

**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
МАГНИТНО-ПЕРЕМЕННОЙ ЗВЕЗДЫ α^2 CVn
ПО СПЕКТРОГРАММАМ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ.**

I. Исследование водородных линий

Р. Н. Кумайгородская

На основании восьми эшельных спектрограмм (средняя дисперсия $\sim 1.3 \text{ \AA/mm}$) магнитно-переменной звезды α^2 CVn проведено дифференцированное спектрофотометрическое исследование водородных линий H_γ , H_δ , H_ϵ и H_ζ . Изучен характер относительных изменений следующих параметров этих линий: W_λ , W_0 , W_1 , W_2 , R_0 , b_i в течение периода изменения магнитного поля звезды. Обнаружены изменения ширины (b), соответствующих глубине $R=0.6$, и эквивалентных ширин ядер (W_0) изучаемых линий. Общая амплитуда относительных изменений этих параметров составляет примерно 60%. Отмечена синхронность в изменениях параметров $b_{0.6}$ и W_0 для вышеуказанных линий, которая свидетельствует в пользу реальности наблюдаемых изменений. Проведено изучение контуров указанных водородных линий для различных фаз изменения магнитного поля и сравнение их с контурами водородных линий в спектре звезды θ Leo. Найдено различие в контурах. Определены электронные плотности в атмосфере звезды α^2 CVn и ускорение силы тяжести на ее поверхности.

On the basis of 8 echelle spectrograms (the average dispersion is about 1.3 \AA/mm) of the variable magnetic star α^2 CVn a differentiated spectrophotometric study of the hydrogen lines H_γ , H_δ , H_ϵ , and H_ζ was carried out. A character of relative variations of the parameters W_λ , W_0 , W_1 , W_2 , R_0 , b_i of these hydrogen lines was studied during the period of the variation of the star magnetic field. Variations of the widths (b) corresponding to the depth $R=0.6$ and of the equivalent width of nuclei (W_0) of the hydrogen lines studied were detected. The total amplitude of relative variations of these parameters accounts for approximately 60%. A synchrony in the variations of the parameters $b_{0.6}$ and W_0 for the above-mentioned lines was noticed, which gives evidence of the reality of the variations observed. The profiles of the above hydrogen lines for different phases of the magnetic field variations were studied and then compared with the hydrogen lines profiles in the spectrum of the star θ Leo. A difference in the profiles has been found. Electron densities in the atmosphere and the acceleration of gravity on the α^2 CVn star surface have been determined.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что для магнитных пекулярных звезд характерны переменность магнитного поля, аномально большая интенсивность спектральных линий ряда элементов, таких, как Si, Mn, Cr, Sr, и редкоземельных (Eu, Gd и др.) и переменность интенсивностей этих линий. Часто, когда изменения магнитного поля периодические, наблюдаются синхронные изменения интенсивностей линий ряда элементов и напряженности магнитного поля.

Типичным представителем магнитных переменных, у которых магнитное поле, интенсивности спектральных линий и другие характеристики изменяются периодически, является звезда α^2 CVn спектрального класса A0 с периодом этих изменений примерно 5.47 дня. Магнитно-переменная звезда α^2 CVn изучалась многими исследователями. Детальное спектрофотометрическое исследование атмосферы этой звезды по спектрограммам с дис-

персией $4.8 \text{ \AA}/\text{мм}$ было проведено Бербиджами [1] в 1954 г. Учитывая то, что за последние десять—пятнадцать лет методика изучения физических условий в атмосферах звезд существенно продвинулась вперед, появились новые данные о силах осцилляторов, позволяющие строить кривые роста более дифференцированно, и появилось вообще больше сведений о природе магнитных звезд, мы решили изучить атмосферу этой замечательной звезды более обстоятельно, используя спектрограммы очень высокого разрешения (дисперсия $\sim 1.3 \text{ \AA}/\text{мм}$).

В первой части намеченного детального спектрофотометрического исследования магнитно-переменной звезды $\alpha^2\text{CVn}$ проводится изучение интенсивностей и контуров водородных линий и определение тех параметров атмосферы звезды, которые обычно определяются по водородным линиям. Дело в том, что в целом ряде работ отмечаются также и некоторые изменения интенсивностей водородных линий в спектрах магнитных звезд. Это работы Таи [2], Фараджианы и Хак [3], Вуда и др. [4—8]. Результаты фотоэлектрических наблюдений Вуда свидетельствуют о быстрых изменениях интенсивностей водородных линий в спектрах некоторых магнитных звезд. Амплитуды этих изменений составляют для различных звезд 10—30% от интенсивностей водородных линий. Изменения происходят в течение минут и нескольких десятков минут. Вуд приходит к заключению, что эти изменения обуславливаются в основном изменениями интенсивностей крыльев водородных линий, что может быть вызвано изменениями электронных плотностей в относительно глубоких слоях атмосфер магнитных звезд. Бонсак и Маркович [9] в результате спектрофотометрического исследования магнитной звезды 73 Dra подтверждают, — правда, не очень убедительно, — заключение Вуда относительно изменений интенсивностей водородных линий в спектре этой звезды за счет изменений интенсивностей их крыльев. Результаты исследований водородной линии H_γ в спектре пекулярной звезды HD 221 568 [10] также свидетельствуют как будто в пользу этих заключений. Однако Бербиджи [1], исследуя изменения интенсивностей водородных линий H_γ и H_β в спектре звезды $\alpha^2\text{CVn}$ с изменением магнитного поля, практически этих изменений не находят.

Располагая спектрограммами высокого разрешения, полученными для магнитной звезды $\alpha^2\text{CVn}$ для различных фаз изменения магнитного поля, мы, естественно, проявили интерес к изучению вопроса об изменении интенсивностей водородных линий в спектре этой звезды.

§ 1. НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Весной 1964 г. в Крымской астрофизической обсерватории на эшелном спектрографе 2.6-метрового телескопа (ЗТШ) были получены И. М. Копыловым десять спектрограмм магнитно-переменной звезды $\alpha^2\text{CVn}$ и две

ТАБЛИЦА 1

Номер спектрограммы	Дата	i	T_1	Фаза
85	10 III 1964	$5^h 16^m$	2438 464.5944	0.81
86	26 III	1 32	480.4389	0.70
92	1 IV	1 35	486.4410	0.80
95	24 IV	0 26	509.3931	1.00
96	24 IV	3 18	509.5125	1.02
97	30 IV	21 54	516.2875	0.26
98	30 IV	23 52	516.3694	0.27
99	3 V	23 50	519.3681	0.82
101	20 V	22 12	536.3000	0.92
106	28 V	22 30	544.3125	0.38

спектрограммы звезды сравнения θ Leo со средней дисперсией $\sim 1.3 \text{ \AA}/\text{мм}$. Необходимые сведения о наблюдениях содержатся в табл. 1. В столбце 1 таблицы указан номер спектрограммы из серии эшелельных спектрограмм, в столбце 2 — дата, на которую приходится момент \bar{t} середины экспози-

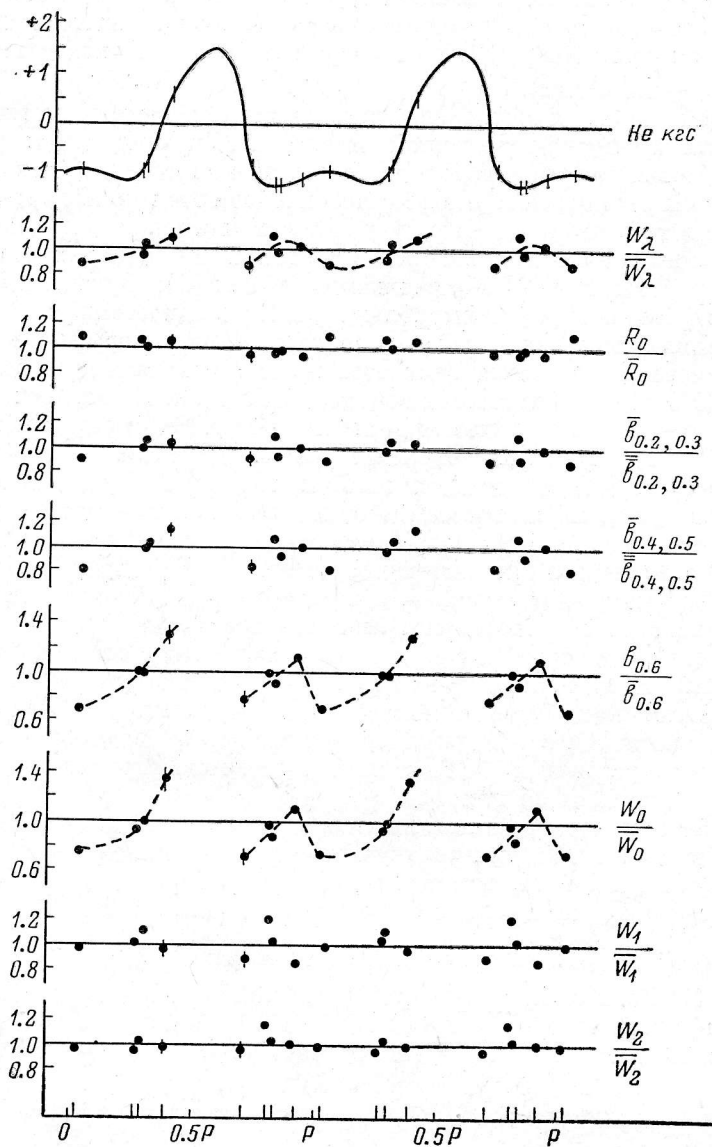


Рис. 1. Относительные изменения различных параметров водородных линий $(H_\gamma + H_\delta)/2$ с изменением магнитного поля звезды $\alpha^2\text{CVn}$.

ции, в столбце 3 — момент \bar{t} , выраженный в гражданском времени, в столбце 4 — этот момент в юлианских днях (T_1) и в столбце 5 — фазы в долях периода изменения магнитного поля для наших наблюдений. На кривой изменения магнитного поля $\alpha^2\text{CVn}$, приведенной в верхней части рис. 1 и 2, вертикальными черточками отмечены те фазы, для которых получены спектрограммы. К сожалению, мало спектрограмм приходится

на максимум магнитного поля положительной полярности. Полученные спектрограммы в основном хорошего качества, но несколько различаются по плотности. При анализе водородных линий не использовались спектрограммы № 85 и № 95 из-за неравномерности плотности поперек

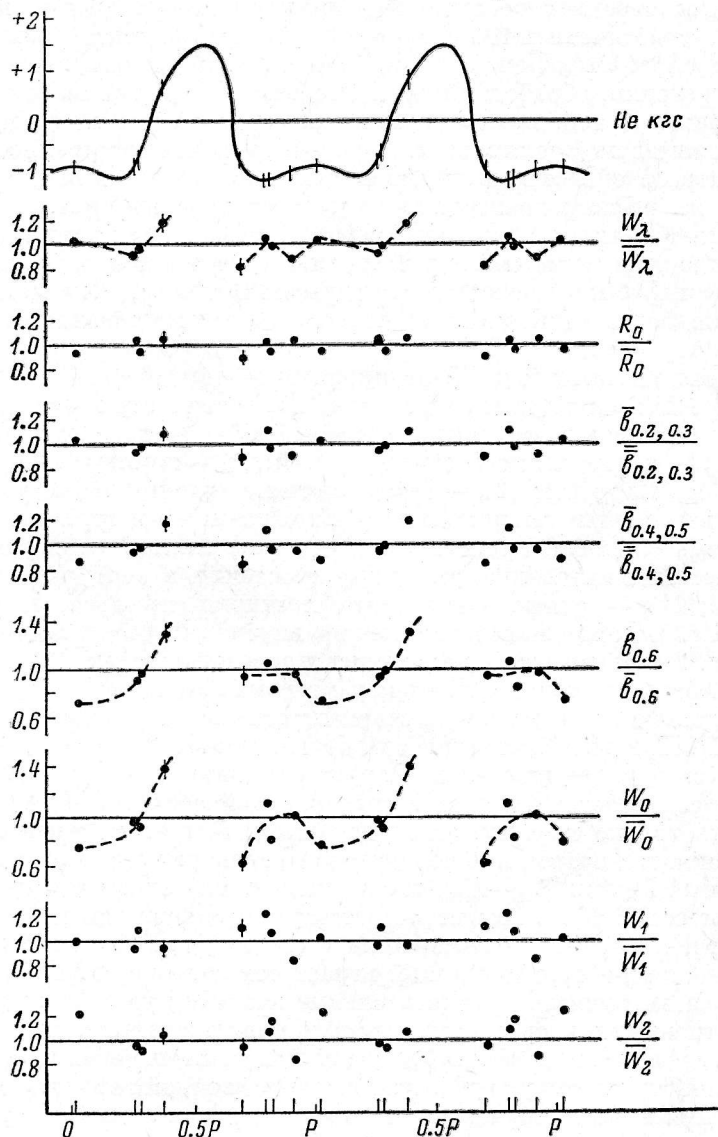


Рис. 2. Относительные изменения различных параметров водородных линий $(H_8 + H_9)/2$ с изменением магнитного поля звезды $\alpha^2 CVn$.

некоторых эшелных строк и чрезмерной плотности соответственно. Некоторые спектрограммы были сняты настолько близко по фазе, что их можно отнести при исследовании практически к одной фазе. Так, к фазе 0.8 можно отнести три спектрограммы. Для этой фазы мы предполагаем в дальнейшем провести детальный анализ структуры и физических условий в атмосфере $\alpha^2 CVn$ с глубиной, а затем проследить характер изменения наиболее интересных параметров атмосферы звезды с изменением магнитного поля.

§ 2. ОБРАБОТКА НАБЛЮДАТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Все спектрограммы были промерены на микрофотометре прямых интенсивностей Крымской астрофизической обсерватории с увеличением 20, а некоторые строки с водородными линиями H_7-H_9 были промерены повторно, с увеличением 10. Некоторые одиночные спектрограммы промерялись и обрабатывались дважды, для того чтобы оценить возможные ошибки прогонки, обработки и т. д. Особенно тщательно была обработана спектрограмма № 106, приходящаяся примерно на максимум магнитного поля положительной полярности. Надо отметить, что проведение непрерывного спектра в области линий бальмеровской серии, особенно ее первых номеров, на регистрограммах звездных спектров высокого разрешения представляет большие трудности, чем в случае более низких дисперсий, из-за мощности водородных линий и большой протяженности их крыльев. Но нам важно было проводить непрерывный спектр, в первую очередь, как можно более единообразно, чтобы достигнуть хорошей внутренней точности обработки.

Нами было проведено дифференцированное изучение водородных линий в спектре α^2CVn . Определены следующие параметры этих линий для каждой фазы изменения магнитного поля: W_λ — эквивалентные ширины линий; R_0 — центральные глубины линий; b_i — ширины линий на глубинах R от 0.2 до 0.6; W_0 — эквивалентные ширины ядер, которые выделялись вертикальными линиями при вхождении в контур на глубине 0.6; W_1 — суммы эквивалентных ширин участков линии, располагающихся между вертикальными линиями при вхождении в контур на глубинах 0.6 и 0.5; W_2 — суммы эквивалентных ширин крыльев, т. е. тех частей линий, которые находятся между глубинами 0.5 и 0.0.

В табл. 2 значения этих параметров приведены только для тех линий, изучение которых в течение периода изменения напряженности магнитного поля представляет по нашему материалу наибольший интерес, а именно для H_7 , H_8 , H_8 и H_9 . Параметры для других водородных линий не определялись по следующим причинам. Параметры линии H_9 — из-за малой плотности на фотопластинках в этой спектральной области. Их можно было определить только на трех спектрограммах. Линия H_8 расположена на краю строки, где проведение непрерывного спектра встречается с особыми трудностями. Линии $H_{10}-H_{20}$, к сожалению, несколько недодержаны на спектрограмме № 106, которая соответствует примерно максимуму магнитного поля положительной полярности и поэтому при изучении изменений интенсивностей водородных линий играет немаловажную роль.

Далее были вычислены относительные значения упомянутых параметров (по отношению к среднему за весь период значению), после чего построены графики их изменений в зависимости от изменения магнитного поля. Для наглядности на графиках был взят двойной период. Относительные значения всех вышеуказанных параметров для линий H_7 и H_8 и для линий H_8 и H_9 соответственно были усреднены для увеличения точности. На рис. 1 и 2 приведены относительные изменения этих параметров с изменением магнитного поля. Относительные изменения ширин, соответствующих глубинам 0.2 и 0.3 и глубинам 0.4 и 0.5, как видно из рис. 1 и 2, были нами усреднены.

Далее было проведено сравнение W_λ водородных линий в спектре α^2CVn , полученных нами, с W_λ водородных линий α^2CVn , полученными другими исследователями (см. [11, 12]). Сравнение говорит о достаточно хорошем согласии, когда речь идет о последних номерах водородных линий, начиная примерно с H_{11} . Для более низких номеров наблюдается систематическое различие в W_λ , которое обусловлено, очевидно, разной методикой проведения непрерывного спектра в этой спектральной области и

ТАБЛИЦА 2

Параметр линии	Фаза								
	0.26	0.27	0.38	0.70	0.80	0.82	0.92	1.02	
	Номер спектрограммы								
	97	98	106	86	92	99	101	96	
W_λ {	H_γ	7.97	7.63	8.19	7.11	8.51	6.59	7.15	6.88
	H_δ	7.18	8.61	9.04	6.56	8.97	8.92	9.08	6.95
	H_8	7.12	7.30	8.53	5.59	8.14	7.84	6.65	8.01
	H_9	6.63	6.97	8.59	6.58	7.74	6.71	6.49	6.97
W_0 {	H_γ	2.40	2.50	2.88	1.74	2.02	1.85	2.09	2.14
	H_δ	2.45	2.68	4.12	2.01	3.05	2.72	3.76	1.79
	H_8	2.73	2.61	3.55	1.59	3.05	2.50	2.63	2.17
	H_9	2.62	2.60	4.29	1.93	3.08	2.00	2.95	2.11
W_1 {	H_γ	1.26	1.18	1.22	0.96	1.46	0.52	0.51	0.55
	H_δ	1.16	1.40	1.02	1.08	1.28	1.34	0.96	1.14
	H_8	0.98	1.18	0.98	1.06	1.30	1.10	0.88	1.30
	H_9	0.98	1.10	0.98	1.22	1.22	1.10	0.84	0.80
W_2 {	H_γ	4.31	3.95	4.09	4.41	4.91	3.70	4.04	4.08
	H_δ	3.57	4.53	3.90	3.47	4.64	4.86	4.36	4.02
	H_8	3.47	3.51	4.00	2.94	3.79	4.24	3.07	4.44
	H_9	3.03	3.27	3.32	3.43	3.44	3.61	2.70	4.19
R_0 {	H_γ	0.89	0.82	0.89	0.77	0.73	0.80	0.86	0.81
	H_δ	0.86	0.83	0.86	0.78	0.86	0.82	0.96	0.75
	H_8	0.82	0.80	0.93	0.74	0.83	0.80	0.85	0.82
	H_9	0.86	0.78	0.88	0.74	0.81	0.78	0.88	0.77
$b_{0.2}$ {	H_γ	15.4	14.6	15.1	13.6	16.4	12.6	13.8	13.2
	H_δ	13.5	16.5	15.3	13.0	16.1	16.6	15.7	13.4
	H_8	13.8	14.2	14.9	11.7	15.8	14.4	12.7	15.5
	H_9	12.4	13.0	14.6	12.9	14.7	12.6	12.1	13.7
$b_{0.3}$ {	H_γ	11.6	11.1	11.2	9.9	12.1	9.3	10.0	9.9
	H_δ	10.5	12.3	11.8	10.0	12.2	12.3	12.0	10.0
	H_8	10.4	10.6	11.3	8.7	12.0	10.8	9.5	11.3
	H_9	9.5	10.0	11.6	10.1	11.5	9.3	9.6	9.8
$b_{0.4}$ {	H_γ	7.9	8.3	8.4	6.8	8.6	6.8	7.3	7.0
	H_δ	7.9	8.8	9.4	7.4	9.1	8.1	9.1	7.0
	H_8	7.9	7.9	8.6	6.3	9.0	7.9	7.2	7.9
	H_9	7.3	7.8	9.2	7.5	8.9	7.1	6.7	7.6
$b_{0.5}$ {	H_γ	6.2	5.8	6.0	4.3	5.5	4.5	4.8	4.5
	H_δ	5.6	6.0	7.4	4.9	6.5	6.3	6.9	4.7
	H_8	5.6	5.8	6.6	4.3	6.6	6.6	5.4	5.2
	H_9	5.3	5.8	7.4	5.2	6.2	4.9	5.7	4.7
$b_{0.6}$ {	H_γ	3.8	3.5	4.0	2.5	3.0	2.8	3.0	2.5
	H_δ	3.5	3.7	5.5	3.0	4.2	3.8	5.1	2.6
	H_8	3.8	3.9	4.7	2.5	4.1	3.4	3.5	2.9
	H_9	3.4	3.8	5.7	2.9	4.0	2.9	4.0	2.9

Примечание. Все величины в таблице, кроме R_0 , выражены в Å.

составляет примерно 15—20%. Найденные в [11, 12] значения W_λ водородных линий H_γ — H_{10} несколько завышены. Однако для исследования изменений интенсивности водородных линий с периодом для нас более важна внутренняя точность.

Для оценки точности определения изучаемых параметров водородных линий нами были вычислены среднеквадратичные ошибки среднего по измерениям двух спектрограмм. При этом использовались различные сочетания двух близких спектрограмм. Сначала брались две соседние по времени спектрограммы, полученные в одну ночь (№ 97 и № 98), затем две спектрограммы, полученные с интервалом в один месяц, но относящиеся к одной и той же фазе (№ 92 и № 99), и, наконец, две спектрограммы для близких фаз, но имеющие различную плотность (№ 101 и № 96). Кроме того, были использованы также результаты обработки двух регистрограмм одной и той же спектрограммы (№ 106), которые были получены совершенно независимо и которые в данном случае формально можно рассматривать как результаты обработки двух спектрограмм. Затем были найдены средние значения из всех вычисленных среднеквадратичных ошибок среднего, которые и нанесены на рис. 1 и 2 вертикальными черточками для некоторых фаз. В процентном выражении среднеквадратичные ошибки среднего по H_γ , H_δ , H_8 и H_9 для изучаемых нами параметров линий следующие:

ΔW_λ	4.5
ΔW_0	8.0
ΔW_1	5.5
ΔW_2	5.5
ΔR_0	2.5
$\Delta b_{0.2, 0.3}$	3.5
$\Delta b_{0.4, 0.5}$	5.0
$\Delta b_{0.6}$	6.0

§ 3. КОНТУРЫ ВОДОРОДНЫХ ЛИНИЙ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ С ПЕРИОДОМ

Далее было проведено сравнение контуров водородных линий H_γ , H_δ , H_8 и H_9 в спектре α^2CVn и в спектре звезды сравнения θ Leo (A2V), приведенное на рис. 3. Результаты сравнения полностью подтверждают выводы работы [12]. Контуров водородных линий в спектре α^2CVn отличаются по своему виду от контуров в спектре θ Leo, причем наибольшее различие наблюдается при глубинах $R \sim 0.3$ — 0.2 . Контуров водородных линий у θ Leo шире, чем у α^2CVn , что может быть связано с отклонением распределения температуры с глубиной в атмосферах магнитных звезд от нормального [12].

Нами исследовано также изменение общего вида контуров линий H_γ , H_δ , H_8 и H_9 у α^2CVn с периодом, которое является отражением относительных изменений различных параметров этих линий, приведенных на рис. 1 и 2. На рис. 3 приведено такое сравнение средних контуров линий для фаз 0.80—0.82 (кривая 1) и для фазы 0.38 (кривая 2).

Анализируя относительные изменения различных параметров водородных линий $\frac{H_\gamma + H_\delta}{2}$ и $\frac{H_8 + H_9}{2}$ с периодом (см. рис. 1 и 2), мы приходим к следующим выводам. Наибольшим изменениям подвержены ширины (b), соответствующие глубине $R=0.6$, и связанные с ними эквивалентные ширины ядер (W_0). Эти относительные изменения составляют около 30% как в сторону максимума магнитного поля положительной полярности, так и в сторону максимума поля отрицательной полярности. Общая амплитуда изменений $b_{0.6}$ и W_0 , таким образом, составляет 60%, что в 8—10 раз больше среднеквадратичных ошибок определения рассматриваемых вели-

чин. В таком случае, как это следует из теории ошибок, наблюдаемые изменения являются реальными. В пользу реальности изменений ширины линий b на больших глубинах R и эквивалентных ширин W_0 ядер свидетельствует также синхронность в их изменениях для $\frac{H_\gamma + H_\delta}{2}$, с одной стороны, и $\frac{H_\delta + H_\theta}{2}$, с другой. Разброс точек, особенно для фаз 0.70, 0.80,

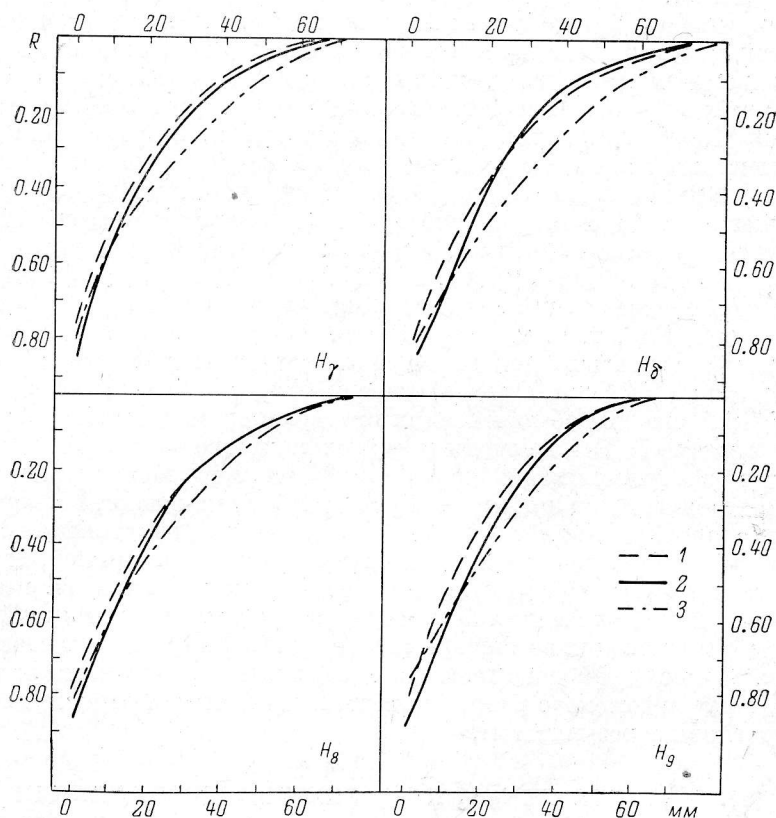


Рис. 3. Сравнение контуров водородных линий H_γ , H_δ , H_ϵ и H_θ в спектрах звезд α^2 CVn и θ Leo.

1 — средние контуры линий α^2 CVn по двум фазам 0.80 и 0.82; 2 — контуры линий α^2 CVn, соответствующие фазе 0.38; 3 — средние по двум спектрограммам контуры линий θ Leo.

0.82, может быть связан с реальными короткопериодическими изменениями, которые наблюдаются и в спектрах других магнитных звезд [4—9].

Таким образом, можно сказать, что с изменением магнитного поля происходят изменения интенсивностей ядер водородных линий в спектре α^2 CVn. Эти изменения в основном обуславливаются изменениями ширины линий на глубинах $R \sim 0.5-0.6$. Относительные изменения других параметров линий: центральных глубин (R_0), ширины (b) на маленьких глубинах (0.2, 0.3), эквивалентных ширин средних частей крыльев (W_1) и далеких крыльев (W_2) с изменением магнитного поля практически не обнаруживаются. Относительные изменения эквивалентных ширин линий в целом, как это видно из рис. 1 и 2, также незначительны.

Поскольку ядра водородных линий из-за большого коэффициента поглощения в центре линий образуются в самых поверхностных слоях атмосферы звезды и обнаруживают изменения, то можно предположить, что эти изменения вызваны переменностью физических условий в поверхностных слоях атмосферы на оптических глубинах $\tau \sim 0.1$. Это, в свою очередь, может быть связано с изменением электронной плотности в верхних слоях атмосферы звезды, которая влияет на ширины контуров водородных линий.

Наши выводы об изменениях ядер водородных линий в спектре $\alpha^2\text{CVn}$ с изменением магнитного поля и предположение о том, что они могут быть вызваны изменениями электронной плотности в верхних слоях атмосферы на глубинах $\tau \sim 0.1$, хорошо согласуются с выводами исследования Козловой [13], также посвященного звезде $\alpha^2\text{CVn}$. Однако наши выводы о переменности ядер водородных линий не согласуются с выводами Вуда [4] и Бонсака и Марковича [9] об изменении интенсивностей крыльев водородных линий в спектрах некоторых других магнитных звезд. Но учитывая то обстоятельство, что среди магнитных звезд трудно найти хотя бы две звезды, подобные друг другу, можно предположить, что у одних звезд имеют место изменения интенсивностей в крыльях, а у других — в ядрах водородных линий, т. е. можно считать, что у разных магнитных звезд наиболее нестабильные слои атмосферы могут располагаться на различной оптической глубине. Правда, следует отметить, что заключение Бонсака и Марковича [9] об изменениях интенсивностей крыльев водородных линий в спектре 73 Dga не очень убедительно. Дело в том, что, по их данным, у этой звезды меняются эквивалентные ширины, но не меняются центральные глубины R_0 линий. Именно отсюда они и заключают, что переменны крылья водородных линий. Однако, если проводить изучение водородных линий более дифференцированно, как это сделано, например, нами, то можно прийти к выводу, что при практически не меняющихся центральных глубинах (R_0) изменения полных эквивалентных ширин линий происходят за счет изменения ширин ядер при относительном постоянстве ширин крыльев. Такое дифференцированное изучение водородных линий по спектрограммам высокого разрешения приводит, по нашему мнению, к более достоверным результатам.

§ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ $\lg n_e$ И $\lg g$ ПО ВОДОРОДНЫМ ЛИНИЯМ

Величины $\lg n_e$ и $\lg g$, средние по всем фазам, определялись для атмосферы $\alpha^2\text{CVn}$ в целом обычными методами.

1. Для определения электронных плотностей использованы известные соотношения Инглиса—Теллера и метод Унзольда.

Для определения $\lg n_e$ по соотношению Инглиса—Теллера номер последней наблюдаемой линии n_m находился методом экстраполяции по зависимостям величин W_λ водородных линий и их центральных глубин R_0 от номеров водородных линий. Получено, что n_m равен 22 и 21.7 соответственно, т. е. $\bar{n}_m = 22$. Была учтена поправка за роль электронов в размывании высших членов бальмеровской серии [14]. Поправка за влияние осевого вращения не учитывалась, так как она оказалась ничтожно малой из-за малого значения $v \sin i$ (29 км/сек.) для $\alpha^2\text{CVn}$. В результате получено значение $\lg n_e = 12.98$ с ошибкой примерно 10—20%.

Для определения $\lg n_e$ по методу Унзольда были вычислены по известным формулам величины $\lg N_{0,2}\text{H}$ для каждой водородной линии. При этом были использованы средние по всем фазам значения W_λ водородных линий (табл. 3).

Затем был найден нижний предел $\lg N_{0,2}\text{H}$, равный 16.25. Используя эквивалентные ширины линий H_γ и H_δ и учитывая поправки за эффект

ТАБЛИЦА 3

N	\bar{W}_λ	$\lg N_{0,2}H$	N	\bar{W}_λ	$\lg N_{0,2}H$	N	\bar{W}_λ	$\lg N_{0,2}H$	N	\bar{W}_λ	$\lg N_{0,2}H$
H ₉	7.59	14.68	H ₉	7.08	15.98	H ₁₃	2.92	16.16	H ₁₇	0.36	15.61
H ₇	7.50	15.01	H ₁₀	6.00	16.06	H ₁₄	2.08	16.11	H ₁₈	0.24	15.50
H ₈	8.16	15.30	H ₁₁	4.80	16.13	H ₁₅	1.26	15.97	H ₁₉	0.14	15.36
H _ε	(7.29)	(15.61)	H ₁₂	4.11	16.18	H ₁₆	0.62	15.76	H ₂₀	0.09	15.25
H ₈	7.40	15.83									

переналожения крыльев высших членов бальмеровской серии и за роль электронов в расширении и увеличении W_λ линий H_γ и H_δ [15], был вычислен $\lg n_e$ по методу Унзоляда. Среднее значение $\lg n_e$ по линиям H_γ и H_δ составляет 13.57.

Как известно, электронные плотности, получаемые по формуле Инг-лиса—Теллера, относятся к сравнительно верхним слоям атмосферы звезды, а электронные плотности, полученные по методу Унзоляда, характеризуют атмосферу в среднем [15]. Электронные плотности для α² CVn, вычисленные нами по этим методам, различаются примерно на полпорядка. Что касается электронных давлений, то, по нашим данным, $\lg P_e = 1.03$ (по номеру последней линии) и $\lg P_e = 1.62$ (по методу Унзоляда). (Температура T_a , входящая в формулу $P_e = n_e k T_a$, взята по данным работы [1]). Бербиджи [1] получили значения $\lg P_e$, равные 1.78 и 1.86 соответственно, но они не учитывали поправок за различные эффекты, влияющие на W_λ водородных линий, и нашли, что $n_m = 19$. У нормальных звезд спектрального класса A0 III, к которым ближе всего магнитные звезды по светимости, $\lg P_e \approx 2$.

2. Ускорение силы тяжести для α² CVn определялось следующим образом.

1) «Динамическим» методом по формуле

$$g_{\text{дин}} = G \frac{\mathfrak{M}}{R^2},$$

где R — радиус «фотосферы», \mathfrak{M} — масса звезды. Величины M_v , $\Delta m_{\text{бол}}$ и $\theta_{\text{эфф}}$, необходимые для определения R , взяты из [16] и [17]. Используя данные относительно $M_{\text{бол}}$ и $\theta_{\text{эфф}}$ для Солнца, находим для α² CVn $R = 3.9 R_\odot$. Далее, используя диаграмму ($\lg L/L_\odot$, $4 \lg T_{\text{эфф}}$) [18] находим $\mathfrak{M} = 3.4 \mathfrak{M}_\odot$. Таким образом, получаем, что $\lg g_{\text{дин}} = 3.8$. Учитывая возможные ошибки в определении величин R и \mathfrak{M} упомянутыми способами, можно сказать, что ошибка в определении $\lg g$ составляет ± 0.2 .

2) С помощью таблиц Михаласа для различных значений $\theta_{\text{эфф}}$ и $\lg g$ [19] из сравнения наблюдаемых ширин водородных линий H_β, H_γ и H_δ на различных глубинах и теоретически рассчитанных ширин этих линий (для соответствующих глубин). Известно, что α² CVn является звездой спектрального класса A0. Это следует и из работы Леушина [11]. Поэтому для α² CVn $\theta_{\text{эфф}} = 0.51$ [17]. Величины $\lg g$ определялись по наблюдаемым ширинам $\Delta \lambda$ линий, соответствующим их различным глубинам от 0.1 до 0.6, отдельно для H_β, H_γ и H_δ. В результате усреднения по глубинам и трем линиям $\lg g_{\text{спектр}} = 2.6$.

3) С помощью таблиц Михаласа из сравнения наблюдаемых величин W_λ водородных линий и теоретически рассчитанных значений W_λ этих же линий. Были использованы W_λ линий H_β, H_γ и H_δ. Значение $\lg g$, среднее по этим трем линиям, оказалось равным 2.5.

Значения $\lg g$, полученные двумя последними способами, мало различаются и их можно усреднить. Окончательно $\lg g_{\text{спектр}} = 2.55 \pm 0.20$.

В [20] установлено, что для Ар-звезд $\lg g$ находятся в следующих пределах: $3 < \lg g < 4$. Найденное нами значение $\lg g_{\text{лин}} = 3.8$ не противоречит этому. Однако значение $\lg g_{\text{спектр}}$ отличается примерно на порядок. Джугаку и Сарджет [21] также определили $\lg g$ для α^2 CVn по контурам водородных линий, используя модели Михаласа. По их данным, $\lg g = 3.9$. Они использовали для этой звезды $\theta_{\text{эфф}} = 0.36$, определив его по бальмеровскому скачку. Определение $\theta_{\text{эфф}}$ по скачку не очень уверенное, так как бальмеровский скачок у магнитных звезд меняется с изменением магнитного поля и отличается от скачка у нормальных звезд спектрального класса A0 III [22, 23].

По нашим определениям, наблюдается различие между $\lg g_{\text{лин}}$ и $\lg g_{\text{спектр}}$ (примерно на порядок). Чтобы с помощью моделей Михаласа по ширинам $\Delta\lambda$ и эквивалентным ширинам W_λ линий получить более высокие значения $\lg g$, надо приписать звезде α^2 CVn более ранний спектральный класс, примерно B5. Однако самые последние данные по спектральной классификации магнитных звезд, как уже упоминалось выше, свидетельствуют о том, что α^2 CVn имеет спектральный класс A0 [41]. Причины найденного различия остаются пока неясными.

В заключение выражаю благодарность Б. А. Смагину за помощь в обработке регистрограмм.

Литература

1. G. R. Burbidge, E. M. Burbidge, *Astrophys. J. Suppl.*, **1**, No. 14, 1955.
2. W. S. Tai, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, **100**, No. 2, 1939.
3. R. Faraggiana, M. Hack, *Mem. Soc. Astron. Ital.*, **33**, N 4, 1967.
4. H. J. Wood, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **76**, 158, 1964.
5. H. J. Wood, *Astron. J.*, **70**, No. 2, 151, 1965.
6. H. J. Wood. *The Magnetic and Related Stars*, ed. R. Cameron, Mono-Book Corporation, Baltimore, 1967, p. 485.
7. A. Kizilirmak, H. J. Wood, *Astron. J.*, **72**, No. 6, 727, 1967.
8. H. J. Wood, G. W. Lockwood, C. Doremus, *Astron. J.*, **73**, No. 5, Pt. II, 124, 1968.
9. W. K. Borsack, A. H. Markovitz, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **79**, 235, 1967.
10. K. Osaawa. *The Magnetic and Related Stars*, ed. R. Cameron, Mono-Book Corporation, Baltimore, 1967, p. 363.
11. В. В. Леушин, *Изв. Крымск. астрофиз. обс.*, **41**, 1970.
12. Ю. В. Глаголевский, К. И. Козлова, *Астрофизика*, **3**, вып. 3, 1967.
13. К. И. Козлова, *наст. сборник*, стр. 18.
14. И. М. Копылов, *Изв. Крымск. астрофиз. обс.*, **26**, 232, 1961.
15. И. М. Копылов, *Изв. Крымск. астрофиз. обс.*, **35**, 11, 1966.
16. И. М. Копылов, *Изв. Крымск. астрофиз. обс.*, **23**, 148, 1960.
17. И. М. Копылов, *Изв. Крымск. астрофиз. обс.*, **30**, 69, 1963.
18. И. М. Копылов, *Изв. Крымск. астрофиз. обс.*, **36**, 134, 1967.
19. D. Mihalas, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **13**, No. 114, 1966.
20. W. L. W. Sargent, L. Searle, *The Magnetic and Related Stars*, ed. R. Cameron, Mono-Book Corporation, Baltimore, 1967, p. 209.
21. F. Jugaku, W. L. W. Sargent, *Astrophys. J.*, **151**, No. 1, 1968.
22. Ю. В. Глаголевский, *Вестн. АН КазССР*, **2**, 46, 1965.
23. Ю. В. Глаголевский, *Вопросы астрофизики и атмосферной оптики*, Тр. Астрофиз. инст. АН КазССР, **7**, 57, 1966.

Декабрь 1968 г.