

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 Расселла можно получить из теории внутреннего строения звезд, предположив, согласно В. Г. Фесенкову⁽¹⁾, 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^(2,3) (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.

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.

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

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-

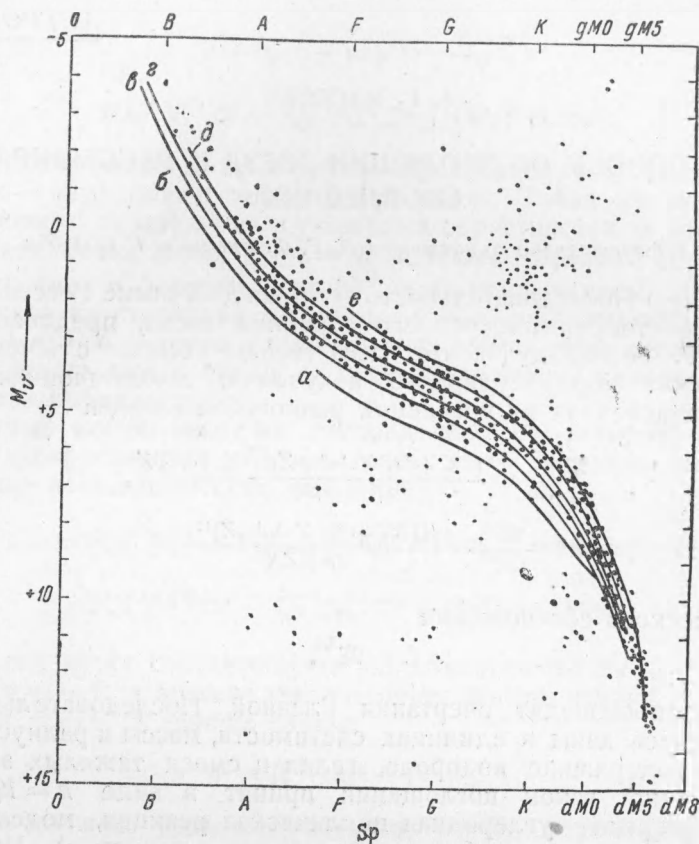


Рис. 1. Эволюционные кривые для разных Z на диаграмме Ресселла. $a - Z = 0,01$; $b - 0,05$; $c - 0,12$; $d - 0,14$; $e - 0,40$; $f - 0,60$ ($Z = 0,12$ — эволюционная кривая Солнца)

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 ⁽⁴⁾ 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 воззрений 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 Моп — 1; τ С. Ма — 4; η Персея — 9; Плеяды — 10; М-35 — 11; Сота В. — 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 Сота Вереницы, для звезд которого имеются новые данные наблюдений ⁽⁵⁾ (рис. 3). Теоретическая кривая для $Z = 0,14$ совпадает с Главной Последовательностью звезд скопления Сота В. Для скопления η 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 О и В в скоплении типа Сота В. означает, что скопление это существует по крайней мере столько времени, сколько необходимо, чтобы звезда О9 успела проэволюционировать в звезду А0. Для Сота В. этот «минимальный» возраст t_{\min} составляет $1,74 \cdot 10^9$ лет. Максимально возможным возрастом t_{\max} будет промежуток, необходимый для

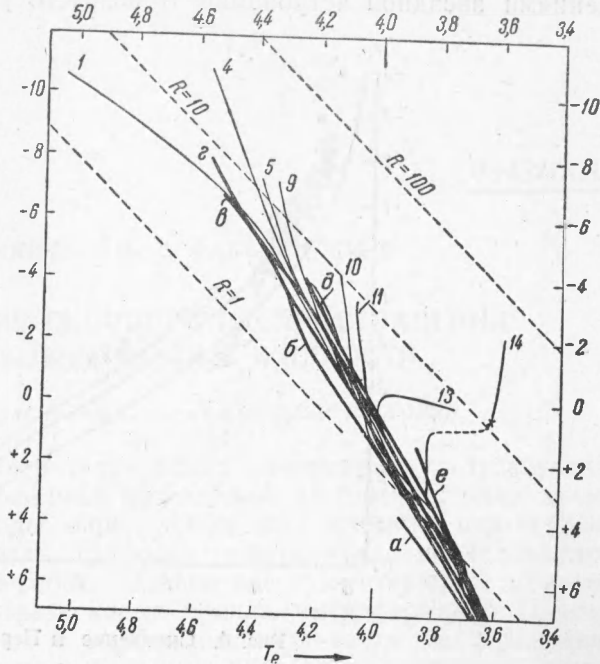


Рис. 2. Диаграмма $M_b - T_{eff}$ для рассеянных скоплений. Номера скоплений пояснены в тексте. Жирные линии — эволюционные кривые для разных Z . Обозначения те же, что на рис. 1

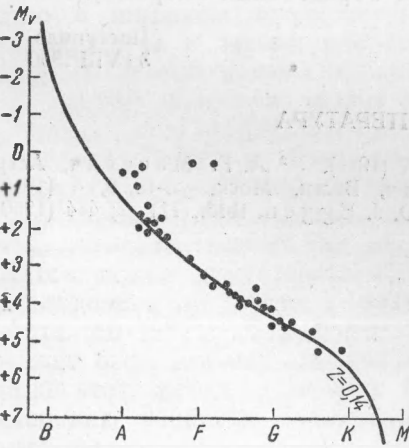


Рис. 3. Скопление Сота Вереницы

по крайней мере столько времени, сколько необходимо, чтобы звезда О9 успела проэволюционировать в звезду А0. Для Сота В. этот «минимальный» возраст t_{\min} составляет $1,74 \cdot 10^9$ лет. Максимально возможным возрастом t_{\max} будет промежуток, необходимый для

превращения звезды О9 в звезду G7. $t_{\text{макс}} = 5,97 \cdot 10^9$ лет. Для κ Персея, соответственно: $t_{\text{мин}} = 0,01 \cdot 10^9$ лет и $t_{\text{макс}} = 1,0 \cdot 10^9$ лет (от В2 до А0). Данные эти находятся в согласии с современными представлениями звездной астрономии о возрасте рассеянных скоплений.

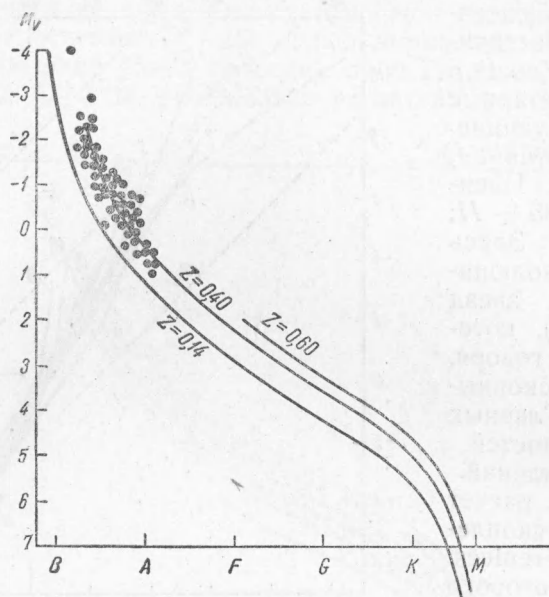


Рис. 4. Скопление κ Персея

4. Необходимо отметить, что все приведенные расчеты носят лишь качественный характер, так как одна и та же звездная модель ($k = k_0 \rho^{0,75} T^{-3,5}$) 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 (О, В) 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

- ¹ В. Г. Фесенков, Астр. журн., 26, 2, 67 (1949). ² А. Г. Масевич, Астр. журн., 26, 4, 207 (1949). ³ А. Г. Масевич, Вестн. Моск. ун-та, 8, 4 (1950).
⁴ G. P. Kuiper, Ap. J., 86, 2, 176 (1937). ⁵ O. J. Eggen, *ibid.*, 111, 2, 414 (1950).