. *E.Gerth, Yu.V.Glagolevskij*, in: *Magnetic Stars*, Eds. *Yu.V.Glagolevskij, I.I.Romanyuk*, Nizhnij Arkhyz, 2004, p.152.
12. *E.F.Borra, J.D.Landstreet*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **42**, 422, 1980.

13. *D.N.Brown, J.D.Landstreet*, *Astrophys. J.*, **246**, 899, 1981.
14. *G.Scholz*, *Astron. Nachr.*, №292, **281**, 1971.
15. *G.Scholz*, *Astron. Nachr.*, №296, **31**, 1975.
16. *J.Zverko, V.D.Bychkov, J.Ziznovsky, L.Hric*, *Contr. Astron. Observ. Skalnaté Pleso*, **18**, 71, 1989.
17. *G.Mathys*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **89**, 121, 1991.
18. *G.Mathys, S.Hubrig*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **124**, 475, 1997.
19. *G.A.Chountonov*, in: *Stellar Magnetic Fields*, Eds. *Yu.V.Glagolevskij, I.I.Romanyuk*, Moscow, 1997, p.203.
20. *G.Mathys, S.Hubrig, J.D.Landstreet, T.Lanz, J.Manfroid*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **123**, 353, 1997.
21. *G.Mathys, N.Lanz*, *Astron. Astrophys.*, **256**, 169, 1992.
22. *Yu.V.Glagolevskij, E.Gerth*, *Bull. Spec. Astrophys. Observ.*, **58**, 31, 2004.
23. *Ю.В.ГлазOLEВСКИЙ*, *Астрофизика*, **48**, 229, 2005.
24. *Yu.V.Glagolevskij, E.Gerth*, *Bull. Spec. Astrophys. Observ.*, **55**, 38, 2003.
25. *Yu.V.Glagolevskij, G.A.Chountonov*, *Bull. Spec. Astrophys. Observ.*, **45**, 105, 1998.
26. *G.A.Wade, D.Drouin, S.Bagnulo et al.*, *Astron. Astrophys.*, **442**, L31, 2005.
27. *K.Stepien*, *Astron. Astrophys.*, **353**, 227, 2000.
28. *E.Gerth, Yu.V.Glagolevskij, G.Scholz*, in: *Stellar Magnetic Fields*, Eds. *Yu.V.Glagolevskij, I.I.Romanyuk*, Moscow, 1997, p.67.
29. *E.Gerth, Yu.V.Glagolevskij*, *Bull. Spec. Astrophys. Observ.*, **56**, 25, 2003.
30. *Ю.В.ГлазOLEВСКИЙ*, *Астрон. ж.*, **82**, No12, 2005.
31. *Ю.В.ГлазOLEВСКИЙ*, *Астрофизика*, **48**, 575, 2005.
32. *Yu.V.Glagolevskij, E.Gerth*, *Bull. Spec. Astrophys. Observ.*, **58**, 317, 2004.
33. *Yu.V.Glagolevskij*, *Bull. Spec. Astrophys. Observ.*, **53**, 33, 2002.
34. *I.K.Stateva*, *Astrophys. Space. Sci.*, **226**, 329, 1995.
35. *S.Vauclair*, *Astron. Astrophys.*, **45**, 233, 1975.
36. *L.Mestel*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **138**, 359, 1968.
37. *A.E.Gomez, X.Luri, S.Granier et al.*, *Astron. Astrophys.*, **336**, 953, 1998.
38. *S.Hubrig, P.North, G.Mathys*, *Astrophys. J.*, **539**, 352, 2000.