

ПОИСК МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ЗВЕЗДАХ С АНОМАЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ ГЕЛИЯ

Ю. В. Глаголевский, Н. М. Чунакова

Представлены результаты измерения магнитных полей в 5 звездах He-weak- и одной He-rich-звезде. Присутствие поля установлено в двух He-weak-звездах Si-подкласса — HD 183339 и HD 217833 и подтверждено в He-rich звезде HD 184927.

The results of measuring of the magnetic fields in 5 helium-weak stars and one helium-rich star are presented. The fields have been detected in 2 stars of the Si spectroscopic subclass (HD 183339 and HD 217833) and confirmed in one helium-rich star (HD 184927).

За последние годы возрос интерес к звездам с аномальными линиями гелия в спектрах, которые образуют группу, являющуюся продолжением последовательности классических Ар-звезд в область более высоких температур на диаграмме HR. Борра и Ландстрит [4] обнаружили присутствие магнитного поля в 6 из 9 изученных ими звезд с усиленными линиями гелия (He-r). Наличие магнитного поля в звездах с ослабленными линиями гелия (He-w) и гелиево-переменных звездах предполагалось рядом авторов [2—3]. В отдельных звездах этого типа (3 Sco, α Cen, 33 Gem, HR 7129) его присутствие определенно установлено [4—7]. Недавно Борра и др. [8] измерили магнитные поля еще в 27 He-w-звездах, в 10 из них поле обнаружено или подтверждено. Все измерения они выполнили с помощью фотоэлектрического H_{β} -поляриметра.

Спектры He-w-звезд характеризуются сравнительно небольшим числом слабых и часто довольно широких линий, что затрудняет измерение магнитных полей в них фотографическим методом и увеличивает ошибку его определения до $\pm 400 \div 600$ Гс. Однако если величина поля достаточно велика, то его можно обнаружить и при таких ошибках измерения.

В настоящей работе приведены результаты измерения магнитных полей в спектрах 5 звезд, у которых Молнар [9] отметил ослабление линий гелия. Кроме того, в программу входила одна He-r-звезда (HD 184927). Спектрограммы получены на II камере Основного звездного спектрографа БТА (дисперсия 9 Å/мм) с ахроматическим анализатором, зеемановские смещения линий измерены на астроспидометре, сконструированном в САО. Каждая спектрограмма измерялась дважды: после первого измерения пластинка переворачивалась, второе измерение производилось через стекло. Эта процедура уменьшает эффект личных ошибок наведения. Полученные результаты приведены в табл. 1, в которой помещены: номер звезды по каталогу HD (или HR), юлианская дата середины экспозиции, величина поля B_e , средняя квадратическая ошибка его определения, n — число измеренных линий и $v \sin i$. Скорость вращения мы оценили по полуширине линии MgII λ 4481, используя зависимость ее от $v \sin i$, построенную по данным Слеттебака и др. [10]. Точность определения $v \sin i$ порядка 5—10 км/с, что соответствует разбросу точек на кривой [10]. Для HD 184927 и HD 217833 приведены усредненные значения $v \sin i$, вычисленные по полуширине нескольких металлических линий в спектре (10 и 18 линий соответственно). Для HD 21699, HD 51688, HD 184927 мы получили по две спектрограммы, а для HD 212454 — три. По такому количеству спектров нельзя построить кривые изменения поля в течение периода, но можно судить о том, имеет звезда магнитное поле или нет. Это необходимо также для отбора кандидатов для дальнейших наблюдений и подробного исследования. Прокомментируем результаты, помещенные в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Звезда	JD середины экспозиции	$B_e \pm \sigma_e$, Гс	n	$v \sin i$, км/с (Mg II λ 4481)
HD 21699=	2444860.52	-1900 \pm 610	17	37
=HR 1063	860.53	+328 \pm 800	16	
HD 51688=	2444889.53	-717 \pm 950	13	30
=HR 2605	889.54	+154 \pm 850	13	
HD 183339=	2444775.33	+990 \pm 550	14	40
=HR 7401	777.31	-983 \pm 545	13	
	779.53	-1680 \pm 445	15	
	860.32	+1990 \pm 520	11	
	860.33	+1657 \pm 500	12	
HD 184927	24444918.13	+1445 \pm 320	26	30
	5069.51	+2823 \pm 340	26	
HD 212454=	2444775.37	+550 \pm 830	11	47
=HR 8535	860.38	+387 \pm 386	13	
	918.11	+548 \pm 387	12	
HD 217833=	2444777.33	-2316 \pm 440	28	38
=HR 8770	778.42	-3340 \pm 420	26	
	889.27	-5090 \pm 400	32	
	890.20	-2047 \pm 520	24	
	890.20	-2830 \pm 580	31	
	918.16	-1225 \pm 395	33	
	918.18	-1810 \pm 590	29	

HD 21699. Тип пекулярности ее надежно не установлен. Разные авторы классифицировали ее как He-w-звезду, либо Si λ 4200- или Mn-типа. Однако, как указывал Молнар [9], линии кремния в спектре только слегка усилены. Действительно, на наших спектрограммах эквивалентная ширина W_λ линии Si II λ 4128 Å, например, составляет ~ 130 мÅ, в то время как в Ar-звездах Si-типа (HD 124224 и др.) W_λ (4128) $\gg 200$ мÅ. По-видимому, HD 21699 является He-w-звездой кремниевого Si-подкласса. Мы получили для нее две спектрограммы, и одна из них показала $B_e > 3\sigma_e$. Но поскольку спектрограммы получены в одну ночь, следует продолжить измерения поля звезды в другие фазы фотометрического периода ($P=2^d 4761$).

HD 51688. Наша оценка скорости вращения звезды (~ 30 км/с) сильно отличается от результата из каталога Уесуги и Фукуды [11] (120 км/с). Однако в каталоге эта величина дается с небольшим весом: она получена по линии K, Ca II по спектрам с низкой дисперсией (120 Å/мм) и поэтому ненадежна. Спектрофотометрически звезда до сих пор не изучалась. В спектре ее мы уверенно отождествили линию ртути Hg II λ 3984 Å, а также линии фосфора P II (λ 4044 Å, λ 4475 Å, λ 4499 Å и др.). На обеих спектрограммах, полученных в одну ночь, поле в момент наблюдения отсутствовало ($B_e < \sigma_e$).

HD 183339. В спектре звезды, кроме ослабленных линий гелия, присутствуют линии Si II, которые немного сильнее, чем в нормальных звездах. Звезда является He-w-типа, по-видимому, Si-подкласса. Эквивалентные ширины линий He I (λ 4026 Å, λ 4471 Å и др.) показывают небольшие изменения от спектра к спектру. Звезда является магнитной, на трех полученных спектрограммах поле $B_e > 3\sigma_e$. Согласно нашим результатам поле изменяется от -1680 до +1900 Гс (период изменения по грубой оценке 6-7^d).

HD 184927. Спектрально- и фотометрически переменная He-g-звезда, ее исследованию посвящен ряд работ [12 и ссылки там]. Мы получили 2 спектрограммы звезды с анализатором, на них измерено 26 линий, включая линии водорода. Линии в спектре узкие, полученная ошибка невелика. Обе спектрограммы показали присутствие поля положительной полярности. На симпозиуме Advances in Ultraviolet Astronomy в марте 1982 г. Баркер и другие сообщили о своих наблюдениях HD 184927 с H β -поляриметром и привели кривую изменения магнитного поля. Если мы привяжем наблюдения к их начальной эпохе, то наши измерения поля хорошо ложатся на кривую в фазах 0^d68 и 0^d88 (рис. 1). Несмотря

на то что для HD 184927 известна полная кривая изменения поля, мы предполагаем продолжить изучение звезды с зеемановским анализатором. Известно, что наблюдения классических Ар-звезд двумя методами (фотографическим и фотоэлектрическим) дают различные по форме и амплитуде кривые изменения поля. Это объясняется тем, что фотоэлектрические измерения магнитных полей проводятся по линиям водорода, равномерно распределенного по звездной поверхности, а фотографические — по линиям различных элементов, которые концентрируются в пятнах. Интересно проверить, будут ли два метода давать такое же различие для звезд с аномальными линиями гелия. По-видимому, здесь различная методика не должна очень сильно сказываться на конечном результате, так как при фотографических измерениях мы использовали также линии водорода. Принимая во внимание полученную нами величину скорости вращения (~ 30 км/с), а также $P=9^d.536$ и $R \approx 8R_{\odot}$ [12], мы оценили угол наклона между осью вращения звезды и лучом зрения $i \approx 44^\circ$, а из магнитной кривой, полученной Баркером и др., угол между осью магнитного поля и осью вращения звезды $\beta \approx 46^\circ$.

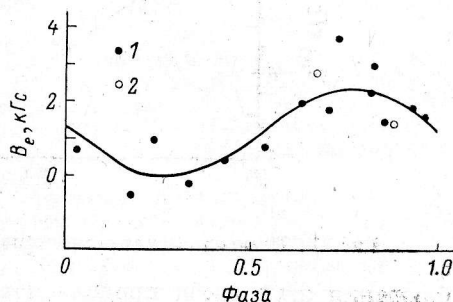


Рис. 1. Изменение магнитного поля в HD 184927 в течение периода $P=9^d.536$.

1 — данные Баркера и др.; 2 — наши измерения.

HD 212454. На всех спектрограммах звезды отчетливо видна линия ртути Hg II $\lambda 3984 \text{ \AA}$, а также самые сильные линии фосфора P II, такие как $\lambda 4044 \text{ \AA}$, $\lambda 4499 \text{ \AA}$, которые слегка изменяют свою интенсивность от спектра к спектру. Обнаружение более слабых линий фосфора затруднено из-за сравнительно большой скорости вращения. По-видимому, в спектре присутствуют также линии галлия Ga II, но очень слабые ($\lambda 4251 \text{ \AA}$, $\lambda 4262 \text{ \AA}$ в бленде). Высокая скорость вращения затрудняет и измерение магнитного поля фотографическим способом. На всех трех наших спектрограммах величина поля того же порядка, что и ошибки измерений. Наши наблюдения не показывают присутствия поля в атмосфере этой звезды.

HD 217833. He-w-звезда с Si-аномалией, на наших спектрограммах усилены линии Si II и Si III. Кроме того, присутствуют многочисленные линии Cr II. Педерсен [13] не обнаружил переменности линии He I $\lambda 4026 \text{ \AA}$, однако наблюдений мало и они не охватывают весь период изменения блеска. На всех 7 полученных нами спектрограммах поле присутствует, несмотря на большую ошибку измерений (в некоторых случаях $\sigma > 500$ Гс). Звезда несомненно является магнитной переменной, поле всегда отрицательного знака. Вето и др. [14] исследовали переменность блеска звезды в системе, близкой к *UBV*, и получили для нее начальную эпоху и период, однако период оценен ими с большой ошибкой ($5^d.36 \pm 0^d.4$). Мы воспользовались этими данными и построили кривую изменения магнитного поля. Измерения лучше всего представляются периодом $P=5^d.46$ (рис. 2), но малое число наблюдений не позволяет считать этот период надежным. Амплитуда изменения поля ~ 3 кГс.

ТАБЛИЦА 2

Звезда	Тип пекулярности	$\langle B_e^2 \rangle^{1/2}$	$\langle \sigma_e^2 \rangle^{1/2}$	Наличие поля
HD 21699	Слабый Si (He-w)	1360	710	$\approx 2 \sigma_e +$
HD 51688	Hg, P (He-w)	520	900	$< \sigma_e -$
HD 183339	Si (He-w)	1515	510	$\approx 3 \sigma_e +$
HD 184927	(He-r)	2240	330	$> 3 \sigma_e +$
HD 212454	Hg, P, Ga (He-w)	500	575	$< \sigma_e -$
HD 217833	Si, Cr (He-w)	2910	485	$> 3 \sigma_e +$

В табл. 2 подведены итоги измерения магнитных полей в звездах с аномальными линиями гелия в спектре: номер звезды, тип пекулярности, $\langle B_e^2 \rangle^{1/2}$ — среднеквадратичное значение поля, $\langle \sigma_e^2 \rangle^{1/2}$ — средняя квадратичная ошибка измерения (см. [8]). Если величина $\langle B_e^2 \rangle^{1/2}$ существенно больше $\langle \sigma_e^2 \rangle^{1/2}$, то она характеризует амплитуду магнитного поля и ее определение полезно в тех случаях, когда наблюдений мало и нельзя построить полную кривую изменения поля.

Итак, в атмосферах двух исследованных звезд (HD 183 339 и HD 217833) мы обнаружили магнитное поле и подтвердили его присутствие в HD 184927. На-

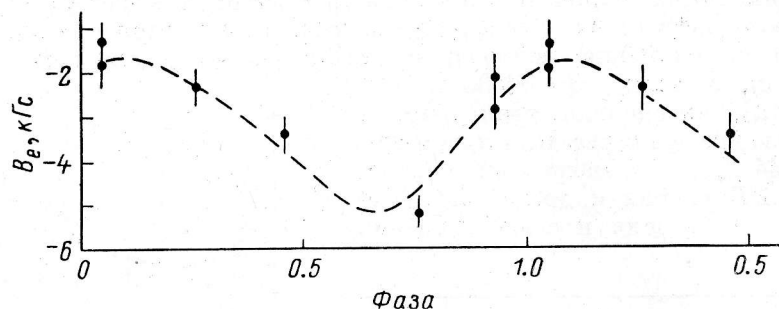


Рис. 2. Изменение магнитного поля в HD 217833 в течение периода $P=5.946$.

блюдения этих звезд продолжаются. Что касается HD 21699, HD 51688 и HD 212454, в спектрах которых мало линий, пригодных для измерения магнитных полей фотографическим методом, то для наблюдения этих звезд и получения более надежных результатов следует, возможно, применить другую методику (измерения с помощью водородного магнитометра).

Полученные нами результаты не противоречат выводу Борра и др. [8] о том, что поле, по-видимому, присутствует в звездах He-w со Sr-Ti- и Si-аномалиями (HD 217833) и отсутствует в объектах с P-Ga-аномалиями в спектре (HD 212454). Однако для окончательного подтверждения этого вывода необходимы дополнительные исследования.

Авторы благодарны В. Д. Бычкову и И. И. Романюку за помощь в получении спектрограмм исследованных звезд.

Литература

1. Borra E., Landstreet J. D. The magnetic field of the helium-strong stars. — *Astrophys. J.*, 1979, **228**, No. 3, p. 809—816.
2. Mihalas D. On the helium-spectrum variations of 56 Ari and α Cen. — *Astrophys. J.*, 1973, **184**, No. 3, p. 851—872.
3. Molnar M. OAO-2 observations of the helium-spectrum variable α Cen. — *Astrophys. J.*, 1974, **187**, No. 3, p. 531—538.
4. Wolff R., Wolff S. HR 7129: a helium variable with a large magnetic field. — *Astrophys. J.*, 1976, **203**, No. 1, p. 171—176.
5. Wolff S., Morrison N. D. Magnetic field and radial velocity variations of α Cen. — *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 1974, **86**, No. 514, p. 935—939.
6. Landstreet J., Borra E., Fontaine G. The magnetic field of the helium-weak star 3 Scorpii. — *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1979, **188**, p. 609—613.
7. Чунакова Н. М., Бычков В. Д., Глаголевский Ю. В. Некоторые результаты исследования Mn—Hg-звезды 33 Gem. — *Сообщ. САО*, 1981, **31**, с. 5—22.
8. Borra E., Landstreet J., Thompson J. The magnetic fields of the helium-weak B stars. — *Astrophys. J. Suppl.*, 1983, **53**, p. 151—167.
9. Molnar M. The helium-weak stars. — *Astrophys. J.*, 1971, **175**, No. 2, p. 453—464.
10. A system of standard stars for rotational velocity determinations / A. Slettebak, G. Collins, P. Boyce et al. — *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1975, **29**, No. 281, p. 137—159.
11. Uesugi A., Fukuda J. A catalog of rotational velocities of the stars. — *Contr. Inst. Astrophys. Kwasan Obs. Univ. of Kyoto*, 1970, No. 189, p. 205—250.
12. Levato H., Malagoda S. On the properties of the helium variable HD 184927. — *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 1979, **91**, p. 789—795.
13. Pedersen H. A search for helium variability among helium-weak stars. — *Astron. and Astrophys.*, 1976, **49**, p. 217—219.
14. Věto B., Schoneich W., Rustamov Yu. S. A search for variability of 8 stars with anomalies helium content. — *Astron. Nachr.*, 1980, **301**, H. 6, S. 317—327.

Поступила в редакцию 12 ноября 1982 г.