

УДК 524.352

## ИЗМЕНЕНИЕ ЛИНИЙ ПЕКУЛЯРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СПЕКТРЕ $\chi$ PSC . I. ЛИНИИ CrII

Н.З. ИСМАИЛОВ, С.Г. АЛИЕВ, А.Б. АСКЕРОВ, С.К. ЗЕЙНАЛОВ

*Шемахинская астрофизическая обсерватория им.Н.Туси НАН Азербайджана  
372243, г.Шемаха, Азербайджан*

Спектральные параметры ( $W_\lambda$ ,  $V_T$ ,  $\lambda_{1/2}$ , R) линий CrII  $\lambda\lambda 4836, 4848\text{Å}\text{Å}$  показывают пульсационные изменения с периодом  $\sim 17$  минут, обнаруженные ранее в [20]. Наблюдается возрастание или затухание амплитуды колебаний в течении  $1.5\div 2$  часа. Показано, что по сравнению с линиями других химических элементов, у линий хрома амплитуда переменности значительно больше.

### ВВЕДЕНИЕ

К настоящему моменту, известно около 30  $\gamma$ Ar звезд. Основные характеристики этих звезд подробно описаны в обзорах [1-4]. Как правило,  $\gamma$ Ar звезды пульсируют нерадиальными  $p$ -модными пульсациями в интервале периодов  $4\div 15$  минут и расположены с холодной стороны на классической неустойчивой ветви диаграммы ГР. Они проходят стадию ядерного горения водорода и являются магнитными ротаторами. По нынешним представлениям,  $\gamma$ Ar звезды являются магнитными пульсаторами [5], где направления нерадиальных пульсаций выстроены наклоном относительно магнитной оси. Имеются некоторые предложения (см. например, [5-7, 8]), объясняющие механизм возникновения быстрых пульсационных колебаний у  $\gamma$ Ar звезд. Однако, выдвинутые к настоящему времени предположения пока не в состоянии объяснить все наблюдаемые свойства  $\gamma$ Ar звезд. Физическая природа  $\gamma$ Ar звезд вызывает весьма большой интерес научной общественности, т.к. эти звезды являются диагностическими средствами для звездной сейсмологии у звезд типа A-F, имеющих сильные магнитные поля и позволяют "взглянуть" на внутреннюю структуру звезды.

Магнитная Ar звезда  $\chi$  Psc (HD220825, тип Sr,Cr,Eu) является одной из относительно ярких пекулярных звезд. По данным разных авторов для скорости вращения звезды получены разные оценки. Например, по данным Боярчука и Копылова [9] для  $v \sin i$  этой звезды получено значение 48км/с, а в работе Престона [10] приводится значение равное 34км/с. Пипер и Адельман [11] получили для  $v \sin i = 38$ км/с и наклон оси вращения к лучу зрения  $i = 8^\circ$ .

Фотометрические наблюдения Ракоша (B,V) [12], Бланко и др.(UBV) [13] показали изменение блеска с амплитудой  $0.^m02$  с разбросом  $0.^m01$ , причем в связи с неудачным выбором звезд-стандартов кривые блеска, полученные этими авторами, по форме сильно отличались между собой. Ван Гендереном [14] получено немного исправленное значение периода изменения блеска, равное  $P = 0.^d5853$ . Спектральные наблюдения Алиева [15] показали, в целом, согласие изменений с таким периодом и спектральных параметров  $\chi$  Psc. Кейдл и Шнейдер [16] по узкополосной фотометрии обнаружили изменение блеска с периодом  $1.4200 \pm 0.0005$  дня, а Керчбаум и Майтзен [17], с помощью наблюдений в  $u$ -полосе Стремгеновской фотометрии по 19 точкам, обнаружили период  $1.412 \pm 0.001$  дня.

Ранние наблюдения показали наличие переменного магнитного поля на поверхности звезды с экстремальными значениями  $-400,+200$  Гс [18] и  $-430,+190$  Гс [19].

Алиевым и Исмаиловым [20, 21] впервые была установлена быстрая переменность в спектре  $\chi$  Psc. В работах [20-22] обнаружена периодическая быстрая осциляция значений лучевых скоростей и эквивалентных ширин спектральных линий FeII, MgI, TiII, Ni с периодом около 17 минут. В настоящей работе изложены результаты спектральных исследований двух линий пекулярных элементов CrII  $\lambda\lambda 4836$  и  $4848 \text{ \AA}$  Ar звезды  $\chi$  Psc.

### НАБЛЮДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Спектральный материал охватывает 26 эшелле спектрограмм, полученных в 1999г. в 2-х сериях наблюдений. В каждой серии, одна за другой, получены по 13 спектрограмм, с временным разрешением 3-10 минут, в зависимости от качества изображений. В данной работе использованы спектрограммы, полученные в ночи наблюдений  $-\text{JD } 2451452$  и  $2451453$ . Каждая серия наблюдений длилась более 1.5 часа (Таблица1).

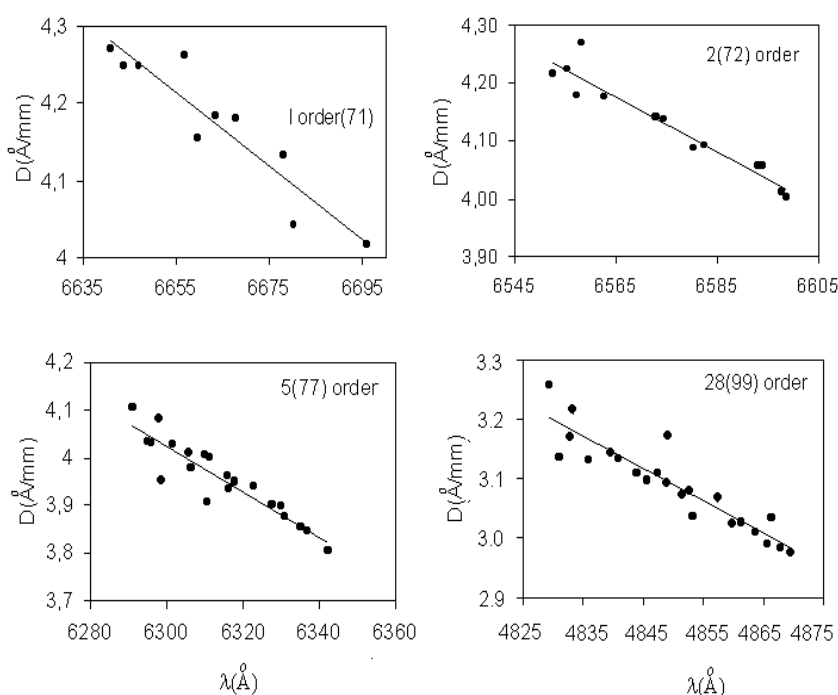
#### Таблица1.

Спектральные параметры линий CrII в спектре  $\chi$  Psc.

№	JD 2450000	CrII 4836				CrII 4848			
		W (Å)	$\lambda_{1/2}$ (Å)	R	Vr (км/с)	W(Å)	$\lambda_{1/2}$ (Å)	R	Vr(км/с)
374	1452.4389	0.189	1.136	0.157	-10.97	0.349	0.911	0.21	-11.6
375	1452.4444	0.164	1.126	0.144	-7.04	0.282	1.468	0.19	-11.42
376	1452.4500	0.183	1.131	0.16	-6.83	0.349	0.945	0.22	-13.54
377	1452.4549	0.154	1.038	0.149	-7.76	0.343	0.961	0.23	-9.79
378	1452.4604	0.168	1.228	0.144	-10.28	0.252	0.792	0.19	-15.17
379	1452.4660	0.184	1.080	0.163	-10.13	0.469	1.126	0.22	-10.34
380	1452.4715	0.186	1.177	0.159	-7.19	0.223	0.997	0.19	-12.24
381	1452.4771	0.171	1.075	0.193	-5.55	0.212	0.88	0.20	-10.52
382	1452.4868	0.184	1.161	0.158	-6.49	0.257	0.91	0.18	-9.85
383	1452.4924	0.156	1.105	0.150	-5				-5
384	1452.4979	0.212	1.178	0.172	-11.7	0.348	1.063	0.21	-13.54
385	1452.5035	0.215	1.162	0.180	-6.7	0.359	1.115	0.19	-14.47
386	1452.5160	0.159	0.887	0.168	-10.25	0.372	0.819	0.22	-9.37
409	1453.3646	0.332	1.593	0.253	-12.6	0.337	1.258	0.33	-13.26
410	1453.3681	0.164	0.953	0.160	-4.2	0.299	0.986	0.21	-2.6
411	1453.3722	0.220	1.176	0.170	-5.12	0.366	1.161	0.23	-0.22
412	1453.3757	0.190	1.243	0.154	-10.78	0.291	1.190	0.18	-6.98
413	1453.3799	0.225	1.095	0.159	-4.13	0.27	1.220	0.20	-3.57
414	1453.3833	0.205	1.042	0.162	-3.67	0.237	1.196	0.17	-5.26
415	1453.3875	0.201	1.144	0.162	-2.82	0.205	1.308	0.15	-5.71
416	1453.3917	0.195	1.143	0.156	-9.57	0.451	1.455	0.24	-6.26
417	1453.3958	0.159	1.033	0.153	-5.91	0.242	1.113	0.20	0.33
418	1453.3993	0.153	0.926	0.164	-1.43	0.282	1.062	0.20	-3.03
419	1453.4028	0.220	1.457	0.195	-4.69	0.278	1.231	0.22	5.3
420	1453.4063	0.199	1.429	0.149	-5.75	0.291	1.050	0.22	3.11
421	1453.4097	0.207	1.081	0.193	-6.84	0.312	0.846	0.26	1.03

Спектральное разрешение не хуже  $R=30000$  в области линии  $H\alpha$ . Среднее отношение сигнала к шуму в этом же участке спектра  $S/N=120$ . Описание аппаратуры подробно приведено в работе [20]. Окно ПЗС детектора охватывает диапазон  $\lambda\lambda 6700-4300\text{\AA}$ , который разделен на 40 участков, где номера порядков эшелле изменяются от 71 по 111.

Для достижения высокой точности позиционных измерений по спектрограммам, важно правильно построить кривую дисперсии по порядкам. В пакете программ предоставлен каталог солнечного спектра, где значения лабораторных длин волн приведены с точностью  $\pm 0.0001\text{\AA}$ . Кривые дисперсии нами строились по спектру дневного света. На Рис.1. приводятся 4 разных примера кривых дисперсий, построенные для разных спектральных порядков по спектру дневного неба 1999 г.



**Рис.1.**

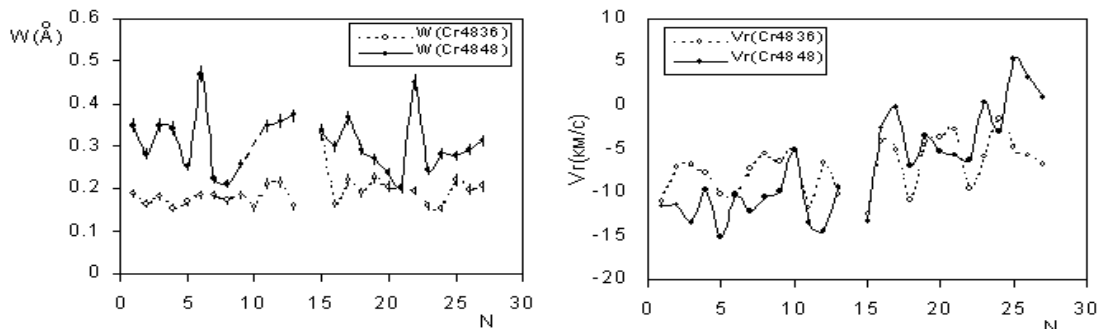
Примерные кривые дисперсии, построенные по спектру дневного света для разных порядков.

Как видно, все кривые дисперсии внутри порядка меняются по линейному закону. По всему I (71) порядку шириной  $\Delta\lambda=56.238\text{\AA}$  линейная дисперсия изменяется на  $0.2533\text{\AA}/\text{мм}$ . Средняя ошибка дисперсии по каждому порядку  $\sigma \leq 0.08\text{\AA}/\text{мм}$ , среднеквадратичное отклонение каждой реперной линии от кривой дисперсии составляет  $\sigma \approx 0.003 \div 0.006\text{\AA}$ . Это означает, что каждое измерение позиции линий может оцениваться с точностью  $\pm 0.15 \div 0.3\text{км}/\text{с}$ . На практике же, при оптимальном соотношении сигнала к шуму, практическая точность измерений по позициям линий достигает  $0.5 \div 1.0\text{км}/\text{с}$ .

Были измерены эквивалентные ширины  $W_\lambda$ , полуширины  $\Delta\lambda_{1/2}$ , относительные интенсивности  $R_\lambda$  и лучевые скорости  $V_r$  линий пекулярных

элементов CrII  $\lambda\lambda 4836$  и  $4848\text{\AA}$ . Результаты измерений всех 4 спектральных параметров приведены в Таблице 1. Для контролирования стабильности аппаратуры были систематически измерены параметры линий дневного спектра и спектра стандартных звезд HR 8506 и HR 0265. Среди “теллурических” линий измерены линии  $\text{H}_2\text{O}$  из 81 порядка  $\lambda\lambda 5909, 5919, 5932, 5950\text{\AA}$  и из 76 порядка линии  $\text{O}_2$   $\lambda\lambda 6295, 6298, 6302, 6306\text{\AA}$ . Среднеквадратичное отклонение при измерениях эквивалентных ширин указанных линий не превосходит 7-8%. Для лучевых скоростей этих же линий, по всем наблюдениям, получено среднеквадратичное отклонение от среднего  $\sigma = \pm 0.6 \text{ км/с}$ .

На Рис.2. приведено изменение значений эквивалентных ширин и лучевых скоростей линий CrII  $\lambda\lambda 4836, 4848\text{\AA}$ , от спектра к спектру, внутри каждой серии наблюдений. Отсюда видно, что значения изменений эквивалентных ширин и лучевых скоростей значительно превосходят пределы ошибок измерений этих параметров. В течение наблюдений внутри каждой серии (более 1.5 часов) наблюдается осцилляционное изменение всех указанных спектральных параметров линий ионизованного хрома.



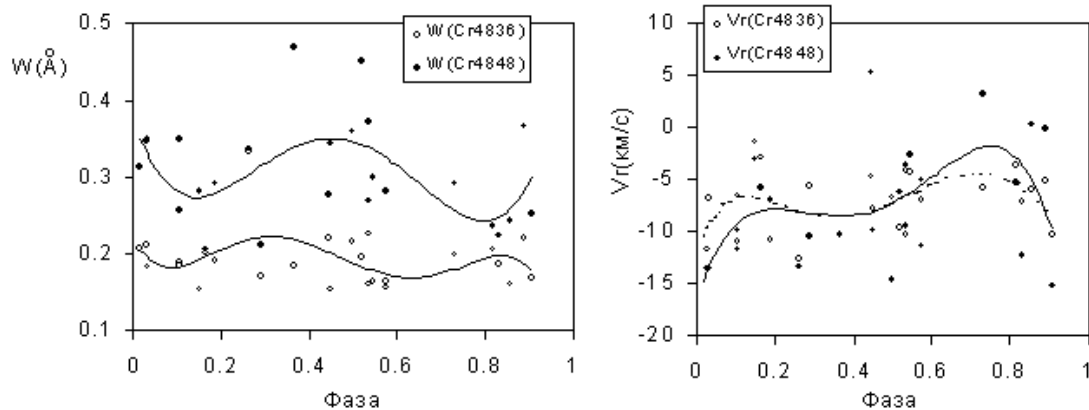
**Рис.2.**

Изменение значений эквивалентных ширин и лучевых скоростей линий CrII 4836 и  $4848\text{\AA}$  от спектра к спектру в двух отдельных сериях наблюдений.

Из Рис.2. видно, что примерно за 1.5 часа, помимо пульсационного изменения значений, наблюдается, в целом, либо затухание либо возрастание амплитуды колебаний этих параметров линий.

Как видно из Таблицы 1. и из Рис.2. и Рис.3. значения лучевых скоростей указанных линий изменяется примерно с равной амплитудой и синхронно в пределах от  $-15$  до  $+5 \text{ км/с}$ , т.е.  $\Delta V \approx 20 \text{ км/с}$ . Заметим, что это значение амплитуды  $V_r$  примерно в 2 раза превосходит амплитуды изменений  $V_r$  по линиям FeII, MgII, MgI [22]. Аналогичное превосходство в амплитудах изменений наблюдается и у остальных трех спектральных параметров линий хрома.

На Рис.3. приведены кривые изменения значений эквивалентных ширин и лучевых скоростей линий CrII в зависимости от фазы периода пульсации, обнаруженные ранее Алиевым и Исмаиловым [20]. Средние кривые проведены по 5ой степени полинома. Одновременно, по сравнению с другими элементами (см. например, [22]), для данных линий временами наблюдается значительный разброс точек от средней фазовой кривой.



**Рис.3.**

Изменение значений эквивалентных ширин и лучевых скоростей линий CrII 4836 , 4848 Å у  $\chi$  Psc в двух отдельных сериях наблюдений в зависимости от фазы пульсационного периода.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В работах [20,21] показано, что у Ар звезды  $\chi$  Psc наблюдается кратковременная пульсационная переменность спектра с периодом  $\sim 17$  минут ( $P=0.^d0119$ ), которая обнаруживается по изменению параметров разных химических элементов, включая линии Ni, FeII, MgII, TiII и др. В этих работах показано, что в отдельные ночи, изменения параметров определенных линий не показывают явных признаков периодичности, хотя чаще всего большинство линий и все данные по 84 спектрограммам, охватывающим 8 ночей наблюдений позволяют обнаружить пульсационную переменность с периодом  $\sim 17$  минут. Было показано, что в течение наблюдений каждой серии, помимо быстрых осцилляционных изменений, наблюдается увеличение или полное затухание амплитуды изменений за 1.5-2.5 часа.

Наш анализ двух серий наблюдений по линиям CrII показал, что эти линии также показывают аналогичную переменность с найденным ранее пульсационным периодом. Кроме того, здесь также наблюдается изменение амплитуды колебаний в течение 1.5 часа. Кроме того, по сравнению с другими спектральными линиями, у линий CrII наблюдается значительно большая амплитуда переменности в спектральных параметрах.

В заключении приведем основные выводы работы:

1. Наблюдается пульсационная переменность линий CrII с периодом  $\sim 17$  минут, обнаруженная ранее в [20] для других линий спектра  $\chi$  Psc. Одновременно наблюдается изменение амплитуды пульсационных колебаний спектральных параметров линий CrII в течение 1.5÷2 часа, что было наблюдено ранее и у линий других химических элементов.
2. Амплитуда изменений спектральных параметров линий CrII значительно превышает амплитуды подобных изменений в линиях других химических

элементов. Возможно, физическая природа пульсационных колебаний имеет определенную связь со свойствами линий пекулярных элементов у магнитных звезд.

1. W.W. Weiss in Upper Main Sequence Stars with Anomalous Abundances, proc.IAU Coll.90.Cowley et.al.eds., D.Reidl.Publ.Co, (1986) 219.
2. H.Shibahashi, *Lecture Notes in Physics, Springer, Berlin*, №.274 (1987) 112.
3. D.W. Kurtz, *Ann.Roy.Astron.Astrophys*, **28** (1990) 607.
4. J. Matthews, *Publ.Astro.Soc.Pacif.*, **103** (1992) 5.
5. D.W. Kurtz, *Mon.Notic.Roy.Astron.Soc.*, **200** (1982) 807.
6. H.Shibahashi, H.Saio, *Publ.Astron.Soc.Japan.*, **37** (1985) 245.
7. N.J.Balmforth, D.O.Gough, *Solar Physics*, **128** (1990) 161.
8. S.Vauclair, N.Dolez, *Lecture notes in Physics.Springer.Berlin*, № **367** (1990) 399.
9. А.А.Боярчук, И.М.Копылов, *Изв. Крым.Астрофиз.обс.*, **31** (1964) 44.
10. G.W.Preston, in *Stellar Rotation*, ed.A.Slettebak, (1970) 254.
11. D.M.Pyper, S.J.Adelman, *Astron.Astrophys.Suppl.Ser.*, **51** (1983) 365.
12. K.D.Rakos, *Lowell Obs.Bull.*, **5** (1962) 227.
13. C.Blanco, F.Catalano, G.Godoli, in *Non-Periodic Phenomena in Variable Stars, IV Coll.on Var.Stars,ed.L.Detre, Academic Press,Budapest*, (1969) 243.
14. A.M.Genderen, *AstronAstrophys.Suppl.Ser.*, **14** (1971) 48.
15. С.Г. Алиев, *Магнитные Ар звезды.Элм.Баку.ред.И.А.Асланов.*(1975) 80.
16. T.J.Kreidl, H.Schneider, *Inf.Bull.Var.Stars.*, № **3282** (1989) 1.
17. F.Kerschbaum, H.M.Maitzen, *Astron.Astrophys*, **246** (1989) 346.
18. P.Didelon, *Astron.Astrophys.Suppl.Ser.*, **53** (1983) 421.
19. F.F.Borra, J.D.Landstreet, *Astrophys.J.Suppl.Ser.*, **42** (1980).421.
20. С.Г.Алиев, Н.З. Исмаилов, *Астрон.Журн.*, **77** (2000).834.
21. S.G.Aliev, N.Z.Ismailov, *Odessa Astronomical Publications.*, **14** (2001).110.
22. С.Г.Алиев, Н.З.Исмаилов, С.К.Зейналов, Дж. Кулизаде, А. Аскеров (в печати).

**$\chi$  PSC ULDUZUNUN SPEKTRİNDƏ PEKULYAR ELEMENTLƏRİN XƏTLƏRİNDƏ DƏYİŞMƏLƏR. I. CrII XƏTLƏRİ**

**N.Z.İSMAYİLOV, S.H.ƏLİYEV, A.B.ƏSGƏROV, S.Q.ZEYNALOV**

CrII  $\lambda\lambda 4836$  və  $4848\text{\AA}$  xətlərinin spectral parametrlərində ( $W_\lambda$ ,  $V_r$ ,  $\lambda_{1/2}$ , R) öncə tapılmış [20]  $\sim 17$  dəqiqəlik pulsasiya periodu üzrə dəyişmələr olduğu aşkar olunmuşdur.  $1.5 \div 2$  saat ərzində rəqslərin amplitudunun böyülməsi və ya sönməsi müşahidə olunmuşdur. Başqa kimyəvi elementlərin xətləri ilə müqayisədə xrom xətlərində dəyişmə amplitudu nəzərəcərpacaq dərəcədə çoxdur.

**THE VARIABILITY OF PECULIAR ELEMENTS LINES IN THE SPECTRUM OF  $\chi$  PSC. I. LINES CrII**

**N.Z.ISMAILOV, S.G.ALIEV, A.B.ASKEROV, S.K.ZEYNALOV**

Spectral parameters ( $W_\lambda$ ,  $V_r$ ,  $\lambda_{1/2}$ , R) of lines CrII  $\lambda\lambda 4836$ ,  $4848\text{\AA}$  show pulsation type variability with the period  $\sim 17$  minutes which had been found out earlier in [20]. The increase or degrees of amplitudes of fluctuations is observed during  $1.5 \div 2$  hours. It was shown that in comparison with lines of other elements at lines Cr the amplitude of variations is larger.

Редактор:П.Салманзаде