

Л. ЛУУД

О ПРИРОДЕ ЗВЕЗД ТИПА Р ЛЕБЕДЯ

Звезды типа Р Лебеда являются одним из наиболее интересных объектов нашей Галактики, изучение которых представляет интерес и с точки зрения звездной эволюции. В связи с природой звезд типа Р Лебеда возникает целый ряд проблем, которые до сих пор не решены. В настоящее время принято считать, что звезды типа Р Лебеда теряют свою массу благодаря истечению вещества в такой мере, что могут на этом этапе развития существовать малое в космических масштабах время. Чтобы выяснить их место в звездной эволюции, нужно установить их место на диаграмме Герцшпрунга—Рессела. Звезды типа Р Лебеда обычно являются членами звездных ассоциаций и поэтому можно полагать, что они — сравнительно молодые объекты, недавно прошедшие начальную главную последовательность.

При изучении звезд типа Р Лебеда мы опираемся на составленную канадским астрономом Билсом монографию [1], где собраны все имевшиеся до 1950 года данные о звездах типа Р Лебеда. Билс считает, что звездами типа Р Лебеда являются все звезды, в спектрах которых встречается хотя бы одна линия, имеющая контур одного из типов, приведенных на рис. 1. Билс показал, что такие контуры линий появляются в атмосферах звезд вследствие истечения вещества. Это явление — общее для весьма многообразных объектов, включенных в список Билса [1].

Отметим, что в литературе по эволюции звезд звездами типа Р Лебеда иногда считают лишь звезды очень высокой светимости [2]. Но в работах, посвященных изучению звезд типа Р Лебеда, в тип включают и звезды главной последовательности и других классов яркости [1, 3, 4].

С точки зрения звездной эволюции очень важно выяснить, чем отличаются звезды типа Р Лебеда от сходных с ними звезд, и образуют ли они на диаграмме Герцшпрунга—Рессела однородную последовательность звезд. Важно также узнать, являются ли они особыми объектами или должны все звезды (или некоторые группы звезд) проходить такой этап развития, когда в их спектрах появляются линии с контурами типа Р Лебеда.

В настоящей статье уточняется определение звезд типа Р Лебеда, устанавливается их место на диаграмме Герцшпрунга—Рессела и в звездной эволюции, сравниваются физические характеристики звезд типа Р Лебеда и сходных с ними звезд и обсуждаются причины истечения вещества.

Статья заключает цикл наших исследований [5—10], откуда заимствованы все данные наблюдений; иногда мы пользуемся также данными, которые пока не опубликованы, но все они получены при помощи методики, описанной в [9]. Все данные, заимствованные у других авторов, отмечены в тексте.

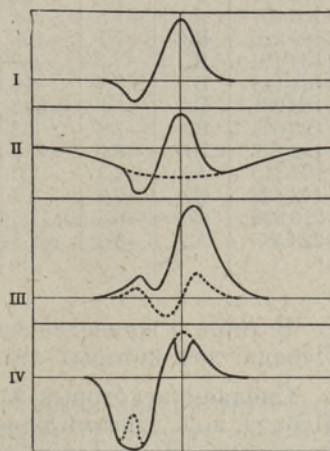


Рис. 1.

1. Уточнение определения звезд типа Р Лебеда. Неоднородность физических характеристик звезд, включенных в список Билса, была отмечена уже его составителем [1], а также Андерхиллом [5] и Архиповой [4]. Мы исходили из требования, что звездами типа Р Лебеда следует называть лишь звезды, физически близкие к прототипу. Физическое сходство некоторых звезд возможно в том случае, если они имеют близкие положения на диаграмме Герцшпрунга—Рессела. Архипова показала, что звезды, в спектрах которых имеются линии с контурами типа Р Лебеда, находятся в основном на главной последовательности и среди сверхгигантов. Физически однородны с прототипом могут быть лишь сверхгиганты. Поэтому мы считаем, что звездами типа Р Лебеда являются сверхгиганты, в спектрах которых по крайней мере одна линия имеет контур типа Р. Лебеда. Как выяснится ниже, эти звезды объединяет общая причина истечения вещества.

Таблица 1

HD	Sp	M _v	M _B	M/M _⊙	T	R/R _⊙	log n _e	v _a H _α	ΔM/M _⊙	Примечания
108	O8	-6.9	-11.4	138						
12 953	A2	-7.4	-7.8	47						
13 854	B0	-6.8	-9.2	72	29 500°	30	13.10	180	9 · 10 ⁻⁵	
14 143	B1	-6.9	-9.2	72	27 000°	31	12.80	180	5 · 10 ⁻⁵	
14 818	B1	-7.0	-9.3	74	25 000°	38	13.	180	10 ⁻⁵	
21 389	A0	-7.1	-7.7	46						
30 614	O9.5	-6.8	-10.0	91						
34 085	B7	-7.9	-9.1	69	20 500°	74				α Cam β Ori
41 117	B2	-7.4	-9.3	74	28 500°	49				χ ² Ori
160 529	A4	-7.8	-8.0	50						
166 937	B7	-8.0	-8.9	66	20 500°	75				μ Sgr
168 607	A0	-7.5	-8.1	51	21 000°	57				
169 226	B3	-7.7	-9.0	68	28 000°	49	12.3	210	5 · 10 ⁻⁵	
169 454	B2	-7.3	-9.2	72	29 000°	44	12.90	175	10 ⁻⁴	
183 143	B7	-7.4	-8.6	60	21 500°	55				
188 001	O8	-6.8	-11.3	127						9 Sge
190 603	B2	-7.3	-9.2	72	28 500°	44	12.86	135	10 ⁻⁴	
193 237	B1	-8.0	-10.3	100	29 000°	61	12.26	280	10 ⁻⁴	Р Cyg
197 345	A2	-7.3	-7.9	49						α Cyg
198 478	B2	-7.6	-9.2	72	28 500°	45	12.78	90	8 · 10 ⁻⁵	55 Cyg
210 839	O6	-6.5	-11.5	144						λ Cep
223 385	A3	-8.5	-8.5	59						6 Cas A

В табл. 1 приведен список достоверно установленных звезд типа Р Лебеда, для которых имеются определения светимости.

Сделаем некоторые замечания о звездах, имеющих контуры типа Р Лебеда, но с другими причинами истечения. Анализ списка Билса [1] дает несколько групп таких звезд, которые мы называем звездами, имеющими спектральные линии типа Р Лебеда.

а) Звезды около главной последовательности с линиями типа Р Лебеда. Все достаточно хорошо изученные звезды этой группы являются тесными двойными и причиной истечения тут скорее всего является влияние другой звезды. Отметим, что АХ Моп, которая считалась типичной звездой типа Р Лебеда, оказалась тесной двойной с коротким периодом [11].

б) Симбиотические звезды. Симбиотическими считаются двойные звезды, окруженные туманностью; при этом одна звезда ранняя и другая поздний гигант. В списке Билса имеется несколько симбиоти-

ческих звезд; линии в их спектрах временами имеют контур типа Р Лебеда.

в) Некоторые другие нестационарные звезды. К этой группе относятся многие звезды типа Ве, RW Aig и др., однако более подробное обсуждение их природы здесь неуместно.

2. Положение звезд типа Р Лебеда на диаграмме Герцшпрунга—Рессела и определение некоторых их физических характеристик. Чтобы установить положение звезд на диаграмме Герцшпрунга—Рессела, нужно знать их светимости (M_v) и спектральные классы (Sp). В табл. 1 приведены спектральные классы всех известных нам звезд типа Р Лебеда по определениям Билса [1].

Для определения M_v звезд типа Р Лебеда использовались данные разных источников [1, 4, 12—15]. Некоторые M_v были определены автором. Основной метод получения M_v следующий: по эквивалентным ширинам или сдвигам межзвездных линий определяется расстояние звезды, а с применением данных о межзвездном поглощении определяется M_v . В табл. 1 приведены светимости, принятые окончательно. Полученные M_v могут иметь погрешности в пределах ± 0.3 . Звезды типа Р Лебеда в Магеллановых Облаках имеют примерно такие же светимости. Для них в среднем $M_v = -7.3$.

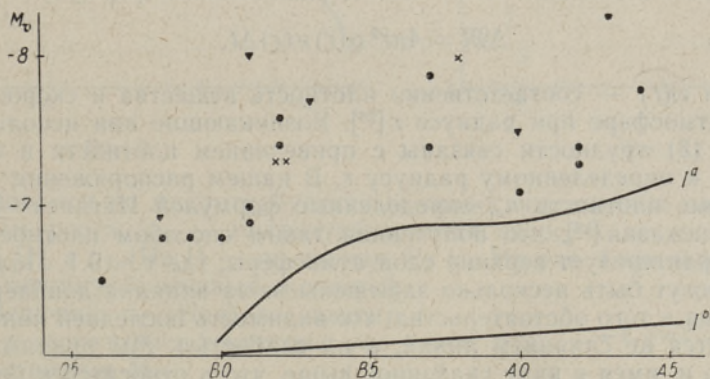


Рис. 2.

С использованием данных табл. 1 была построена диаграмма Герцшпрунга—Рессела для звезд типа Р Лебеда (рис. 2). Последовательности сверхгигантов I^a и I^b нанесены по данным работы [16]. На рис. 2 и в дальнейшем точками отмечены звезды с контуром линии H_α типа Р Лебеда, крестиками — звезды, у которых H_α и H_β типа Р Лебеда, а треугольниками — звезды, имеющие больше линий типа Р Лебеда.

На рис. 1 все звезды типа Р Лебеда расположены выше последовательности I^a и имеется тенденция к более высокому положению звезд, в спектрах которых больше линий типа Р Лебеда.

При помощи болометрической поправки по Аллену [17] были найдены болометрические абсолютные блеска; эффективные температуры были взяты по спектральному классу согласно шкале Копылова [18]. Полученные M_B приведены в табл. 1.

По известным M_B можно, используя соотношение масса—светимость, оценить массы звезд типа Р Лебеда. Соотношение масса—светимость является довольно универсальным законом природы, и для разных групп звезд оно мало различается. Поэтому можно полагать, что оно справедливо и для звезд типа Р Лебеда. Так как по положению на диаграмме Герцшпрунга—Рессела они крайне яркие сверхгиганты, то мы использовали соотношение масса—светимость, найденное Паренаго и Масевич для сверхгигантов [19]. С переходом от светимости L к M_B можно его записать в виде

$$\log M/M_{\odot} = 0.66 - 0.13 M_B. \quad (1)$$

Полученные массы приведены в табл. 1. Далее можно оценить радиусы звезд типа Р Лебеда. Для этого используем цветовые температуры T_c , оцененные на основе определенных Билсом [1] занстровских и Архиповой [2] спектрофотометрических температур. Для некоторых звезд T_c оценено и по спектральному классу. Температуры приведены в табл. 1. Радиусы вычислены по общеизвестной формуле

$$M_V = 29\,500 T_c^{-1} - 5 \log R/R_{\odot} - 0.08 \quad (2)$$

и также приведены в табл. 1.

Весьма важно иметь представление о количестве вещества, которое звезда теряет в год. Для этого можно использовать формулу

$$\Delta M = 4\pi r^2 \rho(r) v(r) \Delta t, \quad (3)$$

где $\rho(r)$ и $v(r)$ — соответственно плотность вещества и скорость истечения в атмосфере при радиусе r [20]. Возникающие при использовании формулы (3) трудности связаны с приведением плотности и скорости истечения к определенному радиусу r . В нашем распоряжении имеются электронные плотности n_e , определенные формулой Инглиса—Теллера. Копылов показал [13], что полученная таким способом плотность электронов характеризует верхние слои атмосферы, где $\tau \approx 0.1$. Полученные нами n_e могут быть несколько завышены из-за влияния доплеровского расширения и того обстоятельства, что видимости последней линии часто определяется не слиянием линий, а их слабостью. Мы принимаем, что $\rho = n_e \cdot m_H$ и, имея в виду сказанное выше, что ρ относятся к более глубоким слоям, где $r = R$. (R — радиус фотосферы, полученный по формуле (2)).

Для определения потери вещества надо еще оценить скорость истечения. Измеренная по компонентам поглощения скорость не характеризует реальную скорость истечения [10]. Чтобы сохранить одинаковую систему определения $v(R)$, мы принимали, что $v(R) = \frac{1}{3} v_a(H\alpha)$, где $v_a(H\alpha)$ — скорость, определенная по компоненту поглощения линии $H\alpha$. Величины $\log n_e$, $v_a(H\alpha)$, по данным [1], и $\Delta M/M_{\odot}$ в год приведены в табл. 1.

Все годовые потери оказываются очень близкими — в среднем $10^{-4} M_{\odot}$ в год.

Годовая потеря $10^{-4} M_{\odot}/\text{год}$ очень велика по сравнению с массой порядка $100 M_{\odot}$, и звезды типа Р Лебеда могут существовать в этой стадии развития недолго. Если даже годовая потеря переоценена в 10 раз, то это время не может превышать 10^7 лет. Вероятно, с уменьшением массы звезды истечение кончится.

3. Сравнение некоторых характеристик звезд типа Р Лебеда. Достаточно много звезд типа Р Лебеда и звезд сравнения изучено в пределах спектральных классов В0 — В3, что позволяет изучить зависимость разных их характеристик от светимости.

Начнем с рассмотрения зависимости $\log n_e$, полученной по формуле Инглиса—Теллера, от M_v (рис. 3). Отметим, что кружками здесь и в дальнейшем отмечены сверхгиганты без признаков типа Р Лебеда. Из рис. 3 видно, что зависимость электронной плотности, определенной по номеру последней видимой линии бальмеровской серии, от светимости проявляется вполне отчетливо. Известно, что номер последней линии является критерием светимости [21]. Поэтому можно сказать, что полученные в предыдущем разделе M_v определены уверенно.

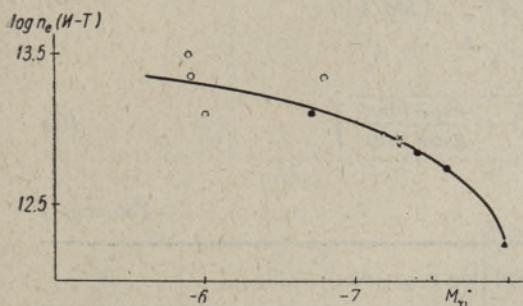


Рис. 3.

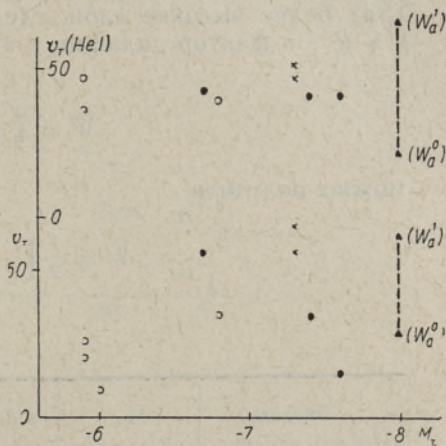


Рис. 4.

Остановимся на микротурбулентных скоростях, которые определены по кривым роста (v_T — микротурбулентная скорость по линиям O II, N II и Si III, а v_T (He I) — по линиям He I). На рис. 4 приведены зависимости микротурбулентных скоростей от M_v . Величина v_T (He I) не зависит от M_v , а v_T показывает тенденцию увеличения с ростом M_v .

Остановимся на параметрах $v \sin i$, взятых из сводного каталога [22]. Пока еще не совсем ясно, как их интерпретировать. Возможно расширение контура вследствие вращения звезды или микротурбулентных скоростей. На рис. 5 приведена зависимость $v \sin i$ от спектрального класса, а для сравнения также и зависимость макротурбулентных скоростей V_T от спектрального класса для сверхгигантов I^a—II [23].

В работе [23] V_T определено статистически для групп звезд. Довольно хорошее совпадение эмпирических точек с кривой V_T говорит о том, что в атмосферах звезд типа Р Лебеда имеются макротурбулентные движения со скоростями, равными или немного превышающими скорости макротурбулентных движений в атмосферах обычных сверхгигантов.

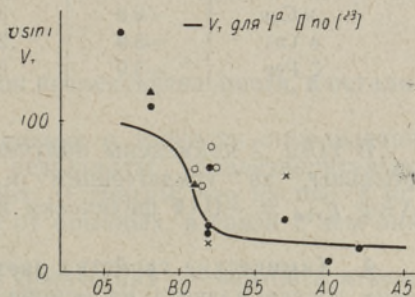


Рис. 5.

Ускорения эффективных сил тяжести в атмосферах звезд типа Р Лебеда и сверхгигантов систематически зависят от способа их получения. Нами определены $g_{эфф}(Sp)$ для многих звезд типа Р Лебеда и сверхгигантов на основе характеристик линейчатого спектра звезды. В табл. 2 приведены и «динамические» $g_{эфф}(дин)$, которые определяются по массе и радиусу звезды. Введем величину $\Delta \log g_{эфф}$, которая определяется в виде

$$\Delta \log g_{эфф} = \log g_{эфф}(Sp) - \log g_{эфф}(дин). \quad (4)$$

Можно подумать, что отличие $\log g_{эфф}$, полученных двумя различными способами, должно отражать факт, что они определяются для различных уровней в атмосфере. $g_{эфф}(дин)$ характеризует фотосферу, а $g_{эфф}(Sp)$ более высокие слои, где формируются линии. Имея в виду, что $g \sim R^{-2}$ и фактор дилуции в атмосфере звезды

$$W = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{R^*}{R}\right)^2} \right], \quad (5)$$

можно получить

$$W = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{g_{эфф}(дин)}{g_{эфф}(Sp)}} \right]. \quad (6)$$

Таблица 2

Звезда	M_v	$\log g_{эфф}(Sp)$	$\log g_{эфф}(дин)$	$\Delta \log g_{эфф}$	W
Р Cyg	-8.0	1.93	2.78	-0.85	0.03
HD 169 454	-7.9	2.25	2.92	-0.67	0.05
190 603	-7.9	2.30	2.92	-0.62	0.06
13 584	-6.8	2.28	3.06	-0.78	0.04
41 117	-7.4	2.15	2.90	-0.75	0.04
198 478	-7.4	2.13	2.85	-0.72	0.05
κ Cas	-6.8	3.25	3.11	+0.14	—
ϵ Ori	-5.9	2.73	3.28	-0.55	0.07
ζ Per	-5.9	2.92	3.30	-0.38	0.11

В табл. 2 приведены полученные таким образом W , которые весьма реальны, за исключением κ Cas. Полученное для нее значение $\Delta \log g_{эфф} = +0.14$ физически неразумно.

4. Химические свойства звезд типа Р Лебеда. Определение химических составов звезд на основе работ различных авторов дает некоторые систематические различия, связанные с применением различных методов и различных систем сил осцилляторов. На такие различия указывает, например, Аллер [24]. Поэтому для получения химических составов звезд типа Р Лебеда нужно их химические составы сравнить с составами В звезд, полученными по той же методике. Попутно рассмотрим и вопрос о совпадении наших определений химических составов с определениями других авторов. Нами всегда применялся анализ кривой роста, а сравнение для изучения надежности результатов проводилось преимущественно составами, полученными методом моделей атмосфер.

Для сравнения определений различных авторов на рис. 6 приведены известные нам определения химических составов. На этом рисунке по оси ординат нанесены логарифмы содержания элементов в предположении, что содержание водорода равно единице. В столбцах, соответ-

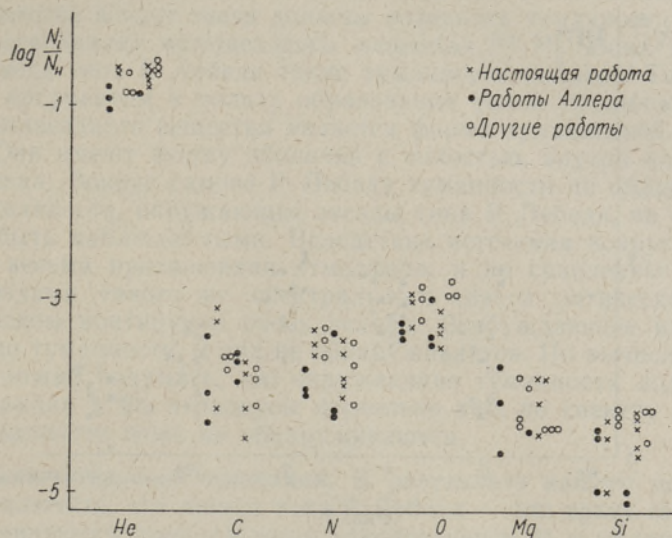


Рис. 6.

вующих определенному элементу, нанесены химические составы следующих звезд:

- 1 — 10 Lac, τ Sco, γ Peg — по Аллеру [24]
- 2 — 10 Lac, τ Sco, ζ Cas — по нашим определениям
- 3 — 10 Lac [25], τ Sco [26, 27]
- 4 — 55 Cyg, 22 Ori и 114 Tau — по Аллеру [24]
- 5 — ζ Per, χ^2 Ori, ϵ Ori, κ Cas и 55 Cyg — по нашим определениям
- 6 — ζ Per [28], κ Cas [29] и 55 Cyg [30].

В первых трех столбцах звезды главной последовательности, в остальных — сверхгиганты.

Из рис. 6 можно получить представление о точности определения химических составов В звезд. Наши результаты удовлетворительно согласуются с результатами других работ. (Отметим, что на рис. 6 использованы обозначения, отличающиеся от обычных, в связи с чем они приведены на рисунке).

Приступим к сравнению содержания химических элементов в атмосферах звезд типа Р Лебедя с их содержанием в атмосферах нормальных сверхгигантов и звезд главной последовательности. На рис. 7 показаны содержания, определенные нами для следующих звезд:

- 1 — звезды главной последовательности
- 2 — сверхгиганты I^a и I^b
- 3 — сверхгиганты с H линией типа Р Лебедя
- 4 — сверхгиганты с H_α и H_β линиями типа Р Лебедя
- 5 — Р Лебедя.

Рис. 7 показывает, что звезды типа Р Лебеда по химическому составу не отличаются от В звезд. (На этом рисунке использованы обычные обозначения; звезды главной последовательности обозначены квадратами).

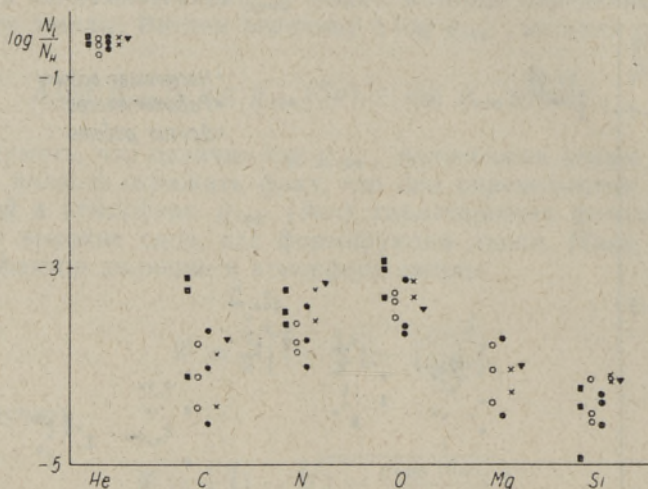


Рис. 7.

В табл. 3 приведен средний химический состав звезд типа Р Лебеда и В звезд. Для сравнения там же приведены принятый Аллером средний химический состав В звезд и космическая распространенность элементов по Аллену [17]. Содержания нормированы так, что логарифмы содержания водорода равны 12.00.

Таблица 3

Элемент	$\log N_i$		
	Автор	Аллер [24]	Аллен [17]
H	12.00	12.00	12.0
He	11.34	11.20	11.0
C	8.30	8.30	8.3
N	8.54	8.18	8.5
O	8.76	8.77	8.8
Mg	7.93	7.94	7.6
Si	7.69	7.45	7.5

Как видно из табл. 3, совпадение результатов отличное.

5. Истечение вещества из сверхгигантов типа Р Лебеда. Звезды очень высокой светимости могут быть неустойчивы, если сила радиоактивного давления превышает гравитационное притяжение. В книге Горбацкого и Минина [31] излагается метод изучения роли светового давления в атмосферах звезд типа Вольфа—Райе. Расчеты для звезд типа Р Лебеда с применением характеристик, определенных в настоящей работе, приводят к выводу, что для объяснения истечения требуется болометрический блеск $M_B \cong -12^m \div -13^m$. Это примерно в 1^m , 5 больше, чем M_B самой яркой звезды Вселенной S Dog. Следовательно, придется рассматривать другие возможные причины истечения вещества.

Шварцшильд и Хярм [32] показали, что звезды с массой выше $65 M_{\odot}$ пульсационно нестабильны. Почти все изученные нами звезды типа Р Лебеда имеют массы больше указанного предела.

В результате пульсационной нестабильности в атмосфере нарушается гидростатическое равновесие и начинается истечение. Вследствие истечения вещества вокруг звезд должны возникать туманности в основном за счет «сгребания» межзвездного вещества [33, 34]. Вокруг некоторых южных звезд типа Р Лебеда такие туманности найдены Такэри [35, 36]. Важным аргументом в пользу образования такой туманности «сгребанием» межзвездного вещества является форма туманностей по снимкам Такэри. Они имеют форму оболочки с полостью, внутри которой находится звезда. Вокруг самого Р Лебеда туманности не обнаружено.

Но туманности, окружающие звезды типа Р Лебеда, не обязательно должны быть наблюдаемыми. Вследствие истечения вокруг звезды образуется весьма протяженная атмосфера, и по сравнению с нормальными звездами такого же спектрального класса оптическая толща в лаймановском континууме очень велика. Возбуждающее излучение не доходит до туманности, и она не обнаруживается. По вычислениям Мустеля [34] можно подумать, что окружающие туманности должны иметь массы порядка $1 M_{\odot}$ и радиусы несколько *кпс*; по спектру поглощения такие туманности тоже не обнаруживаются.

6. Заключительные замечания. В результате нашего исследования можно заключить, что звезды типа Р Лебеда — это яркие сверхгиганты, которые являются продолжением сверхгигантов I^a в области больших масс. Появление линии H_{α} типа Р Лебеда указывает, что звезда по светимости близка к сверхгигантам I^a . По мере роста светимости увеличивается количество линий типа Р Лебеда.

Все звезды типа Р Лебеда вследствие большой массы пульсационно нестабильны и теряют массу истечением. По характеру турбулентных движений и химическому составу атмосферы звезды типа Р Лебеда не отличаются от атмосфер сверхгигантов. Сходство химического состава медленно эволюционирующих звезд главной последовательности и очень быстро эволюционирующих звезд типа Р Лебеда можно истолковать как подтверждение результата Сакашита, Оно и Хаяши [37] о том, что в массивных звездах полуконвективное перемешивание вещества не может распространяться до конвективного ядра: в промежуточных слоях возникает большой градиент среднего молекулярного веса, который препятствует конвективным движениям.

В звездной эволюции этап звезды типа Р Лебеда должны проходить все массивные звезды. На рис. 8 на эволюционных треках массивных звезд, вычисленных Шварцшильдом и Хярмом [38], показаны положения некоторых звезд типа Р Лебеда. Уменьшение массы ведет к пульсационной стабильности, и признаки типа Р Лебеда исчезают.

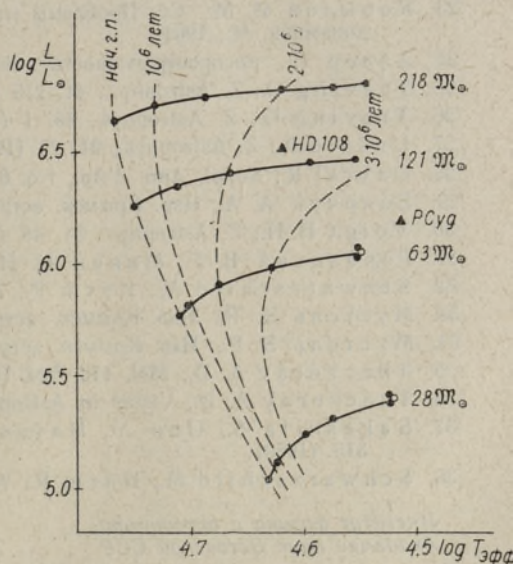


Рис. 8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beals C. S., Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria, **9**, No. 1 (1951).
2. Бербидж Дж., Бербидж М., Сб. Происхождение и эволюция звезд, М. 1962, с. 104.
3. Архипова В. П., Астрон. ж., **40**, 71 (1963).
4. Архипова В. П., Астрон. ж., **40**, 897 (1963).
5. Лууд Л., Астрон. ж., **44**, 267 (1967).
6. Лууд Л., Кукк М., Публ. Тартуск. астрон. обсерв., **36** (1967) (в печати).
7. Лууд Л., Пылдметс А., Леэсмая Х., Публ. Тартуск. астрон. обсерв., **36** (1967) (в печати).
8. Лууд Л., Ситска Я., Публ. Тартуск. астрон. обсерв., **36** (1967) (в печати).
9. Лууд Л., Нугис Т., Публ. Тартуск. астрон. обсерв., **36** (1967) (в печати).
10. Лууд Л., Астрофизика (1967) (в печати).
11. Cowley A. P., Ap. J., **139**, 817 (1964).
12. Кумайгородская Р. Н., Изв. Крымск. астрон. обсерв., **32**, 108 (1964).
13. Копылов И. М., Изв. Крымск. астрон. обсерв., **26**, 232 (1962).
14. Витриченко Э. А., Копылов И. М., Изв. Крымск. астрон. обсерв., **27**, 241 (1962).
15. Stebbins J. a. o., Ap. J., **91**, 20 (1940).
16. Blaauw A., Basic Astronomical Data, Chicago, 1960.
17. Аллен К. У., Астрофизические величины, М., 1960.
18. Копылов И. М., Изв. Крымск. астрон. обсерв., **30**, 69 (1963).
19. Паренаго П. П., Масевич А. Г., Тр. ГАИШ, **20**, 1—146 (1951).
20. Амбарцумян В. А. и др., Теоретическая астрофизика, М., 1952.
21. Михайлов А. А. (ред.), Курс астрофизики и звездной астрономии, II, М., 1962.
22. Боярчук А. А., Копылов И. М., Изв. Крымск. астрон. обсерв., **31**, 44 (1964).
23. Копылов И. М., Сб. Проблемы магнитной гидродинамики и космической газодинамики, М., 1964.
24. Аллер Л., Распространенность химических элементов, М., 1963.
25. Traving G., Z. Astrophys., **41**, 215 (1957).
26. Traving G., Z. Astrophys., **36**, 1 (1955).
27. Unsöld A., Z. Astrophys., **21**, 22 (1942).
28. Cayrel R., Suppl. Ann. d'Ap., No. 6 (1958).
29. Боярчук А. А., Изв. Крымск. астрон. обсерв., **21**, 54 (1959).
30. Voigt H.-H., Z. Astrophys., **31**, 48 (1952).
31. Горбачкий В. Г., Минин И. Н., Нестационарные звезды, М., 1963.
32. Schwarzschild M., Härm R., Ap. J., **129**, 637 (1957).
33. Мустель Э. Р., Изв. Крымск. астрон. обсерв., **19**, 153 (1958).
34. Мустель Э. Р., Изв. Крымск. астрон. обсерв., **21**, 24 (1959).
35. Thackeray A. D., MN, **110**, 524 (1950).
36. Thackeray A. D., Vistas in Astronomy, **11**, 1380 (1956).
37. Sakashita S., Ono Y., Hayashi C., Progr. Theoret. Phys. (Kyoto), **21**, 315 (1959).
38. Schwarzschild M., Härm R., Ap. J., **128**, 348 (1958).

*L. LUUD***P CYG TÛUPI TÄHTEDE OLEMUSEST**

Töös käsitletakse P Cyg tüüpi tähtede füüsikalist olemust. Veendutakse, et nad on ekstreemaalselt heledad ülihiid, mis kaotavad massi pulsatsioonilise ebastabiilsuse tõttu. Turbulentsed liikumised, keemiline koostis ja teised P Cyg tüüpi tähtede atmosfääride karakteristikud on väga sarnased normaalsete ülihiidude omadega.

*L. LUUD***ON THE NATURE OF P CYG-TYPE STARS**

The nature of P Cyg-type stars is discussed. They are found to be extremely bright supergiants, which lose their mass by pulsational instability. Turbulent motions, chemical compositions and other characteristics of P Cyg-type star atmospheres turn out to be similar to the corresponding characteristics of the normal supergiant atmospheres.