

## ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДНИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ Ап-ЗВЕЗД

Ю. В. Глаголевский, В. Д. Бычков, И. И. Романюк, Н. М. Чумакова

Продолжены измерения магнитных полей звезд, у которых на основе данных женеvской фотометрии предсказывается наиболее сильное магнитное поле на поверхности —  $H_s$  (список Крамера и Мидера). В предположении дипольной конфигурации магнитного поля звезд на основе наших измерений продольного поля  $H_e$  для нескольких звезд вычислено поле на поверхности  $H'_s$ . Во всех, кроме одного, случаях, как оказалось,  $H'_s > H_s$ , причем не заметно четкой пропорциональности между этими величинами. Наиболее сильное среднее поверхностное поле обнаружено у звезд HD 147010, HD 111133 и HD 27309. Исследование продолжается.

The measurements of the stellar magnetic fields were continued for which the strongest mean surface fields  $H_s$  have been predicted on the bases of Geneva photometric system (the list of Cramer and Maeder). The surface field  $H'_s$  was calculated on the bases of our measurements of the longitudinal field  $H_e$  in the assumption of the dipole configuration of the star field. It was found that in all cases, except one,  $H'_s > H_s$ , the clear proportionality is being unnoticed between these values. The strongest surface field was discovered in the stars HD 147010, HD 111133 and HD 27309. The investigation is being continued.

В работе [1] опубликованы первые результаты измерения магнитного поля пекулярных Ап-звезд из списка Крамера и Мидера [2]. В этой статье мы приводим очередной список звезд, у которых мы измерили продольное эффективное магнитное поле  $H_e$  по зеемановским спектрограммам с дисперсией 9 Å/мм, полученным на Основном звездном спектрографе 6-метрового телескопа (табл. 1). Методика измерений описана в работе [1].

Для лучшего представления об имеющемся в настоящее время наблюдательном материале в эту таблицу внесены данные из [1], если после опубликования этой работы проводились дополнительные наблюдения, а также из работы [3], в которой измерения проводились по линиям водорода. Некоторые наши данные тоже были получены по водородным линиям на спектрополяриметре-магнитометре [4]. Эти случаи отмечены в графе «Примечание» табл. 1, в которой также приведены предсказываемые значения среднего поверхностного магнитного поля  $H_s$ , полученные на основе женеvской многоцветной фотометрии [2].

Наиболее интересной задачей для нас является проверка правильности и универсальности зависимости  $H_s$  от параметра  $Z$  женеvской фотометрической системы. К сожалению, непосредственные изменения  $H_s$  по расщепленным зеемановским компонентам возможны только в исключительных случаях, когда  $v \sin i < 10$  км/с и  $H_s > 10$  кГс [5]. Ни одна из программных звезд этим условиям не удовлетворяет, поэтому надо искать другие пути оценки  $H_s$ .

Шварцшильд [6] дает следующую формулу для оценки магнитного поля на полюсе звезды, если предположить, что поле дипольное

$$H_p = \frac{H_e(\min, \max)}{0.316 \cos(\beta \pm i)} \quad (1)$$

где  $\beta$  — угол между осью диполя и осью вращения звезды;  $i$  — угол наклона оси вращения звезды к лучу зрения;  $H_e(\min, \max)$  — экстремальные значения продольного магнитного поля звезды. Углы  $\beta$  и  $i$  связаны между собой соотношением [7]

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1-r}{1+r} \operatorname{ctg} i, \quad (2)$$

где

$$r = \frac{H_e(\min)}{H_e(\max)}. \quad (3)$$

Угол наклона звезды к лучу зрения  $i$  обычно оценивается из определяемой по спектрам проекции скорости вращения  $v \sin i$ , где  $v$  — экваториальная скорость вращения. Она находится по формуле наклонного ротатора

$$v = \frac{50.6R}{P}, \quad (4)$$

в которой  $R$  — радиус звезды в единицах радиуса Солнца;  $P$  — период вращения звезды. Следовательно, если принять, что магнитное поле звезды носит дипольный характер, а это в первом приближении так и есть, то необходимо знать несколько параметров, чтобы найти  $H_p$ ;  $P$ ,  $R$ ,  $v$ ,  $i$ ,  $r$ ,  $H_e(\min)$ ,  $H_e(\max)$ .

В настоящее время имеется очень мало звезд с известными периодами вращения. Среди исследуемых нами звезд только 5 имеют величины  $P$  (приведенные в табл. 2).

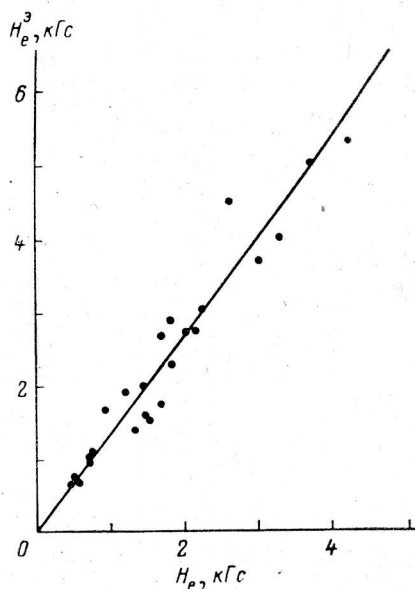


Рис. 1. Зависимость экстремальных значений магнитного поля  $H_e^3$  от среднего квадратичного отклонения всех измерений  $\bar{H}_e$ .

Экстремальные значения магнитного поля  $H_e(\min)$  и  $H_e(\max)$  оцениваются по кривым изменения магнитного поля, а в нашем случае такие кривые имеются только у звезд HD 111133 [1, 8] и HD 34452. Для HD 34452 мы построили кривую изменения поля, используя наши измерения и измерения Борра и Ландстрита [3] с эфемеридой из [9]. Для других звезд мы можем найти только вероятные значения экстремумов, пользуясь следующей методикой. На основании изученных разными авторами кривых изменения  $H_e$  находим среднее квадратическое отклонение поля от нуля, если поле знакопеременное, и от среднего значения поля  $H_e$ , если поле не меняет знака:

$$[\bar{H}_e] = \sqrt{\frac{\sum_i (H_{e_i}^2 - \sigma_i^2)}{n}}, \quad (5)$$

где  $\sigma_i$  — ошибка измерений  $H_{e_i}$ ;  $n$  — количество измерений. Величина  $\bar{H}_e$  находится отдельно для положительной и отрицательной полуволи. Экстремальные значения поля мы находим из кривых его изменения. На рис. 1 приведен график изменения  $H_e^3$  с  $H_e$ , откуда видно, что корреляция получилась достаточно хорошей. Прямая проведена способом наименьших квадратов. Таким образом,

$$\Delta H_e^3 = \bar{H}_e k + B, \quad (6)$$

где  $k = 1.35 \pm 0.09$ ;  $B = 0.32 \pm 0.16$ , а коэффициент корреляции  $c = 0.95 \pm 0.02$ , т. е. достаточно высокий.

Как уже говорилось, в том случае, если знак поля постоянный, находим среднее значение поля на основании всех измерений  $H_e^0$ , затем берем разности для каждого измеренного значения

$$\Delta H_e = H_e - H_e^0 \quad (7)$$

ТАБЛИЦА 1  
Результаты измерения магнитного поля

Звезда	J. D.	$H_e$ , Гс	$\pm\sigma$ , Гс	$H_s$	Примечание
HD 8855	2444889.475	-600	180	3500	
	889.508	+270	290		
HD 14437	2444860.541	-2280	110	4400	
	655.208	-1620	170		
	656.308	-1030	170		
	659.188	-440	170		Из [1]
	660.196	-800	140		
HD 21590	2444862.475	-120	380	3000	
	659.205	+1740	480		Из [1]
	660.217	+620	440		
HD 27309	2444860.559	-610	430	4600	Измерения по линиям водорода
	862.534	-850	250		
	893.558	-610	270		
	981.379	-1260	300		
	2442768.745	-205	175		Из [3]
HD 34452	2445071.220	+1240	610	4800	
	2444655.354	+540	700		Далее из [1]
	655.365	-790	600		
	659.329	+1370	650		
	659.335	-120	790		
	661.225	+280	400		
	661.233	+1270	380		
	712.276	-1370	630		
	712.283	-290	380		
	2442768.758	+545	140		Измерения по линиям водорода [3]
	769.805	+270	170		
	2442770.745	-70	215		
	3126.023	-600	260		
HD 103498	2444889.583	-630	160	2500	
	889.597	-40	140		
	5069.393	-140	110		
	69.410	+5	110		
	71.297	+250	190		
HD 120198	2444776.269	+780	380	1800	
	776.277	-320	340		
	777.256	-70	300		
	778.250	+560	360		
	778.275	-1350	350		
	860.179	-910	470		
	860.185	+1010	290		
	2770.058	-380	265		Измерения по линиям водорода [3]
	3648.713	-125	305		
	3649.791	+240	265		
HD 140728	2445095.505	+310	170	1500	Измерения по линиям водорода
	97.415	-1080	170		
	2443649.959	+80	275		Из [3]
HD 147010	2445044.417	-4080	170	5600	
	659.542	-4480	440		Остальные из [1]
	660.550	-3910	370		
	661.545	-4270	640		
	712.454	-2800	830		
	720.471	-4400	290		
	767.250	-1610	440		
	769.255	-3700	340		
	770.375	-3850	600		
HD 164258	2444777.273	+850	370	1400	
	778.292	-490	420		
	890.151	+1160	320		
	5096.501	+880	250		
	97.479	+290	330		
HD 192678	2444775.358	+1420	100	5000	
	777.293	+1320	90		
	778.315	+1040	110		
	779.508	+1240	110		
	860.324	+1600	90		
	860.336	+1230	80		
HD 192678	890.168	+1990	120		

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Звезда	J. D.	$H_e$ , Гс	$\pm\sigma$ , Гс	$H_s$	Примечание
HD 200177	890.184	+1350	90	3100	Из [1]
	980.164	+1750	80		
	590.116	+1640	170		
	712.450	+1100	140		
	720.433	+1680	150		
	2444779.446	-60	370		
HD 205087	779.467	-1920	320	2500	Из [1]
	860.354	+300	250		
	720.508	-1130	670		
HD 218398	2444860.401	-45	170	3600	
	890.217	-200	150		
HD 221394	2444779.486	-260	300	4100	
	2444889.255	-560	510		
HD 221394	2444860.474	-1400	500	4100	
	860.484	-1170	450		
	862.444	-1380	520		
	862.455	-1130	270		

которые и подставляем в формулу (5) отдельно для положительных и отрицательных  $H_e$ . После оценки экстремальных значений  $\bar{H}_e^2$  по формуле (6) находим

$$H_e (\max, \min) = \Delta H_e \pm \bar{H}_e^2. \quad (8)$$

По данным табл. 1 мы нашли  $H_e (\max, \min)$ , приведенные во втором столбце табл. 3. В третьем столбце помещены данные, полученные из кривых изменения

ТАБЛИЦА 2  
Периоды и скорости вращения изучаемых звезд

Звезда	P	Источник	$v \sin i$ , км/с	Источник
HD 27309	1 <sup>d</sup> 57	[10]	46	[16]
			57	[17]
			66	[18]
			47	Наша оценка
HD 30466	2.78	[11]	42	» »
			44	[16]
HD 34452	2.47	[9]	53	[17]
			62	[19]
			51	Наша оценка
			1	[8]
HD 111133	16.31	[8]	10	[5]
			20	[16]
HD 120198	1.38	[12]	57	Наша оценка
			75	[19]
HD 140728	1.30	[13]	62	[17]
			100	[16]
			56	[18]
HD 164258	2.41 ?	[14]	56	Наша оценка
			6	[5]
HD 192678	18.20	[15]	10	[19]

поля, если они есть. Видно, что вычисленные и полученные из кривых изменения  $H_e$  экстремальные значения поля довольно хорошо совпадают. Как уже упоминалось, надежные величины экстремумов поля имеют только звезды HD 111133 и HD 34452. Наибольшее поле  $H_e$  наблюдается у звезд HD 27309 и HD 147010.

Определенные трудности возникают и при оценке других параметров, необходимых для определения  $H_p$ , из-за того, что пекулярные звезды недостаточно хорошо изучены.

ТАБЛИЦА 3

Экстремальные значения магнитного поля, измеренные и вычисленные

Звезда	$H_e$ (экстр.), Гс		Число измерений	Звезда	$H_e$ (экстр.), Гс		Число измерений
	вычисленное	измеренное			вычисленное	измеренное	
HD 34452	+1000	+900	4		—	—	
	—700	—500	4	HD 111133 *	—1100	—1400	2
HD 27309	—3800	—2800	2		—200	—200	5
	—1000	—1000	3	HD 147010	—1700	—	2
HD 30466 *	+2270	—	4		—4100	—	5
HD 120198	+1000	—	3	HD 192678	+1900	+1650	3
	—1000	—	4		+1100	+1250	6
HD 164258	+1100	—	4				

\* Данные из [1].

**HD 34452.** Эффективная температура звезды известна:  $T_e=17\ 300\ \text{K}$  [20]. Необходимо найти ее радиус. Разные авторы относят магнитные звезды или к главной последовательности (V) или к звездам IV класса светимости. Поэтому в дальнейшем вычисления будем вести для этих двух случаев, пользуясь эмпирической зависимостью  $R$  от  $T_e$  из [21]. Таким путем для HD 34452 получаем

$$R = 3.4\ (V) \text{ и } R = 4.5\ (IV),$$

теперь по формуле (4) и  $v \sin i = 51\ \text{км/с}$  (среднее значение по данным табл. 2 получаем

$$i = 55^\circ\ (V) \text{ и } i = 38^\circ\ (IV)$$

и по формуле (2) имеем

$$\beta = 56^\circ\ (V) \text{ и } \beta = 70^\circ\ (IV),$$

отсюда по формуле (1)

$$H_p = 2600\ \text{Гс}\ (V) \text{ и } H_p = 3000\ \text{Гс}\ (IV).$$

Как видно, значения поля на полюсе звезды довольно близки между собой, не смотря на разную принятую светимость.

**HD 27309.** Мы определили  $T_e$  на основании показателей цвета в системе UVV, именно  $T_e=14500\ \text{K}$ . Отсюда получаем:

	V класс	IV класс
$R$	3.0	3.6
$i$	$26^\circ$	$22^\circ$
$\beta$	$43^\circ$	$48^\circ$
$H_p$ , Гс	8900	9400

В этом случае мы также убеждаемся в том, что светимость не сильно влияет на величину поля.

**HD 111133.** Данные о магнитном поле взяты из нашей работы [1]. В соответствии с данными [20]  $T_e=10300\ \text{K}$ , поэтому

	V класс	IV класс
$R$	2.5	2.9

Надежных значений  $v \sin i$  нет. В работе [5] приводится  $v \sin i=10\ \text{км/с}$ , однако в [3] представлены аргументы, что этот параметр должен быть порядка  $1\ \text{км/с}$ . Действительно, если мы попытаемся вычислить  $i$  на основании первого значения, то окажется, что  $\sin i > 1$ . Предположим, что  $v \sin i$  в результате каких-то причин завышено, и примем ближайшее возможное значение его, при котором  $i=90^\circ$ , т. е. если  $v \sin i=7.8\ \text{км/с}\ (V)$  и  $v \sin i=9\ \text{км/с}\ (IV)$ . Тогда

$$i = 90^\circ, \beta = 0^\circ, H_p = \infty.$$

Если  $v \sin i = 1$  км/с, то

	V класс	IV класс
$i$	$7^\circ$	$6^\circ$
$\beta$	$79^\circ$	$80^\circ$
$H_p, \text{Гс}$	10 000	

Действительно, первый вариант дает нереальные результаты. При том значительном поле, которое получается во втором варианте, следует учитывать расширение линий магнитным полем. Приближенно расширение можно оценить по известной формуле

$$\Delta\lambda = 9.34 \cdot 10^{-13} \lambda^2 H_s = 0.23 \text{ \AA},$$

т. е. на величину, соответствующую  $v \sin i \approx 14$  км/с. Следовательно, только за счет поля ширина линии будет равна оценке в работе [5]. Реальная величина скорости вращения должна быть где-то в пределах  $1 < v \sin i < 10$  км/с. Для оценки тенденции изменения определим  $H_p$  для промежуточного значения  $v \sin i = 5$  км/с. В этом случае для V класса светимости  $i = 40^\circ$ ,  $\beta = 39^\circ$  и  $H_p = 3300$  Гс. Это значение близко к предполагаемому. Весьма трудно с достаточной точностью определить столь малые значения  $v \sin i$ , поэтому мы попытались решить проблему другим способом. Мы измерили профили линий водорода  $H_\gamma$  и  $H_\delta$  и по ним вычислили  $T_e = 9050$  К и  $\lg g = 3.3$  способом, описанным в [22]. Согласно работе [21], по этим параметрам звезда HD 141133 соответствует II—III классам светимости и ее  $R = 6.7$ . Если это так, то используя оценку Престона  $v \sin i = 10$  км/с, получаем

$$i = 29^\circ, \beta = 50^\circ, H_p = 5000 \text{ Гс}.$$

Это значение близко к предполагаемому.

**HD 192678.** Существует несколько оценок эффективной температуры звезды:

№	$T_e, \text{К}$	Источник	Примечание
1	10350	[24]	Методом модели
2	9500	[24]	По интенсивности линии K (Ca II)
3	9000	[26]	По распределению энергии в непрерывном спектре
4	9600	[26]	По величине бальмеровского скачка

Средняя температура из всех оценок  $T_e = 9610$  К, откуда

	V класс	IV класс
$R$	2.2	2.8
$i$	$75^\circ$	$49^\circ$
$\beta$	$2^\circ$	$7^\circ$
$H_p, \text{Гс}$	18 000	7300

Следует отметить, что  $P = 18^d$  не вполне надежен [26, 27], его неточность может являться причиной слишком большого значения вычисленного поля. Если все же период правилен, то следует предположить, что эта звезда тоже имеет повышенную светимость по сравнению с главной последовательностью, так как поле 18 кГс расширило бы линии до величины, соответствующей  $v \sin i \approx 30$  км/с. Второе значение  $H_p$  следует считать ближе к действительному.

**HD 164258.** Имеются следующие оценки  $T_e$  для этой звезды:

№	$T_e, \text{К}$	Источник	Примечание
1	8900	[20]	По распределению энергии в непрерывном спектре
2	8500	[28]	По распределению энергии в непрерывном спектре
3	8000	Наша оценка	По показателям цвета UBV

Эти значения температур хорошо согласуются, указывая на их надежность. Величина  $v \sin i = 56$  км/с по нашей оценке совпадает с данными из [19]. В каталоге Бэбкока [29] приведено значение ширины линий в спектре звезды  $w \approx 1$  Å, что также подтверждает предыдущие оценки. Неуверенным является только период вращения  $P = 2^d 41$  [14].

На основании приведенных параметров углы  $i$  и  $\beta$  не удалось определить, так как для радиусов, соответствующих V и IV классам светимости,  $\sin i > 1$ . Следовательно, необходимо оценить  $R$  другим путем. Мы могли бы сначала определить  $\lg g$  по линиям водорода, как и в случае HD 111133, и затем перейти к  $R$ , но известная неопределенность калибровки для  $T < 10\,000$  К позволила оценить только порядок величины  $\lg g \approx 3$ . На основании параметров вильнюсской системы [30] мы оценили  $\lg g = 3.0$ . С помощью этого значения, а также для звезды III класса светимости получаем:

	III класс	$\lg g = 3.0$
$R$	2.9	10
$i$	$67^\circ$	$23^\circ$
$\beta$	$23^\circ$	$75^\circ$
$H_p$ , Гс	3000	4370

Мы видим, что обе величины  $H_p$  близки, несмотря на значительную неопределенность данных о светимости. Окончательная оценка будет зависеть в основном от дополнительных измерений  $H_s$ . Эту звезду следует исследовать особо, имея в виду признаки ее очень высокой светимости.

**HD 120198.** На основании работы [24]  $T_e = 10\,000$  К, поэтому получаем следующие результаты:

	V класс	IV класс
$R$	2.5	2.9
$i$	$29^\circ$	$25^\circ$
$\beta$	$90^\circ$	$90^\circ$
$H_p$ , Гс		3600

Теперь в нашем распоряжении есть несколько значений  $H_p$ , которые можно сравнить с предсказанными  $H_s$  на основе Женевской фотометрической системы. Однако следует учесть, что величина магнитного поля на полюсе  $H_p$  всегда больше, чем среднее поверхностное поле  $H_s$ . Распределение поля по поверхности однородно намагниченной сферы дается формулой

$$H = \frac{1}{2} H_p (1 + 3 \sin^2 \varphi)^{1/2}.$$

Таким образом, на экваторе  $H = (1/2)H_p$ . Из этой формулы также видно, что  $H_s = 0.667 H_p$ . На рис. 2 вычисленные нами значения  $H'_s$  и  $H_s$  из списка Крамера и Мидера сравниваются между собой. Из рисунка видно, что все звезды, кроме HD 34452, имеют  $H'_s > H_s$ , причем из нашего, пока еще небольшого наблюдательного материала не заметно какой-либо четкой зависимости между этими величинами. В то же время Крамер и Мидер в своей работе [2] приводят график зависимости  $H'_s$  от  $Z$ , пользуясь в основном данными Престона, который в пределах от 1 до 5 кГс имеет довольно небольшой разброс точек. Престон оценивал  $H_s$  в нескольких случаях по расщепленным компонентам, но в основном по ширине линий, и эти оценки выглядят вполне надежными. Если бы наши оценки  $H_p$  были бы подвержены случайным ошибкам, то мы наблюдали бы рассеяние точек на рис. 2 симметрично относительно прямой. Поэтому или наши значения имеют систематические ошибки, или здесь действует некоторый неучтенный физический фактор. Рассмотрим основные возможные причины.

Концентрация химических элементов вблизи полюсов магнитного поля часто несколько искажает кривую изменения магнитного поля, увеличивая амплитуду. Аналогичным образом кривую искажает эффект измерителя, анализируемый в работе [31]. В результате должно увеличиваться и  $H_p$ . Эти две причины полностью отсутствовали бы, если бы мы мерили поле фотометрически по линиям водорода. Это предложение можно проверить по таким данным, полученным Борра и Ландстритом [3]:

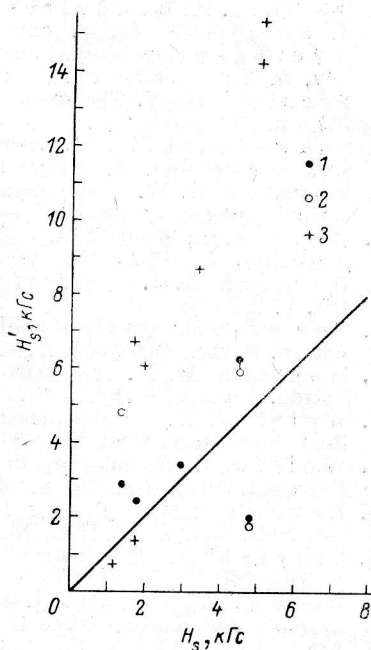
Звезда	$H_s'$ , Гс	$H_s$ , Гс	Звезда	$H_s'$ , Гс	$H_s$ , Гс
HD 32633	15 300	5100	HD 215441	14 200	5100
$\alpha^2$ CVn	6670	1800	HD 12447	1 330	1800
HD 125248	6000	2000	HD 19832	800	1200
HD 133029	8670	3500			

В этой работе \* величины  $H_p$  определены тоже на основании предположения о дипольном характере магнитного поля звезд,  $H_s$  — оценки из списка Крамера и Мидера. Совершенно ясно, что и в этом случае  $H_s' > H_s$  для всех звезд, кроме двух последних (эти звезды принадлежат к быстровращающимся Ap-звездам). Таким образом, различие  $H_s'$  и  $H_s$ , найденное на основе нашего наблюдательного материала, полученного фотографически, подтверждается данными из [3], которые получены по линиям водорода. Сделанное нами предположение о влиянии концентрации химических элементов в близкполюсной зоне не подтверждается.

Рассмотрим другие возможные причины. Наиболее сильное влияние на вычисляемые значения  $H_p$  оказывают величины  $v \sin i$  и  $R$ .

Рис. 2. Зависимость вычисленного значения среднего поверхностного магнитного поля  $H_s'$  от предсказанного  $H_s$  по многоцветной женеvской фотометрии.

1 — значения  $H_s'$  для V класса светимости; 2 — то же, для IV класса светимости; 3 — вычисления Борра и Ландстрита [3].



Первые оцениваются иногда очень ненадежно (табл. 2). На примере двух звезд рассмотрим различие  $H_p$  в зависимости от скорости вращения.

HD 27309		HD 34452	
$v \sin i$ , км/с	$H_p$ , Гс	$v \sin i$ , км/с	$H_p$ , Гс
43	8900	57	2600
57	8300	20	6700
66	8700		

Из приведенных примеров видно, что ошибка  $H_p$  может быть значительной, но совершенно ясно, что она имеет случайный характер и большого систематического сдвига дать не может. Возможна также тенденция увеличения  $v \sin i$  за счет увеличения магнитного поля, неучтенного влияния инструментального профиля и физических условий на ширину линий, однако из приведенных выше примеров видно, что расширение профиля в одних случаях увеличивает  $H_p$ , а в других уменьшает.

Таким образом, вопрос о причинах различия предсказанных значений  $H_s$  и вычисленных нами и по данным работы [3]  $H_s'$  пока остается неясным. Необходимы дальнейшие наблюдения, тщательный критический отбор используемых параметров, привлечение других моделей магнитного поля. Возможно, причина кроется в основе построения зависимости  $H_s$  ( $Z$ ) в работе [2]. К сожалению, из-за отсутствия общих звезд мы не можем оценить наши  $H_s'$  и измеренные Престоном  $H_s$ .

На основании представленного выше материала видно, что для магнитных звезд не существует еще надежной шкалы эффективных температур. Приводи-

\* В таблице даны  $H_s' = 0.667 H_p$ .



мые разными авторами небольшие списки звезд с определенными для них  $T_0$ , слишком разнородны по своей основе и методике определения. Заметна крайняя нехватка надежных оценок  $v \sin i$ . Слишком малое число звезд имеет известные периоды вращения и кривые изменения магнитного поля.

В заключение авторы благодарят В. Г. Штоля за участие в измерениях магнитного поля с «водородным» поляриметром-магнитометром [4].

#### Литература

1. Поиск звезд с сильными магнитными полями / Ю. В. Глаголевский, В. Д. Бычков, И. Х. Илиев и др. — Письма в АЖ, 1982, 8, № 1, с. 26—29.
2. Gramer N., Maeder A. Catalogue of photometric data related to surface magnetic fields for B-type stars. — *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 1980, 41, p. 111—115.
3. Borra E. F., Landstreet J. D. The magnetic fields of the Ap-stars. — *Astrophys. J. Suppl.*, 1980, 42, p. 421—455.
4. Hydrogen line magnetometer on spectrograph basis / V. D. Bychkov, N. A. Vukliev, O. Yu. Georgiev e. a. — *Сообщ. САО*, 1981, 32, с. 33—34.
5. Preston G. W. The mean surface fields of magnetic stars. — *Astrophys. J.*, 1971, 164, p. 309—315.
6. Schwarzschild M. Zeeman shifts for stellar dipoles and quadrupoles with inclined axes. — *Astrophys. J.*, 1950, 112, p. 222—223.
7. Preston G. W. A statistical investigation of the orientation of magnetic axes in the periodic magnetic variables. — *Astrophys. J.*, 1967, 150, p. 547—550.
8. Wolff S. C., Wolff R. J. The periodic variability of the peculiar A-star HD 111133. — *Astrophys. J.*, 1972, 176, p. 433—438.
9. Deutsch A. J. A study of the spectrum variables of type A. — *Astrophys. J.*, 1947, 105, p. 283—304.
10. Ten colour photometry of twelve Ap-stars / B. Musielok, D. Lange, W. Schöneich e. a. — *Astron. Nachr.*, 1980, 301, H. 2, S. 71—93.
11. Maitzen H. M. HD 30466 — A double wave photometric variable silicon star. — *Astron. and Astrophys.*, 1977, 60, L29—L30.
12. Weiss W. W. Is there a magnetic field—period relation for the hotter Ap-stars? — *Inf. Bull. Var. Stars*, 1980, No. 1841, p. 1—5.
13. Wolff S. C. The magnetic variable stars. Multiple periodic Variable stars. — *IAU Coll.*, Budapest, 1975, No. 29, p. 43—68.
14. Renson P., Manfroid J. Nouvelle recherche de periodes Ap observées a l'ESO-IV. — *Inf. Bull. Var. Stars*, 1980, No. 1755, p. 1—2.
15. Stepien K. Photometric behavior of magnetic stars. — *Astrophys. J.*, 1968, 154, p. 945—970.
16. Uesugi A., Fucuda I. A catalog of rotational velocities of the stars. — *Contr. Inst. Astroph. and Kwasan Obs.*, 1970, 154, p. 945—970.
17. Aht H., Chaffee F., Suffolk G. Rotational velocities of Ap-stars. — *Astrophys. J.*, 1972, 175, p. 779—786.
18. Wolff S. C., Preston G. W. Date B-type stars: Rotation and the incidence of Hg—Mn stars. — *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1978, 37, p. 371—392.
19. Bernassa P. L., Perinotto M. A catalogue of stellar rotational velocities. — *Contr. dell'Oss. Astroph. dell'Univ. Padova*, 1971, No. 249, p. 1—27.
20. Глаголевский Ю. В., Козлова К. И., Чунакова Н. М. Об эффективных температурах пекулярных и металлических звезд. — *Астрофиз. исслед.* (Изд. САО), 1973, 5, с. 52—69.
21. Straižys V., Kuriliene G. Fundamental stellar parameters derived from the evolutionary tracks. — *Astrophys. and Sp. Sci.*, 1981, 80, p. 353—368.
22. Bychkov V. D., Lebedev V. S. Determination of  $T_0$  and  $\lg g$  from Kurucz models. — *Сообщ. САО*, 1981, с. 22—23.
23. Adelman S. J. A study of 21 sharp-lined cool peculiar A-stars. — *Astrophys. J.*, 1973, 183, p. 95—120.
24. Floquet M. Effective temperature of Ap-stars. — *Astron. and Astrophys.*, 1981, 101, p. 176—183.
25. Adelman S. J. Spectrophotometry of peculiar B and A stars. XI. — *Astron. Astroph. Suppl. Ser.*, 1981, 44, p. 309—318.
26. Panov K. On the light variability of the magnetic star HD 192678. — *Inf. Bull. Var. Stars*, 1978, No. 1392, p. 1—2.
27. Wolff S. C., Morrison N. D. A search for Ap stars with long periods. — *PASP*, 1973, 85, No. 504, p. 141—149.
28. Babu G. S. D., Shylaja B. S. A compilation of physical parameters of Ap and Am stars as derived from energy distribution studies. — *Astrophys. and Sp. Sci.*, 1981, 79, p. 243—255.
29. Babcock H. W. Catalog of Magnetic stars. — *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1958, 30, p. 141—210.
30. Мейштадт Э., Житкявичюс В. Фотоэлектрическая фотометрия звезд Am и Ap. — *Бюл. Вильнюс. астрон. обсерв.*, 1978, № 45, с. 13—18.
31. Borra E. F. On the interpretation of the magnetic curves of the Ap stars as determined by the photographic technique. — *Astrophys. J.*, 1974, 188, p. 287—290.

Поступила в редакцию 17 ноября 1982 г.