

АСТРОНОМИЯ

А. Г. МАСЕВИЧ

К ВОПРОСУ ОБ ЭВОЛЮЦИИ ЗВЕЗД В РАССЕЯННЫХ СКОПЛЕНИЯХ

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 12 IX 1950)

1. Главную Последовательность звезд на диаграмме Ресселла можно получить из теории внутреннего строения звезд, предположив, согласно В. Г. Фесенкову<sup>(1)</sup>, что масса звезды убывает с течением времени за счет корпускулярного излучения. Эволюционная кривая Солнца, вычисленная из уравнений равновесия звезды:

$$\frac{\mathfrak{M}^{5,75}}{LR^{1,25}} = \frac{[2X + \frac{3}{4}Y + \frac{1}{2}Z]^{7,5}(1+X)Z}{1,34}, \quad (1)$$

$$\frac{\mathfrak{M}^{19}}{LR^{20}} = \frac{[2X + \frac{3}{4}Y + \frac{1}{2}Z]^{17}}{1800ZX} \quad (2)$$

и эмпирического соотношения

$$L = \mathfrak{M}^{3,9}, \quad (3)$$

хорошо воспроизводит очертания Главной Последовательности<sup>(2,3)</sup> ( $L$ ,  $\mathfrak{M}$ ,  $R$  здесь даны в единицах светимости, массы и радиуса Солнца;  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  — содержание водорода, гелия и смеси тяжелых элементов, соответственно; закон поглощения принят в виде  $k = k_0 \rho^{0,75} T^{-3,5}$ ; источник энергии — углеродная циклическая реакция, модель звезды с конвективным ядром без учета лучевого давления). Но Главная Последовательность имеет реальную дисперсию (в  $\pm 0,5$  звездных величин), которая не может быть отнесена за счет ошибок наблюдений. Объяснить эту дисперсию можно различным содержанием тяжелых элементов  $Z$  для разных звезд последовательности (см. рис. 1). При  $\lg \mathfrak{M} = 0,0$  и  $\lg L = 0,0$  разным  $Z$  соответствуют различные  $\lg R$ ,  $X$  и  $Y$ , приведенные в табл. 1.

Таблица 1

$z$		$x$	$y$
0,01	-0,175	0,90	0,09
0,05	-0,061	0,60	0,35
0,12	0,000	0,47	0,41
0,14	+0,015	0,455	0,405
0,40	+0,090	0,355	0,245
0,60	+0,120	0,34	0,06

Наибольшую протяженность в область ранних спектральных классов имеет кривая для  $Z = 0,14$ , после чего предельные значения  $\mathfrak{M}$ ,  $R$ ,  $L$  спадают в обе стороны. Из рис. 1 видно, что дисперсия Главной Последовательности успешно может быть объяснена изменением  $Z$  от 0,05 до  $\sim 0,40$ , что физически вполне оправдано, так как звезды образуются в разных местах Галактики и, естественно, первоначальный их состав должен быть различен.

2. При изучении рассеянных звездных скоплений обращает внимание распределение в них звезд по спектральным классам. Как правило, в скоплениях, содержащих звезды О и В, отсутствуют красные и желтые гиганты.

Дисперсия звезд на диаграмме светимость — спектр мала. В большинстве случаев встречается либо только нормальная Главная Последовательность (в виде узкой полоски), либо Главная Последовательность без звезд О и В и несколько гигантов. Главные Последова-

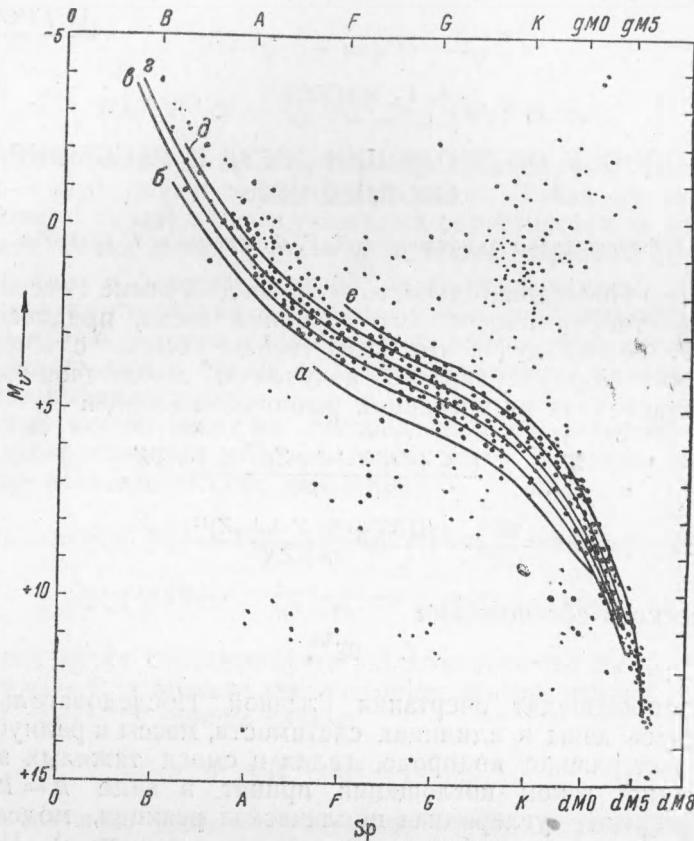


Рис. 1. Эволюционные кривые для разных  $Z$  на диаграмме Ресселла.  
 $\alpha$  —  $Z = 0,01$ ;  $\beta$  —  $0,05$ ;  $\gamma$  —  $0,12$ ;  $\delta$  —  $0,14$ ;  $\epsilon$  —  $0,60$  ( $Z = 0,12$  — эволюционная кривая Солнца)

тельности звезд разных скоплений отличаются друг от друга по форме. Поскольку имеются все основания предполагать, что рассеянные звездные скопления — образования молодые и звезды в них имеют общее происхождение, изучение диаграмм светимость — спектр этих скоплений представляет большой интерес с эволюционной точки зрения.

Койпер<sup>(4)</sup> высказал предположение, что рассеянные скопления — группы звезд с одинаковым содержанием водорода, и пытался различием  $X$  объяснить характерные черты диаграмм светимость — спектр скоплений. Однако в свете современных взглядов на источники звездной энергии предположение это оказывается несостоятельным. Горячие гигантские звезды расходуют водород значительно быстрее, чем звезды малой светимости; поэтому, даже если первоначальное содержание водорода  $X$  у всех звезд скопления было одинаковым, по прошествии хотя бы одного миллиарда лет  $X$  станет разным для звезд ранних и поздних спектральных классов.

Нам кажется, что различие Главных Последовательностей скоплений может быть объяснено различием в содержании тяжелых элементов  $Z$ . На рис. 2 приведены диаграммы „абсолютная болометрическая звездная величина  $M_b$  — эффективная температура“ для 14 рассеянных скоплений (по (4)). Наиболее характерные из них следующие: 12 Мон — I;  $\tau$  С. Ма — 4; h Персея — 9; Плеяды — 10; M - 35 — 11; Coma B. — 13. Здесь же нанесены эволюционные кривые звезд (для разных  $Z$ ), которые, вообще говоря, совпадают с основными частями Главных Последовательностей отдельных скоплений.

Подробный расчет проведен для скопления Coma Berenices, для звезд которого имеются новые данные наблюдений (5) (рис. 3). Теоретическая кривая для  $Z = 0,14$  совпадает с Главной Последовательностью звезд скопления Coma B. Для скопления h Персея (данные наблюдений по (4)) хорошее согласие с наблюдениями дает эволюционная кривая для  $Z = 0,40$  (см. рис. 4).

Повидимому, Главной Последовательности каждого скопления

соответствует кривая, характеризующая эволюцию звезд с определенным начальным составом, т. е. образовавшихся в одном месте при определенных условиях, в то время как Главная Последовательность общей диаграммы Ресселла есть совокупность эволюционных кривых звезд с различными  $Z$ , т. е. образовавшихся в разных частях Галактики. Этим объясняется дисперсия общей Главной Последовательности и почти полное отсутствие таковой для скоплений.

3. Эволюционное толкование диаграмм Ресселла отдельных скоплений позволяет оценить возраст последних. Так например, отсутствие звезд O и B в скоплении типа Coma B. означает, что скопление это существует

по крайней мере столько времени, сколько необходимо, чтобы звезда O9 успела проэволюционировать в звезду A0. Для Coma B. этот «минимальный» возраст  $t_{\min}$  составляет  $1,74 \cdot 10^9$  лет. Максимально возможным возрастом  $t_{\max}$  будет промежуток, необходимый для

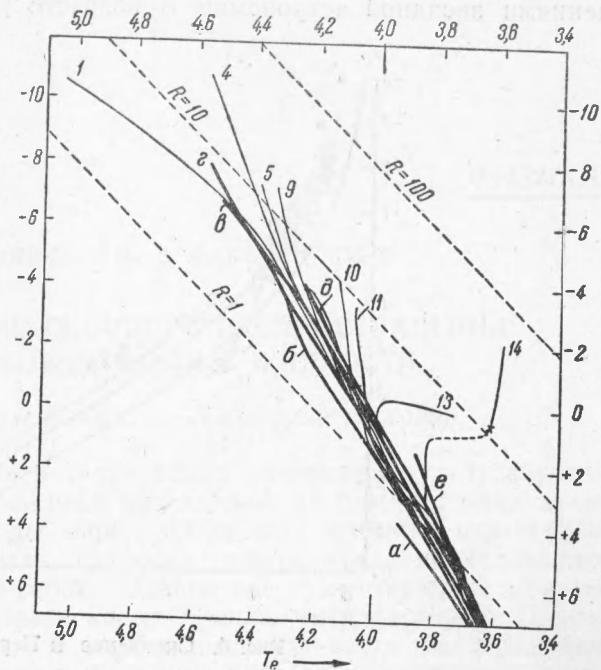


Рис. 2. Диаграмма  $M_b$  —  $T_{eff}$  для рассеянных скоплений. Номера скоплений пояснены в тексте. Жирные линии — эволюционные кривые для разных  $Z$ . Обозначения те же, что на рис. 1

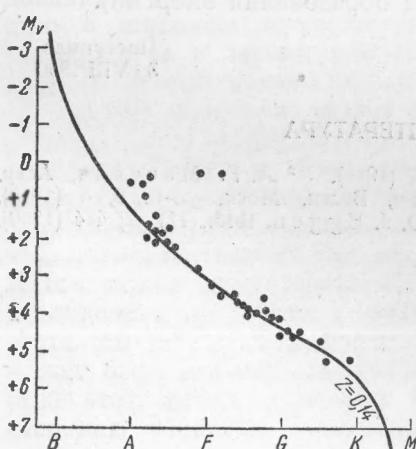


Рис. 3. Скопление Coma Berenices

превращения звезды O9 в звезду G7.  $t_{\max} = 5,97 \cdot 10^9$  лет. Для  $\eta$  Персея, соответственно:  $t_{\min} = 0,01 \cdot 10^9$  лет и  $t_{\max} = 1,0 \cdot 10^9$  лет (от B2 до A0). Данные эти находятся в согласии с современными представлениями звездной астрономии о возрасте рассеянных скоплений.

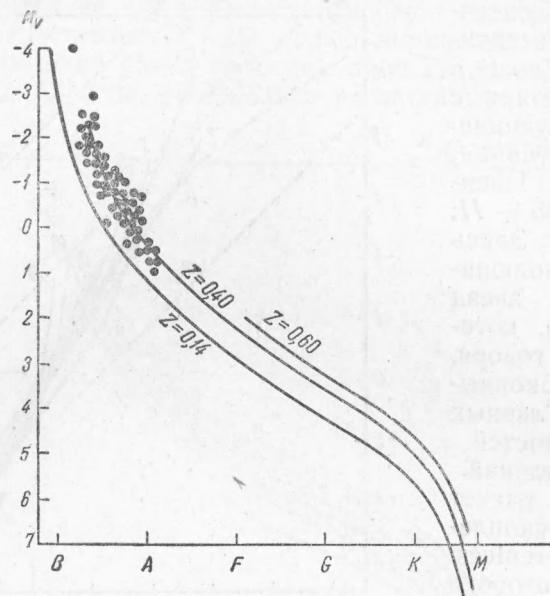


Рис. 4. Скопление  $\eta$  Персея

4. Необходимо отметить, что все приведенные расчеты носят лишь качественный характер, так как одна и та же звездная модель ( $k = k_0 T^{0,75} T^{-3,5}$ ) применяется к разным стадиям жизни звезды. В частности, из рис. 1—4 видно, что теоретическая кривая систематически отходит от наблюдаемой для звезд ранних спектральных классов (O, B) и хорошо совпадает для более поздних. Для горячих гигантских звезд необходимо особое рассмотрение (как с точки зрения коэффициента поглощения, так и закона образования энергии).

Государственный астрономический  
институт им. П. К. Штернберга

Поступило  
30 VIII 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. Г. Фесенков, Астр. журн., **26**, 2, 67 (1949). <sup>2</sup> А. Г. Масевич, Астр. журн., **26**, 4, 207 (1949). <sup>3</sup> А. Г. Масевич, Вестн. Моск. ун-та, **8**, 4 (1950).  
<sup>4</sup> Г. Р. Куирег, Ap. J., **86**, 2, 176 (1937). <sup>5</sup> О. Й. Eggen, ibid., **111**, 2, 414 (1950).