

ПОИСК ЛИНИЙ ТЯЖЕЛЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБЛАСТИ

3170—3700 Å у Ар-ЗВЕЗД 21Per, 53Cam, βCrB

Ю. В. Глаголевский, К. И. Козлова

Ультрафиолетовые спектры (дисперсия 6.7 Å/мм, область λ 3160—3700 Å) магнитных звезд 21Per, 53Cam, βCrB были изучены с целью поиска линий тяжелых химических элементов с $Z > 74$. Спектры получены на основном звездном спектрографе 6-метрового телескопа. Самая слабая выделяемая линия имеет эквивалентную ширину 7—9 мÅ. Из большого количества искоемых линий разных химических элементов можно было обнаружить от одной до нескольких линий некоторых элементов, как правило, с небольшой степенью достоверности. Все остальные линии совпадают с линиями обычно присутствующих химических элементов и не могут быть выделены уверенно. Использование ультрафиолетовой области спектра не уменьшает сложности идентификации линий тяжелых химических элементов в атмосферах магнитных звезд.

The ultraviolet spectra (dispersion 6.7 Å/mm, the region λ 3160—3700 Å) of magnetic stars 21 Per, 53Cam, βCrB are studied with the purpose of search for lines of heavy elements with $Z > 74$. The spectra have been obtained with the main stellar spectrograph of the 6-meter telescope. The weakest notable line has the equivalent width 7—9 mÅ. From a large number of the lines in question of different chemical elements it was possible to detect only from one to several lines of certain elements, as a rule with a small degree of probability. All other lines coincide with the lines of the chemical elements usually present and are not distinguished confidently. The use of the ultraviolet region of the spectrum does not reduce the complicacy of the problem of identification of heavy elements in magnetic stars.

В последнее время значительное внимание уделяется поискам линий тяжелых химических элементов в спектрах магнитных звезд. Особенно большой интерес приобрели работы по поискам сверхтяжелых элементов с $Z > 74$, доказательство существования которых могло бы иметь фундаментальное значение в проблеме химических аномалий магнитных звезд. Поэтому необходима любая дополнительная информация о наличии тяжелых и сверхтяжелых химических элементов, которые предполагаются в атмосферах магнитных Ар-звезд. В ряде случаев исследователи высказывают предположение о целесообразности поиска линий этих элементов в ультрафиолетовой области спектра. Эта область особенно интересна тем, что существует мнение о концентрации химических элементов в основном в поверхностных слоях, где эффективно образуется линейчатый спектр ближайшей ультрафиолетовой области. С точки зрения данной проблемы область спектра λ 3100—3700 Å совершенно не изучена. Ввиду слабости линий и ненадежности их обнаружения расширение спектрального диапазона с целью поиска сверхтяжелых элементов увеличило бы вероятность их идентификации.

В настоящей работе используются спектры с обратной дисперсией 6.7 Å/мм в диапазоне λ 3160—3700 Å, полученные на II камере основного звездного спектрографа 6-метрового телескопа. Изучены три звезды — 21Per, 53Cam и βCrB, данные о которых приведены в табл. 1. Линии 21Per, к сожалению, немного расширены вращением, однако нам было

ТАБЛИЦА 1
Изученные звезды

Звезда	HD	T_e , K	Тип пекулярности	Период P	$v \sin i$, км/с	Число спектров	Фазы наблюдения
21Per	18296	10250	Sr, Cr, Eu, Si	2 ^h 884	24	3	0.12, 0.26, 0.45
53Cam	65339	8650	Sr, Cr, Eu	8.028	10	2	0.35, 0.35
β CrB	137909	7600	Sr, Cr, Eu	18.487	<3	3	0.18, 0.18, 0.97

интересно продолжить наши исследования, проведенные в видимой области спектра [1]. Поиски линий сверхтяжелых элементов проводились по регистрограммам, полученным на микрофотометре с записью в интенсивностях с увеличением 75. Дисперсия на регистрограммах равна 0.086 Å/мм, спектральное разрешение 0.20 Å. Сначала проводилось полное отождествление полученных регистрограмм спектров всех трех звезд, при этом использовались каталоги [2—9], работы [10—11] и др. Найденная линия считалась достоверной, если она обнаруживалась на 2—3 регистрограммах. Наиболее слабая линия, которую мы могли уверенно выделить среди «шумов» фотоэмюльсии, имела эквивалентную ширину $W = 7 \div 9$ мÅ.

ТАБЛИЦА 2
Результаты поиска линий тяжелых элементов

Элемент	Z	Число линий в списке	Число найденных линий		
			21Per	53Cam	β CrB
W	74	103	3	1	3
Re	75	183	—	—	—
Os	76	140	6	2	5
Ir	77	70	—	—	—
Pt	78	22	2	2	1
Au	79	1	—	—	—
Hg	80	7	1	1	1
Pb	82	5	—	—	—
Th	90	297	5	1	2
U	92	111	1	1	1

В табл. 2 приведен список искомых химических элементов и количество их линий n , а также число линий, которые, как можно предположить, принадлежат этим элементам. Ввиду сильного блендирования найденные линии не обязательно принадлежат к наиболее интенсивным (имеются в виду каталожные интенсивности).

Общие замечания могут быть следующими. Спектры всех трех звезд очень богаты линиями, поэтому одиночных неблендированных линий вообще мало. Это обстоятельство крайне затрудняет поиск слабых, как можно предполагать, линий сверхтяжелых элементов. Как правило, искомые линии блендируются, но заметны в крыле более сильной линии. Практически все линии сверхтяжелых элементов в пределах разрешения совпадают по длине волны с линиями других элементов, обычных для этих звезд. Поскольку силы осцилляторов для многих линий неточны или вообще отсутствуют, объективная оценка вклада бленд в общий профиль невозможна. Рассмотрим подробнее результаты изучения каждой звезды в отдельности. Следующие замечания хорошо иллюстрируют то, насколько сложен вопрос идентификации тяжелых элементов.

21Per. В о л ь ф р а м. Из более чем 100 линий не очень уверенно отождествляются три линии λ 3300.82, 3326.19, 3429.60 Å. Линии сильно

блендируются и слабы по интенсивности (средняя $W_\lambda \approx 30 \text{ m}\text{\AA}$). Наличие следов вольфрама можно предполагать.

О с м и й. Из 140 рассмотренных линий 6, как можно предположить, принадлежат осмию (табл. 2). Ни одна из этих линий не является одиночной, и отождествление этого элемента не является совершенно достоверным.

П л а т и н а. Из 22 линий найдены три: λ 3230.29, 3290.23, 3551.37 \AA . Линии слабые, находятся в сильных блендах, выделяются с трудом. Присутствие платины можно только предполагать.

Т о р и й. Изучены 297 линий этого элемента, из которых только 5, по нашему предположению, можно отнести к нему. Линии видны на всех трех спектрах, но они слабые, сильно блендируются и проявляются как некоторая особенность в крыльях сильных линий. Линия Th II 3327.18 \AA , например, совпадает с линией Sr I 3327.20 \AA , однако очень малая сила осциллятора последней ($\lg gf = -4.99$) свидетельствует о том, что здесь линия тория вероятнее. Можно предположить присутствие тория в атмосфере 21Per.

У р а н. Из 111 линий найдена только одна линия λ 3701.52 \AA , которая очень слаба и блендируется с линиями никеля и марганца. Линии всех трех элементов с трудом разделяются. Таким образом, присутствие урана в 21Per маловероятно.

Р т у т ь. Линии ртути имеются во многих Ar-звездах. В данном случае из 80 линий найдена только одна — λ 3650.15 \AA .

Итак, с большой степенью неуверенности в 21Per можно предполагать наличие только W, Pt, Hg, Th. Есть также опасение, что в пекулярных звездах вследствие значительного избытка обычно присутствующих элементов становятся заметными линии, которые слишком слабы в нормальных звездах. По этой причине данные линии в списках отсутствуют.

53Sam. В о л ь ф р а м. Отождествляются только две линии: 3300.82, 3708.51 \AA . Обе сильно блендированы.

О с м и й. Единственная линия 3706.56 \AA блендируется с Ti II 3706.22 \AA и Sm II 3706.75 \AA .

П л а т и н а. Одна линия 3230.29 \AA видна как особенность в крыле линии Fe I 3230.10 \AA . Возможно, эта линия принадлежит Fe I 3230.21 \AA (158 мультиплет).

Т о р и й. Одна линия тория 3165.62 \AA средней интенсивности сливается с линией Zr II 3165.45 \AA и Ni I 3165.51 \AA .

У р а н. Линия 3701.52 \AA сливается с линией Hg I 3701.44 \AA , но поскольку других линий ртути в спектре не найдено, можно предположить, что это уран.

Линии остальных искомых элементов не найдены.

β CrV. В спектре этой звезды с малой степенью достоверности предполагается наличие двух линий вольфрама, четырех — осмия, одной — платины, одной — ртути, двух — тория и одной — урана. Характер замечаний остается таким же, как в предыдущих случаях. Не найдено ни одной линии, которую можно было бы отождествить определенно.

Закключение. Таким образом, первое, что обращает на себя внимание, это то, что нет ни одной линии, которую можно было бы уверенно приписать искомому элементу. Как правило, длины волн тяжелых элементов совпадают в пределах разрешения с сильными линиями распространенных элементов. Часть таких линий находится в крыльях сильных линий. Чаще всего в таких случаях мы и оставляли линию для дальнейшего рассмотрения. Согласно ранним работам, в фотографической области спектра предполагается наличие линий химических элементов у звезд 21Per и β CrV, приведенных в таблице.

Из таблицы видно, что идентификация тяжелых элементов в фотографической области спектра также ненадежна. Разные авторы не единогласны

Звезда	Элемент	Источник	Примечание
21Per β CrB	Hg, W, Os, Am Pt, U: U Os, U:, Pt	[1] [13] [11] [12]	Вероятно, присутствуют » »

в оценке достоверности наличия линий урана, тория и др. Таким образом, изучение ультрафиолетовой области спектра не дало ничего нового в этом смысле. В то же время следует подчеркнуть, что используемая дисперсия ($6.7 \text{ \AA} / \text{мм}$) недостаточна для такого рода исследований для поздних звезд. Следовало бы попытаться изучить более горячие звезды с меньшим количеством линий, когда блендирование будет меньше, и ультрафиолетовые спектры Ap-звезд других типов пекулярности, например ртутно-марганцевых.

Поступила в редакцию
19.12.79

Список литературы

1. Глаголевский Ю. В., Козлова К. И., Полосухина Н. С. Спектрофотометрическое исследование магнитно-переменной звезды 21Per. — *Астрофизика*, 1974, 10, вып. 4, с. 512—525.
2. Kurucz R. L., Peutremann E. A table of semiempirical *gf*-values, p. 2. *Smithsonian Astrophys. Obs.*, Special report, 1975, N 362, 800 p.
3. Moore C. E. A multiplet table of astrophysical interest. — *Contr. Princeton Unvers Obs.*, 1945, N 20, p. 10—108.
4. Moore C. E., Minnaert M. G. I., Hautgast I. Solar spectrum 2935—8770 \AA . *Nat. Bureau of Stand., Monograph 61*. Washington, 1966. 100 p.
5. Wehrse R. A. List of all Fraunhofer lines of the Rowland tables arranged by elements. *Lehrstuhl für Theoretische Astrophys. Universität Heidelberg*, 1974.
6. Pierce A. K., Breckinridge I. B. The Kitt Peak table of photographic solar spectrum wave-lengths. *Litt Peak Nat. Obs. Contr.*, 1974, N 559.
7. Корлисс Ч., Бозман У. Вероятности переходов и силы осцилляторов 70 элементов. М., «Мир», 1968. 562 с.
8. Зайдель А. Н., Прокофьев В. К., Райский С. М., Славный В. А., Шрейдер Е. Я. Таблицы спектральных линий. М., «Наука», 1969. 782 с.
9. Maestre L. A., Deutsch A. J. List of absorption lines in two ultra-sharp-line A-stars. — *Astrophys. J.*, 1961, 134, N 2, p. 562—570.
10. Bidelman W. R. Line identifications in peculiar stars. *Abundance Determinations in stellar spectra. IAU Symposium*, 1966, N 26.
11. Adelman S., Shore S. N. Element identification in five Ap-stars. — *Astrophys. J.*, 1973, 183, p. 121—140.
12. Cowley C. R., Hartog M. R., Cowley A. P. Element identification in five Ap-stars. — *Astrophys. J.*, 1974, 194, p. 343—349.
13. Cowley C. R. Platinum in the magnetic sequence of chemically peculiar stars. — *Astrophys. J.*, 1977, 213, N 2, p. 451—460.