

# ПОИСК РАДИАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ CP-ЗВЕЗДЫ $\alpha^2$ CVn

И. И. Романюк,<sup>1,\*</sup> В. Е. Панчук,<sup>1</sup> Н. Е. Пискунов,<sup>2</sup> Д. О. Кудрявцев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

<sup>2</sup>Уппсальский университет, Уппсала, 75120 Швеция

Обсуждается возможность исследования вертикальной структуры магнитного поля у химически пекулярных звезд Главной последовательности. Неоднородное распределение элементов по поверхности существенно усложняет проблему. Показано, что наиболее результативны измерения продольной компоненты поля по линиям с длинами волн больше и меньше 3646 Å (до и после бальмеровского скачка), образующимся на разной оптической глубине в атмосфере. Рассматриваются различные методические проблемы, преодоление которых необходимо для выполнения этой задачи. Для ярчайшей магнитной звезды  $\alpha^2$  CVn выполнены наблюдения на эшелле-спектрометре НЭС с ПЗС-матрицей Uppsala. Новые наблюдения подтверждают наш прежний результат: продольная компонента магнитного поля  $B_e$  у звезды  $\alpha^2$  CVn увеличивается в глубину примерно на 30% на масштабах толщины атмосферы.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Тот факт, что спектральные линии химически пекулярных (CP) звезд показывают значительную регулярную круговую поляризацию во всех фазах осевого вращения, указывает на то, что магнитные поля этих объектов имеют относительно простую глобальную структуру и высокую степень упорядоченности на больших масштабах. Действительно, если поля концентрируются в небольших пятнах, как у Солнца, усредненная по диску круговая поляризация была бы значительно меньше наблюдаемой, так как поляризация от полей с противоположной ориентацией взаимно

компенсируется.

За исключением нескольких объектов, форма кривой переменности продольной компоненты магнитного поля  $B_e$  в течение периода вращения звезды близка к синусоидальной, что долгое время считалось убедительным доказательством преобладания дипольной структуры магнитного поля.

С другой стороны, хорошо известно (см., например, [1]) большое разнообразие проявлений химической пекулярности: практически невозможно найти две одинаковые CP-звезды. Так как все магнитные A- и B-звезды Главной последовательности являются одновременно и химически пекулярными, то связь между существованием аномалий и наличием поля представляется несомненной. Теория диффу-

---

\* Electronic address: roman@sao.ru

**Таблица 1.** Среднее продольное магнитное поле

Длина волны, Å	Положительный экстремум, Гс	Отрицательный экстремум, Гс
$\lambda < 3646$	$+600 \pm 240$	$-410 \pm 240$
$\lambda > 3646$	$+1070 \pm 220$	$-1110 \pm 120$

зии химических элементов в очень стабильной атмосфере в присутствии магнитного поля, впервые предложенная Мишо [2], в настоящее время является наиболее разработанной, хотя и не лишена недостатков.

На рис. 1 приведен пример рисунка, занимающего две колонки, а в таблице 1 образец простой таблицы на одну колонку текста.

Возникает закономерный вопрос: почему в полях одинаковой дипольной структуры возникают столь разные неоднородности распределения элементов по поверхности у различных звезд? Наоборот, естественнее объяснять большое разнообразие проявлений химической пекулярности именно индивидуальными особенностями физических условий в атмосферах СР-звезд и различиями в деталях конфигурации их магнитных полей.

На рисунках 2 и 3 и в таблице 2 приведены следующие примеры вставки рисунков и таблиц. Рисунок 3 строится из двух eps-файлов.

Ответ на этот вопрос не до конца ясен, так как в большинстве случаев процедуры определения химического состава и продольной компоненты поля существенно различаются, и полученные в наблюдениях результаты относятся к разным по масштабу областям наблюдае-

мой полусферы звезды. В то время как картирование химсостава по поверхности звезд выполняется уже более 20 лет [1], магнитные поля до недавних пор измерялись либо способом, предложенным еще Бэбкоком [3], либо по анализу круговой поляризации в линиях, в основном водородных [4]. Такая процедура позволяла получать только усредненные по всей видимой поверхности звезды параметры ее магнитного поля.

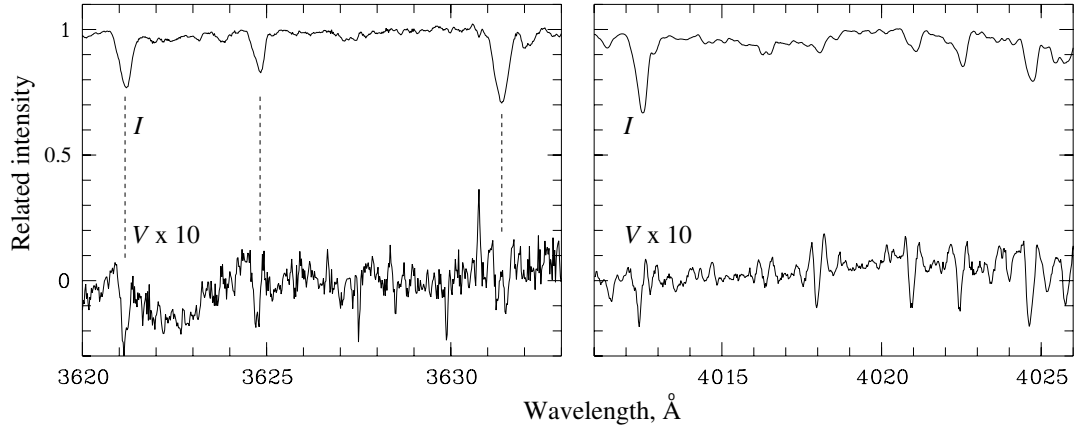
Измерение зеемановских спектров с целью оценки величины продольной составляющей магнитного поля СР-звезд проводилось исключительно позиционным методом. В этом методе сравниваются положения одних и тех же линий в спектрах циркулярно-поляризованного в противоположных направлениях излучения. Измерив положение линии с фактором Ланде  $g_l$  в спектрах с правой ( $\lambda_{\text{RCP}}$ ) и левой ( $\lambda_{\text{LCP}}$ ) ориентациями вращения, через выражение

$$(\lambda_{\text{RCP}} - \lambda_{\text{LCP}}) = 9.34 \times 10^{-13} \lambda_0^2 g_l B_e \quad (1)$$

можно получить искомую характеристику магнитного поля звезды. Через  $\lambda_0$  обозначено “несмещенное” положение спектральной линии.

## 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

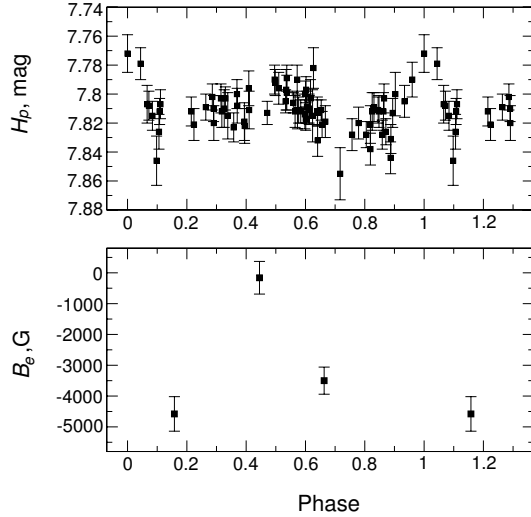
Впервые проблема изучения вертикальной структуры магнитных полей СР-звезд была рассмотрена Престоном [5]: он предложил



**Рис. 1.** Фрагменты спектра  $\alpha^2$  CVn: (a) в области  $\lambda < 3646$  Å, (b) в области  $\lambda > 3646$  Å. Вверху —  $I$ -параметр Стокса, внизу —  $V$ -параметр (с увеличением масштаба в десять раз).

**Таблица 2.** Магнитное поле  $\alpha^2$  CVn, измеренное по разным элементам

JD(2450000+)	Фаза	Элемент	$B_e \pm \sigma$			
			$\lambda < 3646$ Å		$\lambda > 3700$ Å	
2594.583	0.275	все линии	$-1150 \pm 330$	[105]	$-1600 \pm 80$	[327]
		Fe	$-710 \pm 550$	[34]	$-2280 \pm 180$	[79]
		Cr	$-1200 \pm 333$	[35]	$-1780 \pm 350$	[60]
		Ti	$-2100 \pm 720$	[12]	$-1850 \pm 360$	[8]
		Gd	$-2040 \pm 190$	[6]	$-1180 \pm 330$	[18]
		Eu			$-1690 \pm 220$	[4]
2595.600	0.461	все линии	$+1700 \pm 250$	[48]	$+2150 \pm 100$	[290]
		Fe	$+2500 \pm 530$	[22]	$+2330 \pm 220$	[63]
		Cr	$+670 \pm 400$	[10]	$+1800 \pm 390$	[27]
		Ti	$+2450 \pm 440$	[6]	$+2900 \pm 940$	[6]
		Gd			$+940 \pm 190$	[15]
		Eu			$+1060 \pm 620$	[3]
2596.588	0.641	все линии	$-600 \pm 300$	[52]	$-1220 \pm 100$	[283]
		Fe	$-770 \pm 544$	[17]	$-1390 \pm 240$	[55]
		Cr	$-710 \pm 370$	[20]	$-890 \pm 250$	[45]
		Gd	$-620 \pm 50$	[3]	$-1420 \pm 320$	[15]
		Eu			$-1530 \pm 270$	[6]



**Рис. 2.** Фотометрическая переменность звезды HD 34736 по данным Hipparcos с периодом  $0^{\text{d}}.3603$  (вверху) и наши измерения продольного поля  $B_e$  звезды, фазированные с тем же периодом (внизу).

проводить измерения магнитных полей по линиям, образующимся на разной оптической глубине в атмосфере CP-звезды. Он рассмотрел два варианта: 1) измерения проводить по сильным и слабым линиям (слабые образуются на больших оптических глубинах); 2) использовать линии, расположенные по разные стороны от бальмеровского скачка (линии с коротковолновой стороны от него образуются выше в атмосфере, чем более длинноволновые). Принципиальные трудности состоят в том, как уловить изменения поля с глубиной в слое толщиной  $10^3$ – $10^4$  км при “пятнистой” поверхности звезды диаметром  $10^6$ – $10^7$  км, а также как определить глубины образования линий в неоднородной звездной атмосфере.

### 3. ВЫБОР ОБЪЕКТОВ

В программу наблюдений на 6-м телескопе нами были включены несколько ярких магнитных звезд. Достаточное количество данных получено только для одной из них —  $\alpha^2$  CVn (HD 112413). Это ярчайшая магнитная звезда, продольная компонента ее магнитного поля измерялась в десятках работ. Обобщая их, можно сделать следующие выводы: продольная компонента поля  $B_e$ , измеренная по линиям металлов в обычной визуальной области спектра, меняется от  $-1600$  до  $+1800$  Гс, кривая ангармонична: положительный экстремум более узкий и резкий, чем отрицательный. Измерения, проведенные на бальмеровском магнитометре по линиям водорода [6], показывают почти синусоидальную кривую  $B_e$ , но с меньшей амплитудой вариаций (от  $-1300$  до  $+1100$  Гс).

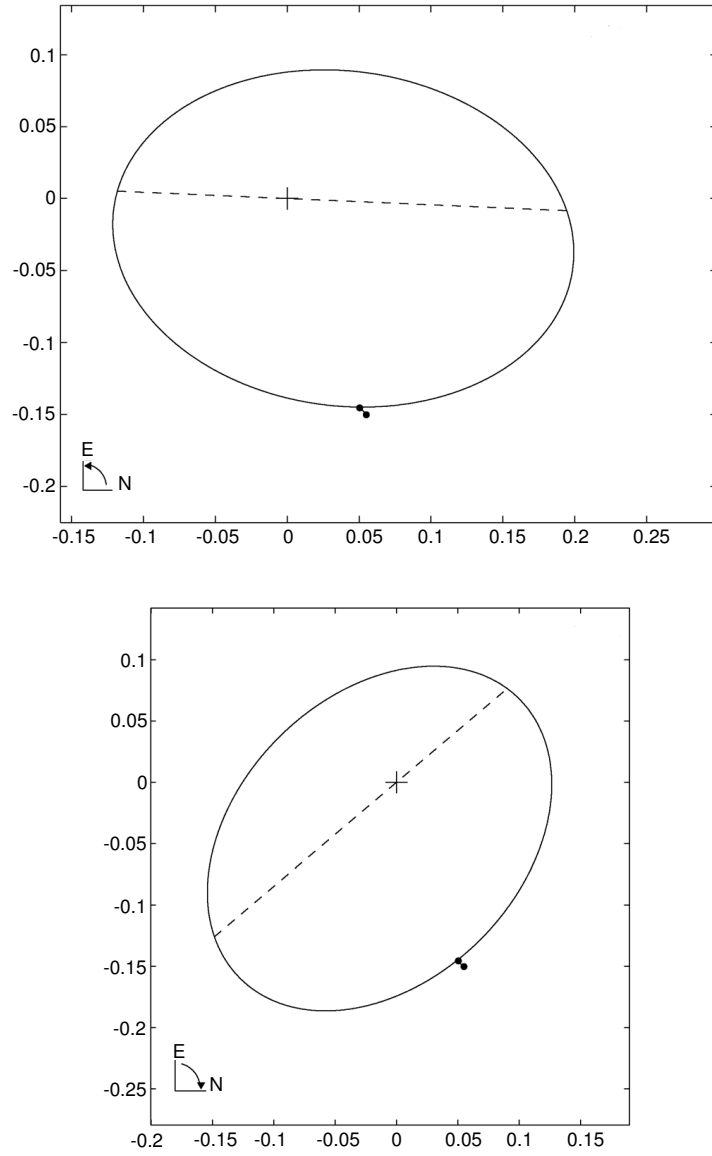
Период всех изменений — фотометрических, спектральных и магнитных — удовлетворяет эфемеридам Фарнсворт [7]:

$$\text{JD} = 2419869^{\text{d}}.72 + 5^{\text{d}}.46939 E.$$

Для объяснения переменности были предложены различные модели этой звезды.

### 4. НАБЛЮДЕНИЯ

Для обработки зеемановских спектров и измерения продольного магнитного поля мы использовали программы, написанные Кудрявцевым [8] в среде MIDAS.



**Рис. 3.** Орбита системы YSC 148, прямое и обратное движение.

В таблице 3 приведен пример длинной таб- лицы (не помещающейся на одну страницу).

**Таблица 3.** Результаты измерений двойных систем

HD/BD	HIP	Координаты 2000.0/ обозначение WDS	Epoch 2010.0+	$\theta$ , deg	$\sigma_\theta$ , deg	$\rho$ , mas	$\sigma_\rho$ , mas	$\Delta m$ , mag	$\sigma_{\Delta m}$ , mag	$\lambda/\Delta\lambda$ , nm
BD +41° 43		00220+4231	0.81693	143.9	0.7	329	5	2.85	0.08	550/20
BD +41° 43		00220+4231	0.81694	144.1	0.5	328	3	2.20	0.03	800/100
HD 2887	2562	00326+5513	1.69601	76.7	0.5	666	6	4.19	0.10	600/40
HD 2887	2562	00326+5513	1.69602	76.3	0.7	664	7	4.17	0.06	800/100

Таблица 3. (Продолжение)

HD/BD	HIP	Координаты 2000.0/ обозначение WDS	Epoch 2010.0+	$\theta$ , deg	$\sigma_\theta$ , deg	$\rho$ , mas	$\sigma_\rho$ , mas	$\Delta m$ , mag	$\sigma_{\Delta m}$ , mag	$\lambda/\Delta\lambda$ , nm
BD +40° 175 <sup>1)</sup>		00512+4112 STF 64	0.65865	274.4	0.3	3679	9	<sup>2)</sup>		800/100
HD 6757	5385	01089+4512 AC 13 AB	<sup>3)</sup> 265.1	265.1	0.3	618	2	1.01	0.01	550/20
HD 6757	5385	01089+4512 AC 13 AB	<sup>3)</sup> 265.1	265.1	0.3	617	2	0.73	0.01	800/100
HD 22470	16803	03363–1728 HDS 456	0.81710	73.4	0.3	173	2	1.27	0.04	550/20
HD 22470	16803	03363–1728 HDS 456	0.81712	73.4	0.3	174	1	1.23	0.04	713/10
HD 22470	16803	03363–1728 HDS 456	0.81711	73.3	0.3	173	1	1.20	0.01	800/100
HD 30466	22402	04493+2934	1.68558	318.9	0.5	156	2	1.95	0.01	600/40
HD 30466	22402	04493+2934	1.68559	318.9	0.6	155	2	1.48	0.02	800/100
HD 35100		05244+4237 A 1719 CD	1.94226	89.0	0.3	814	5	1.10	0.02	550/20
HD 35100		05244+4237 A 1719 CD	1.94227	89.1	0.3	813	3	0.94	0.01	800/100
HD 36540 <sup>4)</sup>	25954	05322–0431	0.81734	45.8	0.3	1967	7	6.2	0.4	800/100
HD 36955 <sup>4)</sup>		05351–0124	0.81740	99.7	0.3	1456	6	5.02	0.07	800/100
HD 37017	26233	05354–0430 HDS 745	0.81753	278.5	0.3	439	3	3.61	0.02	550/20
HD 37017	26233	05354–0430 HDS 745	0.81755	278.5	0.4	438	2	2.96	0.02	800/100
HD 37479		05388–0236	0.81465	303.2	1.0	335	6	4.68	0.08	550/20
HD 37479		05388–0236	0.81467	303.2	0.6	322	3	3.90	0.09	800/100
HD 61045	37047	07368–1434	0.16499	45.0	0.7	316	4	4.2	0.2	550/20
HD 61045	37047	07368–1434	0.16500	44.7	0.6	318	4	3.62	0.05	800/100
HD 89069 <sup>4)</sup>	50709	10213+7846	1.94294		0.3	3528	10	<sup>2)</sup>		800/100
HD 98088	55106	11170–0708 BU 600 AB	0.16274	211.9	0.3	1310	7	5.03	0.05	550/20
HD 98088	55106	11170–0708 BU 600 AB	0.16275	212.0	0.3	1312	7	4.04	0.02	800/100
HD 99563	55890	11273–0852 A 138	0.16276	217.5	0.3	1764	9	1.62	0.02	550/20
HD 99563	55890	11273–0852 A 138	0.16277	217.6	0.3	1765	9	1.17	0.01	800/100
HD 130559	72489	14493–1409 BU 106 AB	0.16313	6.1	0.3	1906	9	1.84	0.04	550/20
HD 130559	72489	14493–1409 BU 106 AB	0.16314	6.3	0.3	1903	9	1.25	0.02	800/100
HD 137909	75695	15278+2906 JEF 1	0.16568	123.2	0.3	144	1	2.04	0.10	550/20
HD 137909	75695	15278+2906 JEF 1	0.16569	123.1	0.3	144	1	1.72	0.10	800/100
HD 144334 <sup>4)</sup>	78877	16061–2336	0.16604	128.0	2.8	69	4	3.25	0.10	800/100
HD 145501		16120–1928 MTL 2 CD	0.33253	57.2	0.3	2343	15	<sup>2)</sup>		550/20
HD 145501		16120–1928 MTL 2 CD	0.33254	57.2	0.3	2339	6	<sup>2)</sup>		800/100
HD 148112	80463	16254+1402 BU 625 AB	0.33267	293.7	0.3	816	6	4.84	0.05	550/20
HD 148112	80463	16254+1402 BU 625 AB	0.33268	293.6	0.4	815	4	4.34	0.05	800/100
HD 158450	85618	17297–0801 RST 3977	0.33270	308.0	0.3	289	2	2.08	0.01	550/20

Таблица 3. (Продолжение)

HD/BD	HIP	Координаты 2000.0/ обозначение WDS	Epoch 2010.0+	$\theta$ , deg	$\sigma_\theta$ , deg	$\rho$ , mas	$\sigma_\rho$ , mas	$\Delta m$ , mag	$\sigma_{\Delta m}$ , mag	$\lambda/\Delta\lambda$ , nm
HD 158450	85618	17297−0801 RST 3977	0.33271	308.0	0.3	289	1	1.56	0.01	800/100
HD 164258 <sup>4)</sup>	88148	18003+0038	2.42429	151.5	1.1	173	4	3.72	0.12	800/100
HD 170000	89908	18208+7120 STT 353 AB	0.65776	268.3	0.3	493	3	1.50	0.01	550/20
HD 170000	89908	18208+7120 STT 353 AB	0.65777	268.3	0.3	491	2	1.38	0.01	800/100
HD 169887 <sup>5)</sup>		18257+2639 COU 815	0.50767	145.9	0.3	1527	10	2.92	0.04	550/20
HD 349321 <sup>4)</sup>		18487+2053	0.50780	220.0	0.4	1155	5	4.01	0.04	800/100
HD 343872 <sup>4)</sup>		19125+2422	0.65791	195.8	0.5	806	6	4.43	0.08	800/100
BD +35° 3616		19262+3542 COU 1620	0.64987	297.5	0.3	1386	9	2.75	0.02	550/20
BD +35° 3616		19262+3542 COU 1620	0.64988	297.4	0.3	1385	4	2.42	0.01	800/100
HD 184471 <sup>4)</sup>	96177	19333+3235	0.64991	201.0	0.4	1455	6	4.4	0.5	800/100
HD 192913	99927	20165+2747 HDS 2889	0.65020	121.4	0.3	218	2	2.44	0.02	550/20
HD 192913	99927	20165+2747 HDS 2889	0.65021	121.3	0.4	218	1	2.37	0.02	800/100
HD 201601	104521	21103+1008 KNT 5 AB	0.48327	255.5	0.3	723	5	4.33	0.03	550/20
HD 201601	104521	21103+1008 KNT 5 AB	0.48328	255.4	0.3	722	2	3.55	0.02	800/100
HD 196691		20392−0609	0.49689	141.9	0.5	456	4	1.97	0.04	550/20
HD 196691		20392−0609	0.49690	141.8	0.4	454	2	1.41	0.02	800/100

<sup>1)</sup> BD +40° 175 наблюдалась только в фильтре 800/100.

<sup>2)</sup> Расстояние между компонентами слишком большое для определения  $\Delta m$ .

<sup>3)</sup> Эпоха наблюдений HD 6757: 2006.94541 в фильтре 550/20 и 2006.94542 в фильтре 800/100.

<sup>4)</sup> HD 36540, HD 36955, HD 89069, HD 144334, HD 164258, HD 349321, HD 343872 и HD 184471 в фильтре 550/20 разрешить на отдельные компоненты не удалось.

<sup>5)</sup> HD 169887 наблюдалась только в фильтре 550/20.

Для исследования вертикального градиента поля мы провели наблюдения с высоким спектральным разрешением ( $R = 50\,000$ ) в области спектра 3400–4100 Å на кварцевом эшелле-спектрометре НЭС 6-м телескопа с ахроматическим анализатором круговой поляризации [9]. В качестве светоприемников в 1999–2001 гг. использовалась ПЗС-матрица ISD 017A (1040 × 1160 элементов с размером элемента 16 × 16 мкм), а с 2002 г. — ПЗС-матрица Uppsala (2048 × 2048 элементов с раз-

мером элемента 15 × 15 мкм). Описание основных характеристик эшелле-спектрометра НЭС можно найти в работе Панчука [10]. Результаты первых наблюдений магнитных полей на нем опубликованы Панчуком.

Получение зеемановских спектров в области бальмеровского скачка — трудная наблюдательная задача: эффективность матрицы и пропускание анализатора резко падают с уменьшением длины волны, начиная с 4000 Å. До настоящего времени наш материал —

эшельные зеемановские спектры, полученные с ПЗС-матрицей в области 3400–4100 Å, — остается уникальным.

Для достижения максимально возможной точности мы проводили наблюдения только в фотометрические ночи при качестве изображений не хуже 2". Каждый цикл наблюдений включал в себя серию из двух или четырех экспозиций длительностью по одному часу в области спектра 3500–3900 Å с матрицей меньшего формата и 3400–4100 Å с ПЗС-матрицей 2048 × 2048 элементов. Для контроля за постоянством инструментальных параметров зеемановского анализатора и эшелле-спектрометра, а также величиной инструментального сдвига, вызванного отклонениями в параллельности расположения спектра и столбцов (или рядов) матрицы, каждую ночь проводились наблюдения ярких немагнитных звезд. Для калибровки спектров по длине волны использовался спектр Th–Ar лампы.

Для иллюстрации на Рис. 1 приведены участки спектра и увеличенные в десять раз  $V$ -параметры Стокса в областях до и после бальмеровского скачка для одного и того же спектра звезды  $\alpha^2$  CVn. Видно значительное падение отношения  $S/N$  в коротковолновой области. Спектр получен в фазе 0.275 (см. Таблицу 2, что близко к фазе кроссовера для этой звезды (т.е. когда силовые линии дипольного поля перпендикулярны лучу зрения). По этой причине профили  $V$ -параметра Стокса имеют сложную форму.

С использованием этих значений вычислялись величины нормированных параметров Стокса  $Q'(\lambda)$  и  $U'(\lambda)$  в инструментальной системе:

$$U'(\lambda) = 0.5 \left( \frac{I_o(\lambda) - I_e(\lambda)}{I_o(\lambda) + I_e(\lambda)} \right)_{\varphi=45^\circ} - 0.5 \left( \frac{I_o(\lambda) - I_e(\lambda)}{I_o(\lambda) + I_e(\lambda)} \right)_{\varphi=45^\circ}, \quad (2)$$

$$Q'(\lambda) = 0.5 \left( \frac{I_o(\lambda) - I_e(\lambda)}{I_o(\lambda) + I_e(\lambda)} \right)_{\varphi=22.5^\circ} - 0.5 \left( \frac{I_o(\lambda) - I_e(\lambda)}{I_o(\lambda) + I_e(\lambda)} \right)_{\varphi=67.5^\circ}. \quad (3)$$

В нашем случае представляют интерес проекции нормированного вектора поляризации на плоскость рассеяния с углом  $\theta$ , значения которых легко вычисляются из  $Q'(\lambda)$  и  $U'(\lambda)$  простым преобразованием поворота:

$$\begin{aligned} U(\lambda) &= U'(\lambda) \cos(2\theta) - Q'(\lambda) \sin(2\theta), \\ Q(\lambda) &= U'(\lambda) \sin(2\theta) + Q'(\lambda) \cos(2\theta). \end{aligned} \quad (4)$$

Список линий, использованных при измерениях магнитного поля в областях до и после бальмеровского скачка, приведен в Таблице 2.

Среднее значение фактора Ланде для отобранных линий с длиной волны  $\lambda < 3646$  Å  $z(UV) = 1.146 \pm 0.055$ , стандартное отклонение 0.402. В области с  $\lambda > 3646$  Å  $z(V) = 1.229 \pm 0.038$ , стандартное отклонение 0.463.

## 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Процесс измерения магнитных полей предполагает несколько этапов:



(1) проводятся стандартные процедуры экстракции зеемановских спектров из ПЗС-изображений;

(2) осуществляется калибровка по длине волны и стандартизация спектров (коррекция длин волн за движение Земли, нормировка на континуум и пр.);

(3) находится средний зеемановских сдвиг всех измеряемых линий (в случае, когда отождествление не выполняется), при этом центры линий определяются по аппроксимации их профиля гауссианой.

Результаты измерений продольной компоненты магнитного поля  $\alpha^2$  CVn представлены в Таблице 2. Там же для сравнения приведены результаты измерений стандартных немагнитных звезд.

В работе Романюка [11] приведены средние значения продольных магнитных полей  $\alpha^2$  CVn в фазах положительного и отрицательного экстремумов (Таблица 1). Видим достаточно хорошее согласие между новыми данными и полученными ранее: величина модуля продольного поля и амплитуда его изменений уменьшаются с высотой в атмосфере CP-звезды  $\alpha^2$  CVn.

Рассмотрим далее кривые продольного поля, полученные по линиям некоторых отдельных элементов. Мы провели отождествление спектральных линий  $\alpha^2$  CVn в трех разных фазах периода вращения, для чего была использована база данных VALD [12]. Звезда

спектрально переменна, поэтому в каждой фазе поле измерялось по различному набору линий.

Результаты измерений продольной компоненты магнитного поля с учетом факторов Ланде отдельных линий представлены в Таблице 2, где приведены: юлианская дата наблюдений, фаза периода, химический элемент, по линиям которого измерялось магнитное поле, величина продольного поля  $B_e$  в области до и после бальмеровского скачка. В квадратных скобках указано количество измеренных линий.

## 6. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Магнитные поля CP-звезд были открыты Бэбкоком еще в 1947 г. [3], поэтому многие их свойства и особенности исследованы довольно хорошо. Изучению вертикальной структуры на протяжении трех последних десятилетий были посвящены единичные работы, в основном наши, основанные на измерениях зеемановских спектров, полученных на 6-м телескопе. Причины этого достаточно очевидны: необходимо исследовать очень тонкий эффект путем специально поставленных длительных наблюдений на больших телескопах, наблюдательное время на которых трудно получить.

## БЛАГОДАРНОСТИ

В работе были использованы базы данных VALD и SIMBAD. И. И. Романюк, В. Е. Панчук и Д. О. Кудрявцев благодарят Российский фонд фундаментальных исследований за частичную финансовую поддержку настоящей работы (РФФИ, гранты 03-02-16342, 04-02-

17564 и 06-02-16110а). Н. Е. Пискунов благодарит шведский Фонд научных исследований (Vetenskapsradet) за поддержку наблюдений в САО. Авторы благодарят М. В. Юшкина за помощь в подготовке к наблюдениям и участие в наблюдениях.

- 
1. В. Л. Хохлова, в *Итоги науки и техники. Сер. Астрономия* (ВИНИТИ, Москва, 1983), Т. 24, 233.
  2. G. Michaud, *Astrophys. J. Suppl.* **160**, 641 (1970).
  3. H. W. Babcock, *Astrophys. J. Suppl.* **105**, 105 (1947).
  4. J. D. Landstreet, *ASP Conf. Ser.*, No. 248, 277 (2001)
  5. G. W. Preston, *Contr. Lick Obs.* **205**, 25 (1965).
  6. E. F. Borra and J.D. Landstreet, *Astrophys. J. Suppl.* **212**, 141 (1977).
  7. G. Farnsworth, *Astrophys. J. Suppl.* **76**, 313 (1932).
  8. D. O. Kudryavtsev, *Baltic Astronomy* **9**, 649 (2000).
  9. И. Д. Найденов, Г. А. Чунтонов, *Сообщ. САО*, No. 16, 63 (1976).
  10. В. Е. Панчук, В. Г. Ключкова, И. Д. Найденов, Препринт No. 135 (Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 2001).
  11. И. И. Романюк, *Астрофиз. исслед.* (Известия САО) **22**, 25 (1986).
  12. F. Kupka, N. Piskunov, T. Ryabchikova, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **138**, 119 (1999).
  13. G. A. Chountonov, in *Magnetic Stars*, Ed. by Yu. Glagolevskij, D. Kudryavtsev, and I. Romanyuk (SAO, Nizhnii Arkhyz, 2004), p. 286.
  14. P. F. Chugainov, *IBVS*, No. 172, 1 (1966).
  15. И. В. Пейсахсон, *Оптика спектральных приборов* (Машиностроение, Ленинград, 1970).

## Search for the Radial Magnetic-Field Gradient in the CP-Star $\alpha^2$ CVn

**I. I. Romanyuk, V. E. Panchuk, N. E. Piskunov, and D. O. Kudryavtsev**

The possibility of investigating the vertical structure of the magnetic field in chemically peculiar main-sequence stars is discussed. The nonuniform distribution of chemical elements over the surface complicates the problem substantially. The most efficient measurements are shown to be those of the longitudinal field components based on spectral lines with wavelengths longer and shorter than 3646 Å (shortward and longward of the Balmer jump), which form at different optical depths in the atmosphere. Various methodological problems are addressed that must be overcome in order to accomplish the task. The brightest magnetic star  $\alpha^2$  CVn is observed with the echelle spectrometer equipped with an Uppsala CCD chip. New observations corroborate our previous result: the longitudinal component of the magnetic field  $B_e$  of the  $\alpha^2$  CVn star increases with depth by about 30% over the atmosphere thickness scale.

Keywords: stars: magnetic field—stars: chemically peculiar—stars: individual:  $\alpha^2$  CVn