

Р. С. АСАТЯН

О МЕЖЗВЕЗДНОМ МАГНИИ В НАПРАВЛЕНИЯХ ЗВЕЗД: λ Vel, ζ Pup и ζ Tau

В числе областей неба, для которых были получены коротковолновые спектральные снимки звезд с помощью менискового телескопа и объективной призмы «Ориона-2» [1—3], оказались также области вокруг звезд γ Ori, λ Vel, ζ Pup, ζ Tau. Часть из этих спектральных снимков, относящихся к сравнительно слабым — до 9-ой величины — звездам ранних классов, была нами обработана с целью нахождения относительного содержания межзвездного магния по интенсивностям дублета 2800 Mg II. Изложению полученных при этом результатов и посвящена настоящая статья.

Были обработаны 42 звезды спектральных классов B1—A5 для измерения эквивалентных ширин линии поглощения 2800 Mg II в их спектрах. При этом использованы от одной до восьми спектрограмм для каждой звезды, а общее число измеренных спектрограмм, взятых из 16 различных кадров «Ориона-2» (см. табл. 1), доходит до 151.

Таблица 1

Данные об использованных спектрограммах, полученных с помощью «Ориона-2»

Область неба	Кадр	Экспоз., мин	Область неба	Кадр	Экспоз., мин	
γ Ori	F46	1.2	λ Vel	F55	5.0	
	F47	2.0		F56	5.0	
	F48	5.3		ζ Pup	F52	0.2
	F49	10.0		ζ Tau	F4	20.0
	F50	6.0			F5	1.0
	F51	1.0			F22	1.3
F53	1.2	F23	16.0			
λ Vel	F54	2.0	F24	1.3		

Список изученных нами звезд представлен в табл. 2. Там же даны их спектральные классы, фотовизуальные величины [4, 5], расстояния по [4, 6] или же найденные по средней абсолютной величине, соответствующей звездам данного типа и принадлежащей главной последовательности. Далее, в пятом столбце, указано число обработанных для данной звезды спектрограмм.

Результаты измерений — эквивалентные ширины линии 2800 Mg II для всех изученных нами звезд — представлены в шестом столбце табл. 2.

Наблюдаемые эквивалентные ширины линии поглощения 2890 Mg II и полные количества ионов магния в фотосферах исследованных звезд вокруг γ Ori, λ Vel, ζ Pup и ζ Tau

Звезда HD	Спектр	V	r пс	n	W_{λ} (2890) набл. А	W (2800) испр. А	$\lg N (M_{\odot}^{-1})$ см ⁻²
Область γ Ori							
40967	B5IV	4.95	200	6	4.9 \pm 1.1	4.1	17.7
39319	B9	7.07	200	4	5.0 \pm 1.0	4.2	17.7
39421	A2V	5.95	73	3	6.1 \pm 1.2	5.8	18.0
38678	A3V	3.54	26	7	10.6 \pm 1.3	10.5	18.5
38735	A3—4V	6.02	65	6	9.5 \pm 2.1	9.2	18.4
40536	A5	5.02	71	5	9.5 \pm 1.8	9.2	18.4
Область λ Vel							
78616	B1	6.78	700	4	3.2 \pm 0.8	0.6	15.8
79186	B3Ia	5.00	1400	3	3.5 \pm 0.7	0.8	16.2
76836	B3V	7.31	430	1	2.8	0.8	16.2
77320	B3V	6.08	300	4	2.7 \pm 0.4	0.8	16.2
79735	B4V	5.24	180	8	2.1 \pm 0.4	1.3	16.7
77475	B5V	5.54	200	3	4.5 \pm 0.7	3.6	17.6
76898	B5V	7.39	500	1	5.4	1.8	16.9
79694	B6IV	5.84	200	2	4.7 \pm 1.3	3.8	17.7
79416	B8V	5.56	200	2	5.6 \pm 1.6	4.7	17.8
SAO 221041	B8	7.20	260	2	3.8 \pm 0.6	3.2	17.5
79900	A0	6.24	140	4	7.0 \pm 1.5	6.4	18.0
80205	A0	6.73	140	1	4.0	3.4	17.5
Область ζ Pup							
64503	B2, 5V	4.50	180	1	1.5	0.8	16.2
69253	B4V	6.62	360	1	2.8	1.4	16.8
67888	B4Ve	6.40	260	1	1.3	0.3	13.5
66624	B9	5.50	100	1	2.5	2.1	17.0
66358	A2	5.85	100	1	12.6	12.2	18.6
—Область ζ Tau							
36547	B1 III	8.81	1800	4	4.4 \pm 0.9	0.6	15.8
38191	B1 V	8.70	1320	2	4.8 \pm 0.2	0.6	15.8
35708	B2, 5V	4.87	200	8	2.9 \pm 0.5	2.2	17.0
36819	B2, 5IV	5.38	200	4	3.5 \pm 0.9	2.8	17.3
37967	B3 ne	6.10	170	4	3.4 \pm 0.3	2.8	17.3
36589	B6 V	6.09	200	5	3.5 \pm 1.0	2.8	17.3
26113	B8	6.90	200	3	4.5 \pm 0.8	3.8	17.7
37172	B8	8.50	400	4	4.9 \pm 0.3	3.5	17.6
38442	B8	9.10	520	5	4.8 \pm 0.3	3.0	17.4
38063	B8	8.70	440	4	4.1 \pm 0.7	2.6	17.3
35943	B9	5.90	120	3	3.4 \pm 0.9	3.0	17.4
37752	B9	6.50	140	5	3.2 \pm 0.9	2.7	17.3
38192	B9	8.00	280	4	5.6 \pm 0.9	4.6	17.8
37925	E9	8.40	330	6	5.3 \pm 0.9	4.1	17.7
37939	B9	8.30	320	4	5.1 \pm 0.8	4.0	17.7
37999	A0	8.10	260	3	5.7 \pm 0.2	4.8	17.8
37821	A0	8.50	320	3	10.9 \pm 1.1	9.8	18.5
37740	A0	8.20	280	4	5.7 \pm 1.9	4.7	17.8
37439	A2 V	8.30	100	5	7.0 \pm 1.1	6.7	18.1

наряду с величинами среднеквадратичных ошибок (наблюдаемые эквивалентные ширины 2800 Mg II для звезд из области вокруг $\lambda \text{ Vel}$ взяты из [7]). Ошибки измерений $W(2800)$ оказались порядка 10—25%, что следует считать удовлетворительным, если иметь в виду относительно невысокое спектральное разрешение — около 25 \AA на 2800 \AA — наших снимков. Найденные нами значения $W_*(2800)$ находятся в хорошем согласии с ранее известными величинами эквивалентных ширин линии 2800 Mg II для этих же классов звезд [8—12].

Однако нашей целью является выделение из измеренной $W(2800)$ величины межзвездной составляющей с тем, чтобы определить затем относительное содержание межзвездного магния. Конечно, выделение линии 2800 Mg II межзвездного происхождения в чистом виде, требующей применения спектральной аппаратуры с высоким разрешением, следует считать наилучшим путем для достижения поставленной цели [13, 14]. Именно благодаря этим наблюдениям было установлено, что интенсивность межзвездной линии поглощения 2800 Mg II составляет $2\text{--}6 \text{ \AA}$ на 1 кмс для различных направлений неба [13—16]. К сожалению возможности этого пути ограничиваются только яркими, а следовательно, сравнительно близкими звездами.

Интенсивность линии 2800 Mg II межзвездного происхождения можно определить и иначе, а именно, путем сравнения наблюдаемой эквивалентной ширины с ее теоретическим значением для звезды данного спектрального класса. Поскольку собственная — звездная составляющая $W(2800)$ у горячих звезд (O—B) очень мала, меньше одного ангстрема [17], может создаться такое положение, когда регистрируемая у той или иной горячей звезды линия поглощения 2800 Mg II будет иметь почти целиком межзвездное происхождение. Этот, по существу, статистический метод, впервые примененный в [12], может оказаться особенно эффективным в отношении слабых и, стало быть, отдаленных звезд, спектрограммы которых к тому же можно будет получить массовым способом — с применением объективных призм и широкопольных телескопов.

Практическое применение указанного метода было осуществлено в отношении части звезд из табл. 2, выбранных по следующим двум признакам, а именно, чтобы их расстояние превышало 250 пс и чтобы они принадлежали спектральным классам не позднее A0.

Список звезд, выбранных по этим двум признакам, представлен в табл. 3. Там же, в четвертом столбце, даны принятые нами теоретические значения эквивалентных ширин W_T дублета 2800 Mg II согласно вычислениям Михаласа [17] при $\lg g = 4.0$ и средней величине турбулентных скоростей $\xi_t = 4 \text{ км/сек}$. Далее, в пятом столбце, приведены величины разности $W_* - W_T$, которые, согласно нашему определению, должны принадлежать межзвездному ионизованному магнию, находящемуся на пути от нас до данной звезды (при этом величины W_* берутся из табл. 2). Наконец, в последнем — шестом — столбце приведены величины W_M — эквивалент-

Таблица 3

Эквивалентные ширины межзвездного компонента линии поглощения
2800 Mg II для разных областей неба по данным „Ориона-2“

Звезда HD	Спектр	$r, \text{пс}$	$W_T, \text{А}$	$W_* - W_T, \text{А}$	$W_M, \text{А/кпс}$
Область λ Vel					
78616	B1	700	0.6	2.6	3.7
79186	B3	1400	0.8	2.7	1.9
76838	B3	430	0.8	2.0	4.7
77320	B3	300	0.8	1.9	6.3
76898	B5	500	1.8	3.6	7.2
SAO 221041	B8	260	3.2	0.6	2.3
Область ζ Pup					
69253	B4	360	1.4	1.4	3.9
Область ζ Tau					
36547	B1	1800	0.6	3.8	2.1
38191	B1	1320	0.6	4.2	3.2
37172	B8	400	3.2	1.7	4.3
38442	B8	520	3.2	1.6	3.1
38063	B8	440	3.2	0.9	2.0
38192	B9	280	3.8	1.8	6.4
37925	B9	330	3.8	1.5	4.5
37939	B9	320	3.8	1.3	4.1
37999	A0	260	5.0	0.7	2.7
37740	A0	280	5.0	0.7	2.5

ные ширины линии 2800 Mg II межзвездного происхождения, рассчитанные на 1 кпс и найденные из соотношения: $W_M = (W_* - W_T)/r$, где r — измеряется в кпс-ах.

Средние для рассмотренных нами областей неба — λ Vel, ζ Pup и ζ Tau — величины W_M (2800) оказались в пределах 3,5—4,4 А/кпс с вероятной ошибкой 40%. Этот результат находится в хорошем согласии с большинством наблюдений [12—16] и в 2—3 раза больше принятой в [10] модели для облака межзвездного ионизованного магния.

В табл. 4 приведены усредненные значения эквивалентных ширины дублета 2800 Mg II межзвездного происхождения — W_M (2800) для на-

Таблица 4

Относительное содержание межзвездного магния по направлениям звезд λ Vel, ζ Pup и ζ Tau по данным „Ориона-2“

Область неба	W_M (2800), А/кпс	N_M (Mg^+), см^{-2} /кпс	$N(H)$, см^{-2} /кпс	$\frac{N_M}{N(H)}$ (Mg)
λ Vel	4.4	$6.3 \cdot 10^{17}$	$1.6 \cdot 10^{20}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
ζ Pup	3.9	$5 \cdot 10^{17}$	$1.8 \cdot 10^{20}$	$2.8 \cdot 10^{-3}$
ζ Tau	3.5	$4.0 \cdot 10^{17}$	$5 \cdot 10^{21}$	$8.0 \cdot 10^{-5}$

направлений звезд λ Vel, ζ Pup и ζ Tau. Затем было найдено, с помощью кривой роста [22], полное количество поглощающих атомов ионизованного магния $N_M(Mg^+)$ в межзвездной среде в столбце с основанием в 1 см^2 и высотой 1 кпс ; эти величины приведены в третьем столбце табл. 4. Далее, в четвертом столбце, дано полное число межзвездного нейтрального водорода $N(H)$ по результатам L_α измерений [18—20] в направлениях тех же звезд. Наконец, в последнем столбце даны найденные нами значения относительного содержания межзвездного магния $N_M(Mg^+) / N(H) \approx N_M(Mg) / N(H)$ в направлениях звезд λ Vel, ζ Pup и ζ Tau, исходя из допущения, что линейные размеры зоны ионизации межзвездного водорода и межзвездного магния одинаковы, что, строго говоря, неверно и нуждается в специальном рассмотрении.

Найденное значение относительного содержания межзвездного магния для направления звезды ζ Tau оказалось в согласии с обычно принятой величиной космического содержания магния ($\sim 3 \cdot 10^{-5}$). Однако для направлений звезд λ Vel и ζ Pup оно оказалось существенно — на два порядка — больше обычного космического содержания. В какой мере это расхождение реально, трудно сказать, хотя исключительно малая концентрация межзвездного водорода в указанных двух направлениях ($\sim 0,05 \text{ атом/см}^3$) должна нас насторожить. Вместе с тем имеются данные [21], говорящие о том, что возможные отклонения в относительном космическом содержании магния в отдельных случаях могут доходить до 3000.

По известным средним величинам $\bar{W}_M(2800)$ для направлений звезд λ Vel, ζ Pup и ζ Tau были найдены исправленные за влияние межзвездного магния величины эквивалентных ширин линии 2800 Mg II для всех изученных нами звезд; результаты представлены в седьмом столбце табл. 2. Наконец, в последнем — восьмом — столбце приведено полное количество поглощающих атомов ионизованного магния $N(Mg^+)$ в фотосферах этих звезд, в столбце с основанием в 1 см^2 .

Ռ. Ս. ԱՍԱՏԵՅԱՆ

λ Vel, ζ Pup և ζ Tau ԱՍՏՂԵՐԻ ՈՒՂՂՈՒԹՅԱՄԵ ՄԻՋԱՍՏՂԱՅԻՆ ՄԱԳՆԵՋԻՈՒՄԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Աշխատանքում բերված են χ Ori, λ Vel, ζ Pup և ζ Tau աստղերի շուրջը երկնքի տիրույթներում գտնվող մինչև 9-րդ մեծության և B1—A5 սպեկտրալ դասի 42 աստղերի սպեկտրներում իոնացված մագնեզիումի ուլտրամանուշակագույն դույզի 2800 Mg II էրվիվալենտ լայնության շափման արդյունքները: Այդ աստղերի ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամները ստացվել են «Օրիոն—2»-ի օգնությամբ:

2800MgII գծի դիտողական և տեսական լայնությունների տարբերության մեթոդով որոշված են 2800MgII միջաստղային բաղադրիչի էքվիվալենտ լայնության միջին արժեքները նշված աստղերի ուղղությամբ: Գտնված արժեքները ընկած են 3,5 մինչև 4,4 A/kպս սահմաններում, որոնք լավ համաձայնության մեջ են այլ դիտողների տվյալների հետ: Որոշված է միջաստղային մագնեզիումի հարաբերական քանակությունը՝ $N(\text{Mg})/N(\text{H})$: ζ Tau աստղի ուղղությամբ $N(\text{Mg})/N(\text{H})$ հարաբերությունը և մագնեզիումի տիեզերական պարունակության սովորաբար ընդունված մեծությունը ($\sim 3 \cdot 10^{-5}$) գտնվում են լավ համաձայնության մեջ, իսկ λ Vel և ζ Pup ուղղությունների համար երկու կարգով մեծ է:

R. S. ASATRYAN

ON THE INTERSTELLAR MAGNESIUM IN THE DIRECTION OF λ VEL, ζ PUP AND ζ TAU STARS

S u m m a r y

The results of the equivalent width measurements for the ultraviolet resonance doublet 2800 MgII in the spectra of 42 B1—A5 type stars up to the 9-th magnitude and scattered in the sky around γ Ori, λ Vel, ζ Pup, ζ Tau are presented. The ultraviolet spectrograms of stars were obtained with the help of the space observatory "Orion—2". The interstellar component of the equivalent width of 2800 MgII is determined by differentiation of observed and theoretical widths; the observed values are in the limits 3,5—4,4 A/kp with the good accordance of other observations. The relative abundance of interstellar magnesium $N(\text{Mg})/N(\text{H})$ is determined. The ratio $N(\text{Mg})/N(\text{H})$ for the direction of ζ Tau turned out in good accordance with the usual cosmic abundance ($\sim 3 \cdot 10^{-5}$), and for the directions of λ Vel, and ζ Pup—on two order larger.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурздян Г. А., Кашин А. Л., Крмоян М. Н., Оганесян Дж. Б. Астрофизика, 10, 177, 1974.
2. Гурздян Г. А. Sky and Telescope, 48, 4, 213, 1974.
3. Гурздян Г. А., Джаракян А. Л., Крмоян М. Н., Кашин А. Л., Лоресян Г. М., Оганесян Дж. Б. Space Sci. Rev. 40, 393, 1976.
4. Бичвар А. «Каталог 1950.0», Прага, 1964.
5. Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalogue, 1966.
6. Hiltner W. A. Ap. J., Suppl. 11, 389, 1956.
7. Гурздян Г. А., Оганесян Р. Х. Астрофизика, 11, 397, 1975.
8. Kondo Y., Henize K. G., Kotila C. L. Ap. J. 159, 927, 1970.
9. Гурздян Г. А., Оганесян Дж. Б. Astron. Astrophys., 20, 321, 1972.

10. *Lamers H. J., Van der Hucht A. K., Sniijders M. A., Sakhibullin N. A.* *Astron. Astrophys.*, 25, 105, 1973.
11. *Гурзаян Г. А.* *PASP*, 87, 289, 1975.
12. *Асагрян Р. С.* Сообщ. Бюраканской обсерв., 48, 187, 1976.
13. *Boksenberg A., Kirkham B., Towlson W. A., Venis T. E.* *Nature Phys. Sci.*, 240, 127, 1972.
14. *Morton D. C., Drake J. F., Jenkins E. B., Rogerson J. B., Spitzer L., York D. G.* *Ap. J.*, 181, L103, 1973.
15. *Grewing M., Lamers H. J., Walmsley C. M., Wulf-Mathies C.* *Astron. Astrophys.*, 27, 115, 1973.
16. *Boer K. S., Hoskstra R., Hucht K. A., Kaperman T. M., Lamers H. J., Pot-tasch S. R.* *Astron. Astrophys.*, 21, 447, 1972.
17. *Mihalas D.* *Ap. J.*, 177, 115, 1972.
18. *Carruthers G. R.* *Ap. J.*, 151, 269, 1968.
19. *Savage B. D., Jenkins E. B.* *Ap. J.*, 172, 491, 1972.
20. *Savage B. D., Code A. D.* *IAU Symp. № 36*, p. 302, 1970.
21. *Morton D. C.* *Ap. J.*, 197, 85, 1975.
22. *E. B. Jenkins*, Устное сообщение, 1975.