

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ СР-ЗВЕЗДЫ 21 Per

В. Г. Елькин, Ю. В. Глаголевский, И. И. Романюк

По зеемановским спектрограммам, полученным на 6-м телескопе с обратной дисперсией $9 \text{ \AA}/\text{мм}$, измерены эффективные значения магнитного поля B_e звезды 21 Per в разных фазах периода вращения. Синусоида, построенная способом наименьших квадратов по этим данным, показывает изменения B_e от -150 до $+280$ Гс.

Аналогичная синусоида, построенная по результатам Бэбкока, показала изменения поля от -1270 до $+1350$ Гс. Измерения Престона демонстрируют отсутствие заметного поля вообще. Анализ всех имеющихся данных показал, что, вероятно, имеются вековые изменения поля у этой звезды с возможным периодом порядка $40-50$ лет.

An effective field B_e of 21 Per is measured in different phases of rotation period using the Zeeman spectrograms obtained on the 6-meter telescope with a reciprocal dispersion of $9 \text{ \AA}/\text{mm}$. A sinusoid plotted from these data using the least squares method shows variations of B_e from -150 up to $+280$ Gs. The identical sinusoid plotted using the results reported by Babcock shows the field variations from -1270 up to $+1350$ Gs. Measurements made by Preston show the lack of the field in general. The analysis of all the available data showed that there are probably secular variations of the field for this star with a possible period of the order of $40-50$ years.

Химически пекулярная звезда HD 18296-21 Per — одна из типичных звезд позднего типа с сильными магнитными полями. Престон [1] впервые детально исследовал лучевые скорости этой звезды и обнаружил, что в ее атмосфере наблюдаются области с повышенной концентрацией ряда химических элементов, особенно стронция, хрома и европия. Он нашел также, что период фотометрических изменений $P=2^{\text{д}}88$ совпадает с периодом спектральных изменений. Позднее на основе спектров, полученных на 2.6-м телескопе Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, было уточнено распределение ряда химических элементов по поверхности звезды [2, 3]. Бэбкок по зеемановским спектрограммам с обратной линейной дисперсией $4.5 \text{ \AA}/\text{мм}$ нашел магнитное поле [4], изменяющееся в пределах от -1270 до $+1350$ Гс (максимальные измеренные значения). Фотометрический период не был известен Бэбкоку, а только лишь по магнитным измерениям найти период вращения не представлялось возможным, поэтому он не пытался построить обычную кривую изменения магнитного поля с фазой.

Позднее Престон [1] сделал ряд изменений магнитного поля по зеемановским спектрограммам с дисперсией $4 \text{ \AA}/\text{мм}$, однако не получил заметного поля. Случай, когда в спектре наблюдаются сильные химические аномалии, но отсутствует магнитное поле, является уникальным. Поэтому мы решили дополнительно исследовать звезду 21 Per на предмет поиска магнитного поля, к тому же проблема взаимосвязи химических аномалий и магнитного поля является одной из важнейших для понимания феномена СР-звезд.

Звезда 21 Per была включена в программу исследований звездного магнетизма на 6-м телескопе САО АН СССР. Наблюдательный материал был получен с ахроматическим анализатором в 1980—1984 гг. на 2-й камере Основного звездного спектрографа с обратной дисперсией $9 \text{ \AA}/\text{мм}$; всего было получено 24 спектрограммы. Из-за быстрого вращения ($v \sin i=25$ км/с) звезда имеет широкие спектральные линии — около 0.4 \AA , поэтому измерения зеемановских спектрограмм затруднены. Для большей точности определений поля в некоторых фазах периода было получено по две спектрограммы, а общее количество спектрограмм было приблизительно вдвое больше, чем у Бэбкока и у Престона.

Результаты измерений поля B_e приведены в табл. 1. Для повышения надежности проведения кривой изменения магнитного поля величины B_e были усреднены методом скользящего среднего по трем точкам, эти данные представлены в табл. 1. Здесь в колонках последовательно даны: фаза периода, вычисленная

ТАБЛИЦА 1

Фаза	B_e , Гс	$+\sigma$, Гс	Фаза	B_e , Гс	$+\sigma$, Гс
0.00	+310	450	0.65	+110	100
0.23	+10	230	0.75	+220	100
0.32	-90	210	0.94	+210	110
0.40	-160	250	0.96	+270	120
0.62	+80	130			

на основании эфемериды [1]: $JD = 2439837^d.7 + 2^d.88422E$, величина эффективного магнитного поля B_e и его ошибка σ . Величины B_e в зависимости от фазы периода приведены на рис. 1, e.

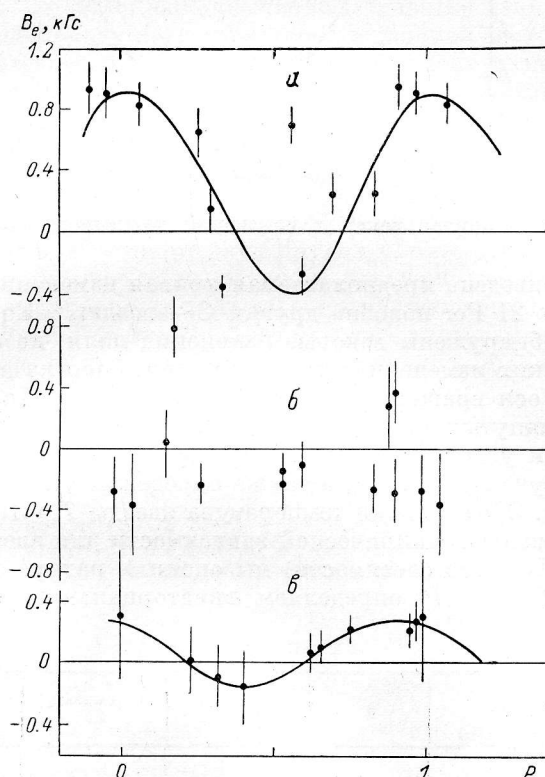


Рис. 1. Зависимость магнитного поля B_e от фазы периода звезды 21 Рег.

a — данные Бэбкока, б — Престона, e — наши.

Кривая изменения магнитного поля на рис. 1, e проведена способом наименьших квадратов, исходя из формулы синусоиды

$$B_e = B_A \cdot \sin(2\pi(P - P_0)) + B_0,$$

где P — фаза периода; P_0 — сдвиг фазы; B_A — полуамплитуда изменений магнитного поля; B_0 — сдвиг синусоиды по оси ординат.

Хорошо видно, что синусоида имеет максимум на $P=0.9$ и 0.4 с экстремальными значениями, равными -150 и $+280$ Гс. Совпадение экстремумов магнитной и фотометрической [1] кривых подтверждает реальность изменений магнитного поля. Таким образом, отрицательный результат Престона противоречит

нашему результату. Данные Престона представлены на рис. 1, б, из которого действительно трудно вынести суждение о наличии магнитного поля. Среднее арифметическое значение поля по этим данным $B_e = -38 \pm 100$ Гс.

Данные Бэбкока тоже были усреднены тем же способом и отложены на рис. 1, а, где по полученным значениям B_e проведена синусоида, однако без учета точки на $P=0.56$. Синусоида имеет экстремальные значения приблизительно на тех же фазах, но амплитуда изменений поля значительно больше: от -400 до $+900$ Гс. Таким образом, можно сделать вывод, что в 1953—1954 гг. 21 Per имела переменное магнитное поле со значительной амплитудой, в 1966—1967 гг. поле не было обнаружено, наши измерения в 1980—1984 гг. снова показали его наличие, но с меньшей, чем у Бэбкока, амплитудой переменности. Это приводит к предположению о существовании вековых изменений поля у 21 Per. Если предположить, что период имеет порядок того времени, в течение которого проводились все указанные измерения, то он будет примерно равен 40—50 го-

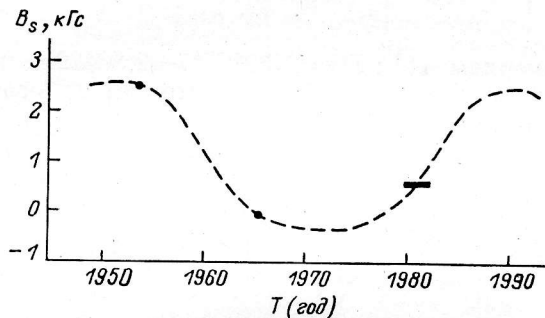


Рис. 2. Возможная кривая вековых изменений магнитного поля звезды 21 Per.

дам. На рис. 2 приведена предполагаемая кривая изменения B_s . Если это действительно так, то 21 Per подобна другим CP-звездам γ Eri и 53 Cam [5, 6], у которых тоже обнаружены вековые изменения поля, не связанные с вращением. Причина таких изменений не вполне ясна, одно из возможных объяснений — прецессия оси вращения магнитной звезды в двойной системе. Однако в отличие от упомянутых звезд сведения о двойственности 21 Per отсутствуют.

Сделаем оценки углов наклона оси вращения к лучу зрения во всех трех случаях, когда изучалась звезда, а также определим углы наклона оси диполя к оси вращения β . Эффективная температура звезды $T_e = 10570$ К [7]. По этой температуре с помощью эмпирической зависимости для звезд главной последовательности [8] (V класс светимости) мы оценили радиус звезды $R/R_\odot = 2.55$. По формуле $v = 50.6 |R/P|$ определяем экваториальную скорость вращения

ТАБЛИЦА 2

Источник	β	r	B_e (макс), Гс	B_s , Гс
Бэбкок [2]	75°	-0.44	900	2480
Наши измерения	79°	-0.54	280	820

$v = 45$ км/с. Величина $v \sin i = 25$ км/с [1], поэтому $i = 34^\circ$. Параметр $r = -B_e$ (мин)/ B_e (макс), определенный по кривым изменения B_e , приведен в табл. 2. Угол β определяется по формуле

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

Величина магнитного поля на поверхности $B_s^* = 2.08 B_e$ (макс)/ $\cos(i - \beta)$ приведена в последнем столбце табл. 2. Методика проведения всех этих процедур хорошо известна. Для случая Престона наблюдаемая ситуация может возникнуть, когда $i \approx 0^\circ$ или $B_e \approx 0$ Гс.

Рассмотрим возможные причины возникновения существенных различий магнитного поля, измеренного разными авторами. Ошибка $v \sin i$ мало скажется на величине B_e , так же как и ошибка R . Это видно из табл. 3, где даны результаты вычисления B_S при предположении разумных отклонений $v \sin i$ и R от наблюдаемых значений.

ТАБЛИЦА 3

$v \sin i$, км/с	R/R_\odot	β	i	B_S , Гс	$v \sin i$, км/с	R/R_\odot	β	i	B_S , Гс
20	2.55	82°	26°	3350	25	3.00	78	28	2900
30	2.55	71	42	2140	25	2.00	68	45	2030

Изменение геометрических условий видимости звезды по отношению к наблюдателю, которое может произойти в случае прецессии (как это объясняется для звезд γ Equ и 53 Cam [5, 6]), нельзя использовать, так как для этого требуется, чтобы угол i изменялся от 34 до 0°. В этих случаях параметр $v \sin i$ тоже должен меняться от 25 км/с, однако наблюдательные данные противоречат этому условию. Вторым доводом против прецессии в двойной системе состоит в том, что средние значения лучевой скорости 21 Per, вычисленные нами на основании данных [1, 2], в пределах ошибок оказываются одинаковыми:

$$v_r = 8.92 \pm 0.32 \text{ км/с [1];}$$

$$v_r = 8.68 \pm 0.38 \text{ км/с [2].}$$

Из этого примера можно сделать вывод об отсутствии данных об орбитальных движениях 21 Per в отличие от двух других упомянутых звезд, у которых лучевые скорости меняются. Таким образом, остается только одно предположение: измеряется эффективное значение поверхностного магнитного поля вследствие изменений топологии. Необходимы дополнительные измерения магнитного поля этой звезды для окончательного решения проблемы вековых изменений ее магнитного поля.

В заключение авторы благодарят Н. Г. Гамм за помощь в вычислениях.

Литература

1. Preston G. W. The variability of 21 Per // *Astrophys. J.* 1969. 158. P. 251—260.
2. Глаголевский Ю. В., Козлова К. И., Полосухина Н. С. Спектрофотометрическое исследование магнитно-переменной звезды 21 Per. I. // *Астрофизика*. 1974. 10. С. 517—533.
3. Спектрофотометрическое исследование магнитно-переменной звезды 21 Per. II / Ю. В. Глаголевский, К. И. Козлова, В. С. Лебедев, Н. С. Полосухина // *Астрофизика*. 1976. 12. С. 631—639.
4. Babcock H. W. A catalog of magnetic stars // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1958. 30. P. 141—210.
5. Schörlz G. Magnetic field observations of the Ap star γ Equ // *Astron. Nachr.* 1979. 300. S. 213—217.
6. Schörlz G. The Binary Nature of the Ap Star 53 Cam // *Astron. Nachr.* 1978. 299. S. 305—309.
7. Глаголевский Ю. В., Чунакова Н. М. Об эффективных температурах химически peculiar звезд // *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*. 1986. 22. С. 39—57.
8. Straizis V., Kurilienne G. Fundamental stellar parameters derived from the evolutionary tracks // *Astrophys. and Sp. Sci.* 1981. 80. P. 353—368.

Поступила в редакцию
10 марта 1986 г.