

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 17

МАЙ, 1981

ВЫПУСК 2

УДК 524.31

ЗАВИСИМОСТЬ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗБЫТКА ОТ СОДЕРЖАНИЯ ЛИТИЯ В ПОЗДНИХ ГИГАНТАХ

Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН

Поступила 10 марта 1980

Принята к печати 29 марта 1981

Обнаружена корреляция избытка ультрафиолетового излучения и содержания лития в гигантах класса М. Обсуждается модель, в которой избыточное ультрафиолетовое излучение и литий связаны общим происхождением.

Обнаружение быстровыгорающего при внутризвездных температурах элемента лития в атмосферах некоторых звезд создало определенные трудности для распространенных в настоящее время теорий звездной эволюции. Эти трудности относятся, в частности, к представлению о том, что звезды образуются из разреженной межзвездной среды и что химический состав звездных атмосфер обусловлен процессами термоядерного синтеза в недрах звезд. Если бы эти представления соответствовали действительности, то в достаточно проэволюционировавших звездах содержание быстровыгорающего при внутризвездных температурах лития должно быть меньше, и уж во всяком случае не больше, чем в межзвездной среде. На самом деле это не так. В некоторых звездах содержание лития на 1—2 порядка выше, чем в межзвездной среде. В частности, очень много лития в некоторых циркониевых звездах, например, в Т Sgr и RZ Sgr [1]. Весьма характерным является повышенное содержание лития в изученных углеродных звездах. Примерами углеродных звезд с очень высоким содержанием лития являются WZ Cas, YC Vn, WX Cyg, U Cyg [1]. Высокое содержание лития в указанных звездах дает основание предположить, что в поверхностных слоях этих звезд происходят процессы, приводящие к образованию лития. Не исключено, что эти процессы связаны с распадом сверхплотного дозвездного вещества и сопровождаются выделением зна-

чительного количества энергии [2]. В пользу такого предположения свидетельствуют и наблюдаемые особенности химического состава S и C звезд, что было отмечено нами ранее [3, 4]. В некоторых звездах с повышенным содержанием лития заподозрен избыток ультрафиолетового излучения [5], что, согласно [2], является характерным признаком распада сверхплотного вещества. Таким образом, имеются достаточные основания для того, чтобы задаться вопросом о наличии некоторой связи между величиной избытка ультрафиолетового излучения и содержанием лития. Для исследования этого вопроса нами были выбраны гиганты типа M класса светимости III, для которых в обзоре [1] имеются данные о содержании лития и у которых $[Li/Ca] > -1.7$. Список этих звезд приводится в табл. 1.

Таблица 1

НАБЛЮДАЕМЫЕ И ИСПРАВЛЕННЫЕ ЗА МЕЖЗВЕЗДНОЕ
ПОГЛОЩЕНИЕ ЦВЕТА $(U-B)'$, ИЗБЫТКИ ЦВЕТА
 $\delta(U-B)'$, СОДЕРЖАНИЕ ЛИТИЯ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ
КЛАССЫ ЗВЕЗД

HD	$\frac{Li}{Ca}$	$(U-B)$	$(U-B)'$	$\delta(U-B)'$	S_p
1013	-1.36	1.92	1.92	0.03	M2 III
1038	-0.92	2.00	1.06	0.08	M1 III
12274	-0.89	1.92	1.92	0.03	M1 III
18760	-0.99	1.99	1.88	0.00	M1 III
18884	-1.15	1.95	1.91	0.02	M2 III
25025	-0.34	1.96	1.92	0.04	M0 III
39045	-0.20	2.02	1.91	0.06	M3 III
80493	-1.38	1.92	1.91	0.03	M0 III
89758	-1.32	1.86	1.83	-0.05	M0 III
90362	-1.32	1.87	1.87	-0.001	M0 III
95129	-1.66	1.92	1.92	0.03	M2 III
97778	-1.45	1.85	1.81	-0.04	M3 III
102212	-1.64	1.80	1.80	-0.09	M1 III
112142	-1.62	1.57	1.57	-0.28	M3 III
112300	-0.72	1.79	1.76	-0.09	M3 III
133216	-1.15	1.92	1.86	0.14	M4 III
148349	-0.98	2.02	1.93	0.04	M2 III
154143	-1.43	1.94	1.94	0.09	M3 III
183439	-1.59	1.82	1.82	-0.06	M0 III
198026	-0.32	1.91	1.97	0.02	M3 III
200914	-1.57	1.93	1.92	0.03	M1 III
216386	-1.34	1.74	1.70	-0.19	M2 III

Там же приведены показатели цвета $U-B$, взятые в основном из каталога [6]. Для того, чтобы исправить показатели цвета $U-B$ за межзвездное поглощение, можно воспользоваться «нормальными» показателями цвета $B-V$ [7], приведенными в табл. 2, и соотношением [7]:

$$E(U-B) \simeq 0.72 E(B-V). \quad (1)$$

Таблица 2

ПРИНЯТЫЕ «НОРМАЛЬНЫЕ» ЦВЕТА ЗВЕЗД

Цвет	M0	M1	M2	M3	M4
$(B-V)_0$	1.54	1.58	1.59	1.60	1.59
$(U-B)_0$	1.88	1.89	1.89	1.85	1.72

Исправленные за межзвездное поглощение цвета $U-B$ приводятся в табл. 1. С помощью приведенных в табл. 2 «нормальных» цветов $U-B$ вычислены избытки цвета $\delta(U-B)'$, которые приводятся в табл. 1. По этим данным построена диаграмма: избыток цвета — содержание лития, показанная на рис. 1. Из этого рисунка видно, что избыток цвета заметнее у звезд с меньшим содержанием лития. Расчет показывает, что существует некоторая, правда довольно слабая корреляция ультрафиолетового избытка с содержанием лития ($r = 0.34 \pm 0.19$) и что избыток $\delta(U-B)$ убывает по абсолютному значению с увеличением содержания лития.

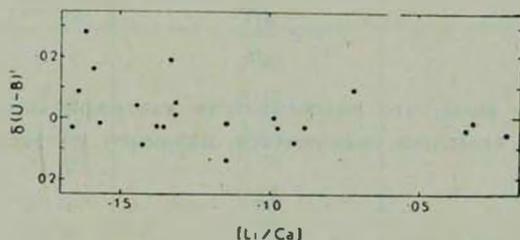


Рис. 1. По оси абсцисс отложены $[Li/Ca]$ — логарифмы отношения содержания атомов лития к содержанию атомов кальция минус логарифм того же отношения для Солнца. По оси ординат — избытки цвета $\delta(U-B)'$.

Такая зависимость, на первый взгляд, кажется совершенно неожиданной и даже противоречащей исходным предположениям, согласно которым предполагалось наличие некоторой связи между образованием лития и избыточным ультрафиолетовым излучением. Конечно, нельзя исключить возможность того, что эта зависимость обусловлена перемешиванием, приводящим к уменьшению содержания лития во внешних слоях звезды из-за его выгорания во внутренних, высокотемпературных областях. Но в этом

случае необходимо объяснить, почему это перемешивание эффективнее в звездах с относительно интенсивным ультрафиолетовым излучением.

Выше уже отмечалось, что, согласно распространенным представлениям о формировании звезд из межзвездной среды, содержание лития в звездах может только уменьшаться, и что, в противоречии с этим, в некоторых звездах имеется превышение относительного содержания лития по отношению к межзвездной среде. Это свидетельствует о том, что на некоторых стадиях звездной эволюции может происходить и обратный процесс — увеличение содержания лития. Поэтому мы считаем возможным предложить объяснение отмеченной корреляции в рамках предположения о том, что относительное содержание лития у рассматриваемых здесь гигантов М III в значительной мере зависит от процесса образования лития, то есть допуская, что на поверхности этих звезд может образовываться литий. Можно ли считать, что образование лития происходит в результате распада сверхплотного дозвездного вещества — процесса, с которым обычно связывается избыточное ультрафиолетовое излучение? Казалось бы, что такое представление находится в противоречии с отмеченной выше отрицательной корреляцией величины ультрафиолетового избытка и содержания лития. Тем не менее, как будет показано ниже, противоречия здесь нет.

Действительно, пусть величина избыточного ультрафиолетового излучения I и количество образующегося в единицу времени лития пропорциональны друг другу:

$$I = c \frac{dN}{dt}. \quad (2)$$

Предположим далее, что интенсивность ультрафиолетового избыточного излучения со временем уменьшается, например, по экспоненте:

$$I = I_0 e^{-at}. \quad (3)$$

Тогда, подставляя (2) в (3) и интегрируя, находим:

$$N = N_{\max} (1 - e^{-at}), \quad (4)$$

где N_{\max} — максимальное количество лития, которое может быть накоплено в данной звезде, причем $N_{\max} = I_0/ca$.

Из приведенных соотношений следует, что

$$I = I_0 - caN. \quad (5)$$

Таким образом, как показывает выражение (5), в рассмотренной модели величина избытка ультрафиолетового излучения действительно может уменьшаться с увеличением содержания лития, несмотря на то, что

интенсивность образования лития предполагается пропорциональной интенсивности избыточного ультрафиолетового излучения. Причина этого, очевидно, заключается в исходных предпосылках нашей модели. Действительно, ведь мы предполагаем, что литий накапливается в атмосфере звезды, а избыточное ультрафиолетовое излучение наблюдается только на ранних стадиях активности. Поэтому и получается, что большие избытки ультрафиолетового излучения следует ожидать у звезд, которые еще не успели накопить литий.

Воспользовавшись данными внеатмосферных ультрафиолетовых наблюдений, можно попытаться оценить спектральный состав избыточного излучения. К сожалению, рассматриваемые в настоящей работе звезды оказались слишком слабы в ультрафиолете, поэтому в каталог [8] попали только 7 из них. В каталоге [8] приводятся потоки на длинах волн 2740, 2365, 1965 и 1565 Å. Наиболее точные данные относятся к длине волны 2740 Å. По этим данным, приведенным в табл. 3, были вычислены показатели цвета ($[2740] - B$). Эти показатели цвета были исправлены за межзвездное поглощение по формуле:

$$E([2740] - B) = 1.25 E(B - V). \quad (6)$$

Таблица 3

НАБЛЮДАЕМЫЕ И ИСПРАВЛЕННЫЕ ЗА МЕЖЗВЕЗДНОЕ
ПОГЛОЩЕНИЕ ЦВЕТА И СОДЕРЖАНИЕ ЛИТИЯ В
ИССЛЕДОВАННЫХ ЗВЕЗДАХ

НО	$\left \frac{Li}{Ca} \right $	$([2740] - B) + const$	$([2740] - B)' + const$
18884	-1.15	0.39	0.33
25025	-0.34	0.39	0.33
89758	-1.32	0.24	0.19
112300	-0.72	0.39	0.39
133216	-1.15	0.26	0.15
216386	-1.34	-0.08	-0.15

При выводе соотношения (6) было принято, что

$$A(U) = 4.85 (B - V), \quad (7)$$

а также, согласно [10],

$$A(2740) = 6.10 E(B - V). \quad (8)$$

Диаграмма — исправленные за межзвездное поглощение цвета ($[2740] - B$)' — содержание лития показана на рис. 2. Несмотря на крайнюю ограниченность данных на этом рисунке просматривается возрастание цвета

([2740] — *B*)' с увеличением содержания лития. Однако отсутствие данных о нормальных цветах ([2740] — *B*) для звезд рассматриваемых спек-

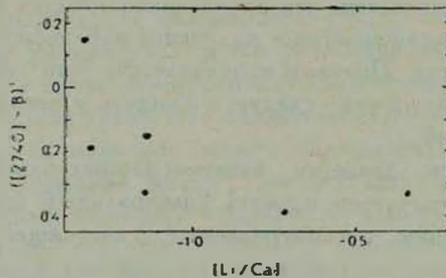


Рис. 2. По оси абсцисс — то же, что и на рис. 1, по оси ординат — исправленные межзвездное поглощение цвета ([2740] — *B*)'.

тральных классов не дает возможности перейти от цветов к избыткам цвета и построить диаграмму, аналогичную рис. 1.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

CONNECTION BETWEEN ULTRAVIOLET EXCESS AND LITHIUM CONTENT IN LATE GIANTS

YU. K. MELIK-ALAVERDIAN

The correlation between ultraviolet excess and the content of lithium in M-giants is discovered. The model in which excessible ultraviolet radiation and lithium are of the same origin is suggested.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Е. Боярчук, Изв. КрАО, 55, 127, 1976.
2. В. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюраканской обс., 13, 3, 1954.
3. Ю. К. Мелик-Алавердян, Астрофизика, 15, 129, 1979.
4. Ю. К. Мелик-Алавердян, Астрофизика (в печати).
5. Г. Н. Джимшелшвили, Бюлл. Абастуманской обс., 37, 89, 1969.
6. V. M. Blanco, S. Demers, G. G. Douglas, M. M. Fitzgerald, Publ. Naval Obs., 21, 1968.
7. В. Страйжис, Многоцветная фотометрия звезд, Изд. Моклас, Вильнюс, 1977.
8. G. I. Thompson, K. Nandy, C. Jamar, A. Monfils, L. Houzuux, D. J. Carnochan, R. Wilson, Catalog of Stellar Ultraviolet Fluxes, 1978.