

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

# АСТРОФИЗИКА

ТОМ 14

МАЙ, 1978

ВЫПУСК 2

УДК 523.877

## К ВОПРОСУ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ O—V ЗВЕЗД

Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН

Поступила 14 июля 1977

Пересмотрена 29 декабря 1977

В работе показано, что данные о распределении O—V звезд по галактической широте указывают на влияние некоторого систематического эффекта на их спектральную классификацию. Сделано предположение, что этот эффект связан либо с увеличением содержания гелия в атмосферах этих звезд с их возрастом, либо с существованием корреляции между содержанием элементов тяжелее гелия в этих звездах и их пространственно-кинематическими характеристиками.

Открытие звездных ассоциаций.— группировок молодых звезд доказало, что процесс звездообразования в Галактике продолжается [1]. Относительно механизма возникновения звезд единого мнения еще нет. Согласно гипотезе, выдвинутой В. А. Амбарцумяном, звезды образуются из сверхплотного дозвездного вещества. Согласно другой гипотезе, звезды образуются путем конденсации галактического газа. В работе [2], например, приводятся доводы в пользу последней точки зрения. При этом причиной конденсации газа считаются спиральные волны плотности, приводящие к увеличению концентрации газа в спиральных рукавах. Согласно этим представлениям, образующиеся в спиральных рукавах звезды в результате взаимных сближений постепенно увеличивают свою скорость и покидают спиральные рукава, образуя промежуточную подсистему.

Если принять эту схему образования звезд, то следует ожидать, что с увеличением расстояния от галактической плоскости должно увеличиваться относительное число проэволюционировавших от начального состояния звезд. Так как согласно теории звездной эволюции эволюционные треки молодых звезд направлены от главной последовательности в сторону гигантов, то проэволюционировавшие от начального состояния звезды должны располагаться выше главной последовательности. Значит, должно увеличиваться с увеличением расстояния от галактической плоскости отно-

10—535

сительное число звезд, расположенных выше главной последовательности. С другой стороны, если звезды образуются из сверхплотных дозвездных тел, то концентрации областей звездообразования к месту скопления галактического газа в галактической плоскости может и не наблюдаться.

Исходя из этих соображений, был подвергнут статистическому анализу каталог звезд ранних спектральных типов [3]. Вычисленное по данным этого каталога относительное число  $O-V$  звезд, расположенных выше главной последовательности, для различных галактических широт приводится в табл. 1. Из этой таблицы видно, что с увеличением  $b$  относительное число проэволюционировавших от начального состояния звезд не увеличивается, а, в общем, даже уменьшается. Это обстоятельство заставляет отдать предпочтение представлению об образовании звезд из сверхплотных дозвездных тел, а не из газа.

Правда, здесь возникает вопрос о законности использования вместо расстояний  $z$  от галактической плоскости галактических широт  $b$ . Ниже будет показано, что при определенных предположениях такая замена допустима. Действительно, рассмотрим две группы звезд, имеющих для простоты абсолютные звездные величины  $M_1$  и  $M_2$  соответственно. Предположим, что эти звезды концентрируются к галактической плоскости по закону  $n(z) \sim z^{-n}$ . Тогда относительное число звезд какой-либо из этих групп в списке с предельной звездной величиной  $m$  определяется не зависящим от  $b$  выражением:

$$N(m) = \frac{1}{1 + \frac{n_2(0) r_{\max}^{3-n}(M_2)}{n_1(0) r_{\max}^{3-n}(M_1)}} \quad (1)$$

Выражение (1) показывает, что зависимость относительного числа звезд, сошедших с главной последовательности, от галактической широты  $b$ , не может быть простым следствием наблюдательной селекции, связанной с различиями абсолютных звездных величин рассматриваемых групп звезд. Правда, в этом выражении не учтено галактическое поглощение. Однако нетрудно видеть, что обнаруженная согласно табл. 1 зависимость не может объясняться поглощением, так как вследствие влияния поглощения с приближением к галактической плоскости, где поглощение сказывается больше, должно увеличиваться относительное число более слабых звезд главной последовательности. Наблюдается же, как сказано выше, обратное. Следовательно, остается полагать, что обнаруженное изменение относительного числа звезд главной последовательности с галактической широтой  $b$  действительно отражает распределение этих звезд по расстоянию от галактической плоскости.

В качестве возможной причины увеличения относительного числа проэволюционировавших звезд с приближением к галактической плоскости

можно предположить наличие некоторых систематических эффектов, влияющих на спектральную классификацию ранних звезд. В частности, эволюционное увеличение содержания гелия в атмосферах ранних звезд могло бы в принципе привести к зависимости, подобной той, на которую указывает табл. 1. Более того, согласно результатам [4] в звездах В содержание гелия увеличивается примерно в полтора раза за интервал времени от  $1 \div 5 \cdot 10^6$  лет до  $15 \div 30 \cdot 10^6$  лет. Однако для того, чтобы содержание гелия заметно менялось в рассматриваемых здесь ранних звездах, необходимо предположить наличие сильного перемешивания в этих звездах, для чего, вообще говоря, нет достаточных оснований.

Таблица 1

ЗАВИСИМОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ЧИСЛА ЗВЕЗД КЛАССА О—В,  
РАСПОЛОЖЕННЫХ ВЫШЕ ГЛАВНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ, ОТ  
ГАЛАКТИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ  $b$

$b''$	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—14	14—20
$\delta \%$	68.3	70.9	71.6	66.4	53.2	50.9	60.0	62.5	30.0

Систематические эффекты в спектральной классификации ранних звезд могли бы быть обусловлены вариациями химсостава протозвездного вещества. Известно, что такие вариации приводят к корреляции химсостава звезд поздних спектральных классов с их пространственно-кинематическими характеристиками [5, 6]. Если предположить, что такая же корреляция имеет место и для рассматриваемых здесь О—В звезд, то та часть звезд, которая расположена ближе к галактической плоскости, должна характеризоваться в среднем повышенным содержанием элементов 2-го и 3-го периодов периодической системы, используемых для спектральной классификации этих звезд. Следовательно, избыток этих элементов, приводящий к классификации в более позднем спектральном типе, может быть причиной увеличения относительного числа звезд, расположенных выше главной последовательности с уменьшением галактической широты. Отметим, что аномалии химсостава подобным образом действительно приводят к появлению последовательности субкарликов в противоположном конце главной последовательности. Однако не следует все же забывать, что если возраст поздних звезд сравним со временем «утяжеления» химсостава межзвездной среды, то возраст рассматриваемых здесь ранних звезд, по-видимому, существенно меньше, чем это время.

Если наше предположение о наличии систематических эффектов, приводящих к некоторому смещению положения части рассматриваемых звезд на диаграмме ГР, справедливо, то эти звезды должны иметь в среднем тем больший избыток цвета U—B, чем меньше их галактическая широта, то

есть чем сильнее занижена их температура, определяемая по спектральным линиям. Причем, этот избыток должен иметься не только у звезд, сошедших с главной последовательности, но и у звезд, располагающихся на ней. Имея в виду необходимость статистически однородного материала, рассмотрим данные о цветах  $U-V$  звезд, отнесенных в каталоге [3] к главной последовательности. Наблюдаемые цвета  $U-V$  необходимо исправить за галактическое покраснение по формуле [7]:

$$\frac{E(U-V)}{E(B-V)} = 0.730 - 0.049(B-V)_0 + [0.069 - 0.009(B-V)_0] E(B-V). \quad (2)$$

В результате вычислений оказалось, что ожидаемый избыток  $\delta(U-V)$  действительно имеется и достигает значения  $0.04 \pm 0.01$  для звезд, имеющих  $b \leq 1^\circ$ . Как и следовало ожидать, этот избыток соответствует менее чем одному спектральному подклассу, однако даже такой сравнительно небольшой избыток, конечно, может быть причиной систематических эффектов в спектральной классификации части рассматриваемых звезд.

Рассмотрим теперь вопрос о возможной причине тех вариаций химсостава протозвездного вещества, на которые скорее всего указывают приведенные выше данные. Эти вариации должны сводиться либо к увеличению содержания элементов 2-го и 3-го периодов в протозвездном веществе за время порядка времени эволюции ранних звезд, либо к зависимости между пространственно-кинематическими характеристиками этих звезд и химсоставом вещества, из которого они образовались. Первое предположение на первый взгляд кажется соответствующим представлениям о химической эволюции газообразного протозвездного вещества. Галактический газ действительно должен постепенно обогащаться элементами, синтезируемыми в звездах [8]. Однако, даже если, как это утверждается в некоторых работах, характерное время химической эволюции Галактики и было порядка времени эволюции  $O-V$  звезд, эта фаза эволюции Галактики закончилась, по-видимому,  $10^{10}$  лет назад [9, 10]. Таким образом, остается только полагать, что существует зависимость между химсоставом протозвездного вещества и пространственно-кинематическими характеристиками образовавшегося из этого вещества звездного населения. Существование такой зависимости представляется неправдоподобным в рамках теории образования звезд путем гравитационной конденсации газа, однако если принять точку зрения В. А. Амбарцумяна о происхождении звезд из дозвездного вещества в некотором взрывном процессе, то зависимость химсостава образующихся звезд от их пространственно-кинематических характеристик отнюдь не является невозможной. Более того, на возможность такой зависимости указывают расчеты [11], где показано, что даже в простой взрывной модели может быть получено такое относительное распределение образовавшихся элементов, которое очень близко к наблюдаемому

химсоставу звезд. В [11] отмечается, что химсостав синтезированного вещества зависит от кинематики взрывного процесса. Возможно, что именно эта зависимость и является причиной корреляции химсостава звезд с их пространственно-кинематическими характеристиками.

Таким образом, данные о распределении O—B звезд позволяют предположить существование корреляции между химсоставом этих звезд и их пространственно-кинематическими характеристиками. Было бы очень важно получить прямые наблюдательные подтверждения этой корреляции, так как ее установление имело бы весьма существенное значение для теории происхождения звезд.

В заключение приношу благодарность академику В. А. Амбарцумяну за обсуждение и ценные замечания.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## THE DISTRIBUTION OF O—B STARS

YU. K. MELIK-ALAVERDIAN

It is shown that the distribution of O—B stars along the latitude in the Galaxy indicates the influence of a systematic effect on their spectral classification. It is suggested that this effect may be due to the increase of the amount of helium in the atmospheres of these stars with their age or to the correlation of content of elements, heavier than helium, in stars with their space-kinematic characteristics.

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, Эволюция звезд и астрофизика, Ереван, 1947.
2. С. А. Каплан, Р. Б. Шацова, *Астрон. ж.*, 52, 260, 1975.
3. W. A. Hiltner, *Ap. J.*, Suppl. ser., 24, 389, 1956.
4. Л. С. Любимков, *Астрофизика*, 13, 139, 1977.
5. D. I. Eggen, D. Lynden-Bell, A. R. Sandage, *Ap. J.*, 136, 748, 1962.
6. H. E. Bond, *Ap. J. Suppl. ser.*, 184, 117, 1970.
7. A. Gutierrez-Moreno, H. Moreno, *P. A. S. P.*, 87, 425, 1975.
8. A. O. J. Unsold, *Science*, 163, 1015, 1969.
9. A. Sandage, *Ap. J.*, 135, 333, 1962.
10. B. E. Pagel, *Observatory*, 83, 141, 1963.
11. R. V. Wagoner, *Ap. J.*, 151, L103, 1968.