UUSQUSPQPYUACTPОФИЗИКА

TOM 36	МАЙ, 1993	ВЫПУСК 2
ЛЕ Г. М. СПЕКТРОФОТОМЕТРІ РОДНЫХ ЗВЕЗД	Говмасян, Р. Х. Оганесян. ИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАІ І, НА ВЫСОКИХ ГА	ЕВОЙ МАТЕРИИ В КИ- Р. А. Епремян, Д. Юзенен 165 НИЕ СЛАБЫХ УГЛЕ- ЛАКТИЧЕСКИХ ШИРО- Е ХАРАКТЕРИСТИКИ
21 УГЛЕРОДНОР	I ЭВЕЗДЫ Г. В	. Абрамян, К. С. Гигола 181
СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИЗМ	ЕНЕНИЯ У Р СҮС	
	г. л. г ЛОЩЕНИЕ В ГАЛАКТІ	Исраелян, А.Г. Никогосян 189 ИЧЕСКОЙ ПЛОСКОСТИ
	Е НАБЛЮДЕНИЯ ГОЛУ	. Амбарян, Л. В. Погосян 195 УБЫХ ЗВЕЗДНЫХ ОБЪ-
СПЕКТРОФОТОМЕТР		огическое исследо-
	M. A	. Казарян, Э. С. Казарян 211 НИЕ ОДНОЙ ГАЛАК-
ТИКИ ТИПА СЕ К ТЕОРИИ ИЗОТРОП	ИФЕРТА НОГО РАССЕЯНИЯ ИЗ	
УРАВНЕНИЙ		
ными решени	ЯМИ БСТТ	А. А. Саарян 245
КРАТКИЕ СООБЩЕНІ	łЯ	Г.В. Анисимова 251 ГНЫХ ЗВЕЗДНЫХ СИ-
СТЕМ ТИПА Т	РАПЕЦИИ. І	STATE OF THE PARTY
<i>г.</i>	Ш. Джавахишвили, М. В.	Павлов, Г. Н. Салуквадве 273
		КРАСНЫХ КАРЛИКО-

Խմբագրական կոլեգիա՝ Գ. Ս. Բիսնովատի-Կոգան, Վ. Գ. Գորբացկի (գլխ. խմբագրի տեղակալ), Վ. Պ. Գրինին, Վ. Վ. Իվանով, Ն. Ս. Կարդաշև, Վ. Հ. Համբարձումյան, Ա. Գ. Մասևիչ, Լ. Վ. Միրզոյան (գլխ. խմբագիր), Գ. Ս. Սահակյան, Վ. Յու. Տերեբիժ, Ա. Տ. Քալլօղլյան (պատ. քարտուղար).

Խմբագրական խորքուրդ՝ Ա. Ա. Բոյարչուկ, Ե. Կ. Խարաձե, Ի. Մ. Կոպիլով, Վ. Հ. Համբարձումյան, Լ. Վ. Միրգոյան, Վ. Վ. Սորոլև (նախագահ).

Реданционная коллегия: В А. Амбарцумян, Г. С. Бисноватый-Коган, В. Г. Горбацкий (зам. главного редактора), В. П. Гринии, В. В. Иванов, А. Т. Каллоглян (ответ. секретарь), Н. С. Кардашев, А. Г. Масевич, Л. В. Мирзоян (главный редактор), Г. С. Саакян, В. Ю. Теребиж.

Реданционный совет: В. А. Амбарцумян, А. А. Боярчук, И. М. Копылов, Л. В. Мирвонн. В. В. Соболев (председатель), Е. К. Харадзе.

«АСТРОФИЗИКА»—научный журнал, издаваемый Национальной Академией наух Республики Армения. Журнал печатает оригинальные статьи по физике звезд. физике туманностей и межэвездной среды, по звездной и внегалахтической астрономии, а также статьи по областям науки, сопредельным с астрофизикой. Журнал предпазначается для научных работников, аспирантов и студентов старших курсов.

«ԱՍՏՂԱՖԻԶԻԿԱ»—Ն գիտական ճանդհս է, ուր ճւատասակում է Հայաստանի Հանսապետության Գիտությունների Ազգային ակադեմիան։ Հանդեսը տպագրում է ինքնատիպ ճոդ-վածներ աստղերի ֆիզիկայի, միգամածությունների ու միջաստղային միջավայրի ֆիզիկայի, աստղարության և աստագալակտիկական աստղագիտության, ինչպես նաև աստղաֆի-զիկային սանմանակից բնագավառների գծով։ Հանդեսը նախատեսված է գիտական աշխատակիցների, ասպիրանտների և բարձր կուրսերի ուսանողների ճամար։

С Издательство НАН Республики Армения, Астрофизика, 1993.

АСТРОФИЗИКА

TOM 36 .

МАЙ, 1993

ВЫПУСК 2

УДК 524.4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД И ПЫЛЕВОЙ МАТЕРИИ В КИЛЕ

Г. М. ТОВМАСЯН, Р. Х. ОГАНЕСЯН, Р. А. ЕПРЕМЯН, Д. ЮГЕНЕН

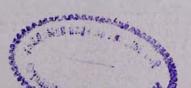
Поступила 2 октября 1991

Принята и печати 10 января 1992

По результатам наблюдений на космеческом телескопе «Главар» области Киля, включающей в себя и тучанность Сагіпа, исследоваго распредележе 150 презд ранних спектральних классов в пространстве. Показано, что в наблюдавшемся направмения закон межзвездного поглощения нормален. В вселедованиюй области обноружено пять ввездных ассоциаций типа О, расположенных на расстояниях около 1100, 2000, 3000, 4000 и 5600 их. На близком расстоящия в 560 их юбнаружена группа авеад опносительно поадних спектральных классов (ВЗ-В9). В этой группе обнаружена тесная система эвеад, соспоящая из няти членов. Показано, что три из расположенных в этом направление скоплений, NGC 3293, Во 10 в IC 2581 (Ст 222), находятся в составе ассоциации Саг ОВ 2.0 да расстоящия около 2200 пк. Еще одно выблюдавшееся эдесь скопление, NGC 3324. оп-выдемому, находитсян составе ассоциации Сат ОВ 3.0 на расстоянии около 2900 пк. Показано, что до расстояний около 1000 им выестся слой пыли обсустовные банковые излучения овеноложенных дальше втого слоя авезд в 1^m5 на \ \(\) 1640 A. В объеме обнаруженных эвездных ассоциаций пыль распределена очень неравномерно. В пространстве между ассоциациями пыли нет.

1. Введение. В статье [1] были представлены результаты наблюдений в направлении звездной ассоциации Саг ОВ1, выполненных с помощью космического телескопа «Глазар». На площади неба приблизительно в 13 кв. градусов были обнаружены 233 звезды ярче 8^т5 на лабо А. Все вти звезды являются звездами ранних спектральных классов.

В направлении наблюдавшейся области луч зрения проходит вдоль рукава Киля на глубину до 5—6 кшк. В этой области находится примечательная туманность Сагіпа (NGC 3372) вместе с неординарной ввездой п Саг и несколько звездных скоплений— Тr 14, Tr 15, Tr 16, IC 2581 (Cr 222), NGC 3324 (Cr 225), Cr 228, Cr 232, Bo 10, Bo 11 и NGC 3293.



Здесь же находится звездная ассоциация Саг ОВ1 ичастично эвездная ассоциация Саг ОВ2. Эта область интенсивно исследовалась многими. При этом для расстояний звездных скоплений и ассоциаций были даны достаточно отличающиеся друг от друга значения, от 2.0 кмм, до 3.7 кмм [2—22]. Ревультаты исследования распределения ОВ-звезд, наблюдаемых в области туманности Сагіпа, представлены в работе [23], где показано, что четыре из шести проектирующихся на туманность звездных скоплений на самом деле находятся в объеме туманности и составляют единый комплекс. Было показано также, что закон межзвездного поглощения в туманности Сагіпа аномален.

В настоящей работе на основе полученных в [1] данных иследуется распределение в пространстве ввезд ранних спектральных классов в Киле, расположенных на небе вне туманности Carina, а также распределение поглощающей пылевой материи. Большое воздействие поглощения на λ 1640 A, как и в случае наблюдений областей других звездных ассоциаций [24—28], должно, очевидно, позволить выявлять различные трупцировки звезд ранних спектральных классов и более точно определять их расстоинья, а также исследовать распределение пылевой материи в наблюдавшейся области.

2. Наблюдательные данные. Исследование распределения наблюдавшихся ввезд и поглощающей материи в пространстве, как и в предыдущих расботах етой 'серии [23—28], производилось с шомощью графика переменной вистиниции, т. е. графика зависимости $(m-M)_{1640}$ от $E(m_{1640}-V)$.

Для определения модулей расстояний и их избытков цвета, как и в предыдущих работах, вначале по О-методу Джонсона и Моргана [29] были уточнены спектральные классы и плассы светимостей в системе МК в клучае тех из неблюдовшихся звезд, для которых в литературе имскись ссответствующие спектральные и колориметрические данные. При известных спектрольных классах и классах светимостей ввезд с помощью озболи из работ [20] (для ввенд межтрамьных классов позднсе В2), [31-33] (или эвеси более ранних, чем В2) и [34] (дая <u>сеези</u> тыпов Вольфа-Райе) определялись их абсолютные звездные веанчины $M_{\nu_{1}}$ а потом с вомощью нормальных цветов $(m_{1640}-V)_{0}$, получаемых из таблиц работы [35] путем интерполирования, и абсолютные звездные величины M_{1640} . Определенные таким образом фотометрические спектральные классы ввезд в системе МК приведены в таба. 1. Нумерация зверд в этой таблице дана по работе [1]. Затем были определены значения небытков цвета $E(m_{1640}-V)$ и модулей расстояний $(m-M)_{1640}$ нсследованных звезд, с помощью которых были построены рассматряваемые далее графики переменной экстинкции.

Tabanna 1 СПЕКТРАЛЬНЫЕ КЛАССЫ, МЕЖЗВЕЗДНЫЕ ПОГЛОЩЕНИЯ Н ИСТИННЫЕ МОДУЛИ РАССТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАННЫХ ЭВЕЗД

16	HD, CDP LLNS, TABSEP	Sp (MK)	A 1040	(m6-M)10:0	
1	2	3	4	5	
1	89402	B8.5 V	0,5	876	
2	89430	BS III	0.2	10.2	
3	302686	B0.5 III	4.0	12.6	
4	90102	B1.5 III	3.5	11.2	
5	90187	B1 IIIe	3.8	11.5	
6	302772	B1.5 III	1.5	13.9	
7	90273	07:5 V	4.5	12.2	
8	90288	B1 IV	1.3	11.5	
9	302771	B0.5 V	3.2	12.5	
10	302742	B1.5 IV	2.4	12.5	
12	90578	В9.5 ПІ	2.8	13.0	
13	90615	B0.5 II	5.5	11.2	
14	90772	A3 Ia	1.5	11.6	
15	90832	B1 III	4.8	11.4	
17	302840	B1 V	3.3	11.4	
18	90872	B5 V	0.1	7.9	
21	90987	B1 III	3.0	12.7	
24	91188	B4.5 III	0.8	8.7	
25	91294	B9 II—III	0.0	10.1	
26	91421	B2 Ib(WN5)	1.8	12.5	
27	91477	B4 IV	0.6	9.1	
30	91533	A0.5 Ia	2.1	12.2	
34	91572	06 V	3.5	12.5	
35	91619	B6 Ia	4.0	11.5	
37	91764	B1.5 In	3.1	13.1	
38	91765	B1 1I	4.0	12.3	
41	91824	O9 V	2.0	11.8	
42	91850	B1 III	4.7	11.5	
44	91943	B0.5 Ib	3.1	11.3	
45	92007	B0.5 II	4.1	11.8	
46	91969	B0 Ib, Ia	1.6	11.8	
49	92044	BO.5 II—III	4.3	11.5	
50	92061	, Bl IIIe	2.5	12.3	
51	92072	B5 V	0.0	8.0	

Таблица Т (продолжение)

		Tuoxaga / (нрод					
1	2	3	4	5			
55	92174	B8 II - III	0.8	11.2			
56	92190	B6.5 V	0.9	8.8			
57	92206	O6 V+O6V	3.6	12.3			
58	92207	B8.5 Ia	5.1	19.4			
62	92287	B4 III	0.6	8.2			
69	92383	BO V	2.0	12.3			
70	92384	B9 III	1.2	8.8			
71	92397/8	B8 III	0.6	8.7			
72	92399	B4.5 III	0.3	8.9			
75	92420	B1 Ise	2.8	13.4			
76	92421	B5.5 IV	0.9	8.8			
77	303175	B0.5 II	3.7	12.7			
78	303182	BO III—IV	4.1	12.1			
83	92504	O8 V	2.2	12,4			
84	92584	BO IB	1.6	14.0			
85	92585	B5 IV	0.3	10.5			
93	92702	Bl lan	2.4	13.6			
94	92712	B0.5 V	3.4	10.0			
95	92725	B0.5 DI	3.8	11.5			
96	92739	B0.5 II	2.4	12.9			
100	305469	B0.5 II	3.4	13.0			
103	92850	B0.5 Ia	2.6	13.9			
104	303202	B1 IN	3.7	12.6			
106	92852	B2.5 IV	1.8	11.5			
111	92894	B0.5 V	9.7	11.6			
114	303296	B0.5 Ve	3.6	11.8			
115	303297	B0.5 V	2.4	11.8			
117	92964	B1.5 IaB	3.7	10.1			
124	93002	B1 III	2.1	13.0			
130	93025	B1 III	2.4	12.9			
131	93026	B0.5 III	2.2	13.6			
140	93113	B2 II—IU	1.2	12.3			
191	93646	O5 II	5.4	12.3			
195	93723	B3 IV	1.8	19.1			
199	93873	B1 La	5.0	13.7			
200	93898	B7.5 III	1.0	9.0			
202	93943	B9.5 IV	0.1	6.0			
203	94024	07 V	4.2	12.2			

Таблица 1 (скончание)

1	2	3	4	5
204	94054	B2 III	4.7	10,3
205	4129	B9 IV	1.8	7.4
206	94201	B1.5 II	1.3	13.7
207	94230	B1.5 Ia	4.6	12.8
208	91258	B4 IV	0.7	10.7
209	94303	B5 V	1.1	10.2
211	303492	C8.5 Ia	5.1	13.7
213	94370	O9.5 III -IV	2.7	11.7
215	94394	Bs I:—III	0.4	10.0
215	94409	P8 V	0.6	8.8
223	94491	B4 V	1.1	7.2
224	94533	B6.5 III	0.3	10.4
227	94663	E0 III	3 7	12.8
228	303558	EO III	4.5	12.9
231	95 2 90	B6 5 IV	0.5	8.6

Из наблюдавшихся в области Киля, вне туманности Сагіпа, 140 звезд спектральные и колориметрические данные были известны для 87 ввезд.

Из-за небольшого углового раврешения «Глазара» была измерена суммарная звездная величина на λ 1640 А обоих компонентов двойной звезды № 57. Измеренная звездная величина в случае звезды № 45 относится сраву к трем звездам, № 6, 22 и 23, по работе [20]. В случае же тех двойных явезд, когда второй компонент заметно более слабили он более позднего спектрального класса, чем главный компонент, учитывалось излучение только главного компонента.

- 3. Распределение ввезд ранних спектральных классов в пространстве.
- а) Звездные ассоциации. При построении графика переменной экстинкции, представленното на рис. 1, использованы данные о звездах, расположенных на небе вне области туманности Сагіпа. Из звезд же, наблюдаемых в области туманности, использованы те восемь звезд, которые, согласно работе [23], проектируются на туманность Сагіпа, но находятся ближе нее. Проставление на этом графике точек, соответствующих звездам, расположенным внутри туманности или за ней, вводит большую путаннцу, поскольку, как было показано в работе [23], закон межзвездного поглощения в самой туманности аномаден.

Рассмотрение графика переменной экстинкции (рис. 1) позволяет, во-первых, выделить плесть знеэд, расположенных в непосредственных окрестностях Солида. Одна знеэда, № 202, находится на расстоянии всего 160 пк, две знеэды, № 205 п 223,—на расстоянии 280 пк и еще три, № 18, 51 и 193,—на расстоянии около 400 пк. Эти звезды пренадлежат относительно поздним спектральным классам от В3.5 до В9.

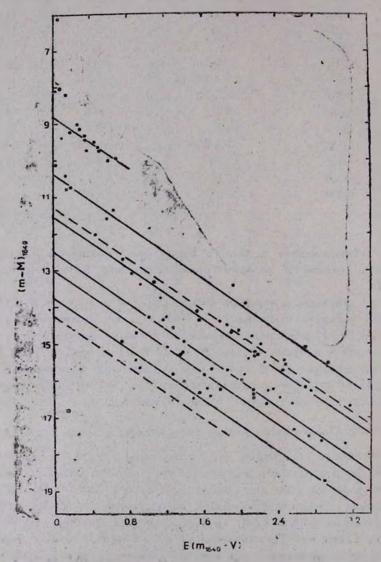


Рис. 1. Графия зависимости $(m-M)_{1640}$ от $E(m_{1640}-V)$, построенный по дак-

Затем довольно определенно выделены две группы, состоящие каждая из 13 гвезд. Угловые коэффициенты R_{1640} линии, вохруг которых расположены точки, представляющие звезды этих групп, сказываются равными 1.70 и 1.74. Эти значения практически не отличаются от значения 1.75, которое получается из выражения $A_{1640} = R_{1640}$ $E(m_{1640} - V)$ при пормальном законе межзвездного поглощения, когда $A_y = 3.3 \, E(B - V)$ [36] и $A_{1640} = 7.69 E(B - V)$ [37].

Основная масса наблюдавшихся звезд расположена на графике переменной экстинкции в пространстве между двумя пунктирными лиинями 1 и 2, проведенными с угловыми коэффициентами наклона, равными 1.75. Это говорит о том, что закон межзвездного поглощения ноомален и в более далеких областях рукава Киля. Звезды всей большой группировки оказываются распределенными вдоль рукава Киля по модулям расстояний от прибливительно 11725 го 1475, что соответствуст расстояниям от 1.8 клж до 5 кпк. Это намного больше размеров свержассоциаций или гитантежих HII-областей, как их нередмо называют. Можно было бы поэтому думать, что на самем деле в этом направлении имеются различные грушпировки звезд. Однако, из-за ошибок в измерении наблюдземых зведных величин m_{1640} (сколо 0.1 — 0.2), а также некоторых неопределенностей в оценке абсолютных звездных всанчин M_V и отклонений реальных нормальных цветов $(m_{1640}-V)_0$ от принимаемых значений, ошибки в определении модулей расстояний инливидуальных зверд могут доститать 0 5 - 0 6 ввездных величин. И, следовательно, отдельные группировки эвезд могут оказаться переметианными на трафике переменкой экстинкции.

Внимательное рассмотрение рис. 1 пеказывает, однато, что основная масса звезд может быть все же подразделена на четыре отдельные группы. Первая из них состоит из 25 звезд. В следующей группы емеется 21 звезда. Две самые удаленные группы состоят всего по шести и девяти звезд соответственно.

Угловые ковффициенты линий на графике переменной вкстникции, вдоль которых расположены точки, представляющие вменды втих четырех групп, равны 1.65, 1.77, 1.71 и 1.64 соответственно. Эти вначения, как и в случае двух близких групп, практически не отличаются от вначения 1.75. Следовательно, в исследованной области Киля, за исключением области туманности Сагіпа [23], действует нормальный закон межзвездного поглощения. Поэтому при расчете значений поглощений A_{1640} на истиных модулей расстояния индивидуальных звезд, приведенных соответственно в четвертом и пятом столбцах табл. 1, для коэффициента R_{1640} было принято значение 1.75. Линии на графике переменной экстинкции (рис. 1), представляющие обнаруженные группы,

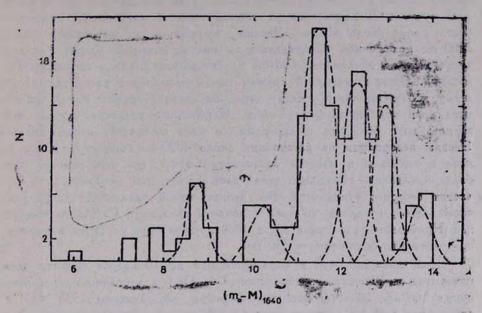
проведены также при этом эначении коэффициента R_{1640} . При этом исправленные ва межзвездное потлощение модули расстояний всех шести обнаруженных групп оказываются равными: $8^-8 \pm 0^{-2}5$, $10^{-3} \pm 0^{-2}3$, $11^-5 \pm 0^{-2}2$, $12^{-4} \pm 0^{-2}$, $13^{-0} \pm 0^{-0}8$ и $13^{-7} \pm 0^{-2}0$. Соответствующие расстояния равны 575, 1150, 2000, 3000, 4000 и 5500 пк.

В наблюдавшейся в работе [1] области в Киле находится и туманность Сагіпа, в которой было обнаружено достаточное количество ОВввезд. Поэтому для получения более полного представления о распределении знезд ранних спектральных классов в Киле необходимо было, конечно, поивлечение и данных, изложенных в работе [23] по исследованию распределения ОВ-звезд в направлении этой пуманности. И поскольку закон межвеедного поглощения в самой туманности Сагіпа аномален [23], то для исследования распределения ввежд ранних спехтоварных классов в области Киля была составлена гистограмма распределения истиных модулей расстояний всех 150 наблюдавшихся влесь на «Главаре» ввезд, включая и те, которые находятся на небе в области туманности Сагіпа (рис. 2). Эта гистограмма довольно определенно подтверждает существование в наблюдаемом направлении вдоль рукава Киля всех шести гругеп эвезд ранних опектральных классов. Пунктирные ления на онсунке представляют оглаженные кривые распределения истинных модулей расстояния в каждой группе. По этим сглаженным комерым были определены средние истинные модули расстояния ввезд каждой группы. Согласно этой гистограмме, обнаруженные труппы эвезд находятся на расстояниях около 560, 1100, 2000, 3000, 4000 и 5600 гк. На усоене половины максимума ширина каждой кривой равна прибливительно ±0 . 25. что соответствует среднеквадратичным отклонениям иоправленных за потлощение модулей расстояний отдельных эвеэд в каждой группе от среднего значения. Наибольшие отклонения от среднего значения составляют, как и следовало ожидать, $\pm 0^m 5 \div 0^m 6$.

Из гистограммы видно, что чем дальше находится группа, тем меньше количество ее наблюдаемых членов, что естественно, поскольку с увеличением расстояний групп их слабые члены оказываются ниже предела обнаруживания.

Спектральные классы звезд ближайшей группы позднее чем В4, так что эта группа не является звездной ассоциацией типа О. Звезды втой группы, как видно из рис. 3, распределены почти повсей наблюда́вшейся области. Примечательно, однако, что 5 из 13 ввезд этой группы занимают на небе область с размерами около 10′, что в линейной мере соответствует всето около 1.7 парсекам. Очевидно, что эта труппа, в состав которой входят звезды № 56, 70. 71, 72 и 76 (HD 92190, 92384,

92398, 92399 и 92421) спектральных классов B6.5 V, B9 III—IV, B8 III. B4.5 III и B5.5 IV представляет собой тесную систему звезд.



Рес. 2. Генстограмма распределения по истичным модулям расстояний 150 звезд, наблюдавшихся в Киле (включая область туманности Carina).

Три эвезды из второй группы, № 94, 117 и 204 (HD 92712, 92964 и 94054) принадлежат спектральным классам B0.5 V, B1.5 Ia и B2 III соответственно, причем последние две звезды находятся в восточной части наблюдавшейся области, где плотность ОВ-эвезд этой группы большая (рис. 3). Таким образом, эта группа звезд должна рассматриваться как звездная ассоциация типа О.

Почти все звезды третьей группы, кроме пяти, имеют спектральные классы В1 и ранее, так что эта группа определенным образом, является ввездной ассоциацией, в состав которой входит и туманность Carina.

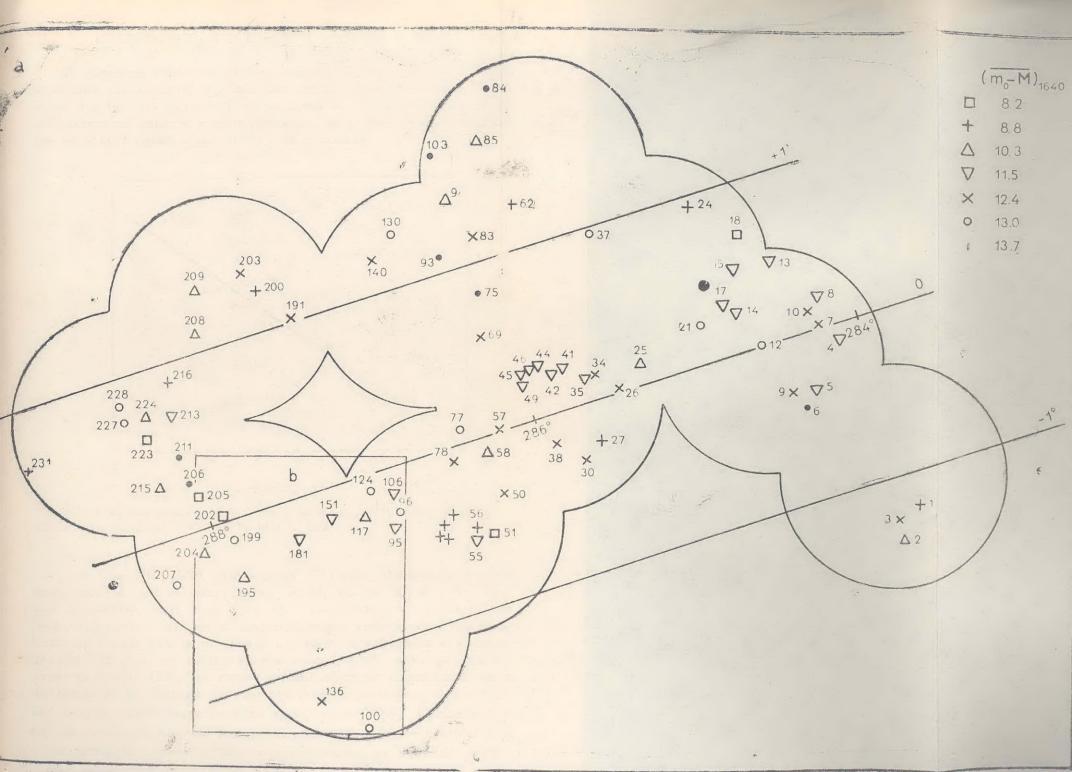
Наиболее удаленные три группы почти исключительно состоят из звезд спектральных классов О5—В2, так что они, несомненно, являются О-ассоциациями.

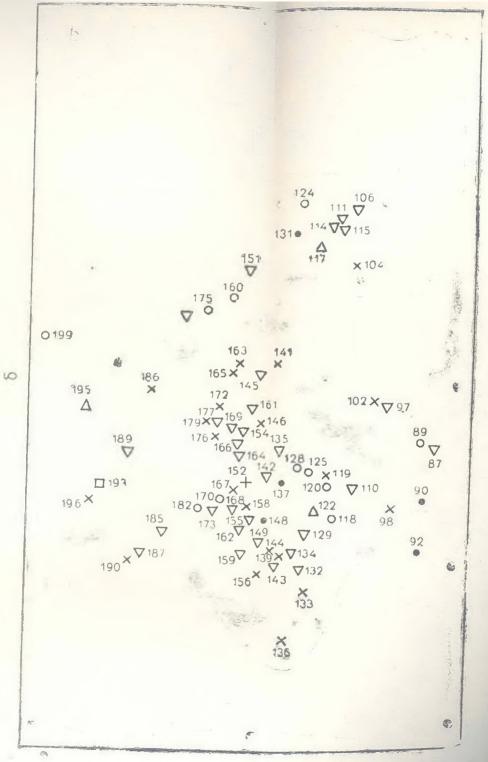
К сожалению, ограниченность выполненных на «Глазаре» наблюдений [1], охватывающих всего около 13 кв. градусов, не позволяет уточнить очертания обнаруженных ассоциаций, определить их размеры и координаты их центров. Для этого, очевидно, необходимы дополнительные наблюдения. Из рассмотрения рис. 3 мы можем пока что отметить,

что ввезды второй группы на расстоянии около 1000 кк в основном сосредсочены в области неба севернее и северо-восточнее туманности Сагіпа. Здесь на плотади в ~6 кв. градусов находятся 9 из 13 явеля втой группы. В линейной мере размер области наибольшей плотности ввезд равен около 40 тм. Звезды ассоциации на расстоянии около 2000 пк в основном распределены в полосе шириной одного градуса. тянущейся от туманности Сагіпа на северо-запад вдоль плоскости Галактики. Звезды четвертой группы почти равномерно распределены по всему наблюдавшемуся участку неба. Звезд этой группы нет у востотного коая наблюдавшейся области. Наибольшее удаление членов втой группы друг от друга в проекции на небе составляет около 250 лк. Звезды ассолившин на расстоянии около 4000 тк концентрируются на небе в основном в области туманности Сагіпа, где пространство наиболее проврачно. Несколько звезд втой ассоциации находятся и в областях севернее туманности. Все звезды самой удаленной ассоциации, кроме одной, находятся на небе в области туманноти Сагіпа и севернее нее. Наибольшее удаленние звезд этой группы друг от друга в картинной плоскости составляет ~ 350 пк.

Было известно, что в наблюдавшейся на «Главаре» области неба находятся две ввездные ассоциации—Саг ОВ1 и частично проектирующаяся на вту область, довольно большую по размерам (330′×150′), ассоциация Саг ОВ2, центр которой находится на приблизительно 2°5 юто-восточнее центра первой звездной ассоциации [38]. Две другие ввездные ассоциации в Киле, Саг ОВ3 и Саг ОВ4, расположены на небе вне наблюдавшейся области [39]. Расстояние звездной ассоциации Саг ОВ1 было оценено в 2.5 клж [3, 14] и 3.0 кпк [5], а расстояние Саг ОВ2 в 2.9 ктк [3], 2 кпк [14] и 3.2 клж [22]. Так что в наименованиях и расстояниях звездных ассоциаций здесь имеет место та же путаница, на которую мы указывали в работе по наблюдениям области Парусов [27].

Как мы видели, наблюдения на «Глазаре» достаточно четко выделяют в этом направлении пять богатых ОВ-звездами звездных ассоциаций типа О. Следуя системе обозначений звездных ассоциаций по их
расстояниям, предложенной в нашей работе [27], эти звездные ассоциации должны быть обозначены Саг ОВ 1.1, Саг ОВ 2.0, Саг ОВ 3.0,
Саг ОВ 4.0 и Саг ОВ 5.6. Для расстояния пятой наблюдавшейся эдесь
звездной ассоциации мы получили значение в 5.6 кпк. Однако, возможно, что это значение расстояния несколько преуменьшено из-за того,
что эвезды втой ассоциации находятся на предельном для обнаружения
«Глазаром» расстояния, и потому несколько более далекие ее члены
мотли бы просто не наблюдаться.





таве звездной ассоциации Саг ОВ 2.0, в которой находится туманность Сагіпа. Ранее для расстояния NGC 3293 давались песколько большие значения в 2500 пк [20] и 2600 пк [2, 4, 7]. Хемфрис [6] оценила расстояние четырех эвезд в 2200 пк, что близко к нашей оценке.

Скопление Во 10. В этом неботатом скоплении и его окрестностях с помощью «Главар» наблюдалось десять ввезд-№ 95, 96, 104, 106, 111, 114, 115, 117, 124 и 131. Рассмотрение прафика переменной экстинкции на рис. 4, на котором проставлены точки, соответствующие втим вневдам, показывает, что членами скопления являются всего четыре звезды—№ 106, 111, 114 и 115 (HD 92852, 92894, 303296 и 303297). На графике они достаточно хорошо располагаются вдоль линии с угловым ковффилиентом наклона, равным 1.75, соответствующим нормальному закону межэвездного поглощения. И это имеет место несмотоя на то. что скопление Во 10 находится на небе очень близко от тумачности Сагіпа, в которой втот вакон аномален [23]. Звезды № 96, 104, 117. 124. 131 расположены на небе по периферии этой группы и находятся на различных расстояниях от нас. Средний модуль расстояния членов скопления Во 10 равен 11765 ± 07 15. Расстояние скопления около 2100 пк. Оно также находится на расстоянии звездной ассоциации Саг ОВ 2.0 и входит, эначит, в ее состав. На том же расстоянии, что и скопление Во 10 находится и звезда № 95 (HD 92725), однако на небе она находится на заметном расстоянии от теоной группы из четырех ОВввевд. По всей видимости, в состав этого скопления, если эта группа вообще является скоплением, возможно, входят еще несколько звезд более поздних спектральных типов. Линейный размер этой группы около 10 пк. В работе 1101 расстояние этого скопления было оценено в 2500 пк.

Скопление IC 2581(Сг 222). Точки, соответствующие двум наблюдавшимся на «Глазаре» явездам, № 14 и 17, втого небольшого скопления, достаточно хорошо располагаются на графике переменной экстинкции (рис. 4), вдоль линии с угловым ковффициентом наклона R_{1640} , равным 1.75. Для третьей наблюдавшейся здесь звезды, № 16, нет фотометрических данных. При среднем модуле расстояния 11.15 двуж звезд расстояние этого скопления оказывается равным 2000 пк, т. е. и это скопление находится в составе звездной асоциаци Саг ОВ 2.0. Согласно же Тернеру [16], расстояние втого скопления равно 2.87 клк.

Скопление NGC 3324(Cr 225). Согласно Моффету и Фогту [10], расстояние скопления равно 3.3 кпк. Клариа [13] дал для расстояния скопления несколько меньшее значение, в 3.12 кпк, а Тернер и др. [20] еще меньшее значение—в 2.78 кпк.

В этсм скоплении на «Глазаре» наблюдались всего две ввезды. № 57 и 58. При втом точка, соответствующая ввезде № 57, находится

на рис. 1 у линии, представляющей группу ввезд, находящуюся на расстоянии около 3000 гм. Вторая же точка, соответствующая ввезде № 58, расположена на рис. 1 среди ввезд группы на расстоянии 1100 лм. Звезда № 58, очевидно, просто спроектирована на скопление NGC 3324. На вто указывается и в работе [13]. Расстояние же этого скопления, членом которого является звезда № 57, должно быть приблизительно равно расстоянию этой звезды, т. е. около 3000 пк. Таким образом, скопление NGC 3324 находится в составе звездной ассоциации Саг ОВ 3.0.

4. Распределение поглощающей материи. Рассмотрение Атласа галактических темных туманностей Хавтаси [39] показывает, что в наблюдавшейся на «Глазаре» области в Киле много мелких пылевых облаков и регулярной формы. Свободный от пылевых облаков просвет имеется в направлении на туманность NGC 3372. Результаты наблюдений на λ 1640 А показывают, что пыль в этой области действительно распределена довольно неравномерно.

Рассмотрение графика переменной экстинкции (рис. 1) и данных таба. 1 показывает, что среди звезд близких групп имеются такие, излучение которых подвергнуто значительному поглощению, доходящему до 5°, как у звезды № 58. В то же время, излучение некоторых звезд далеких групп, как в случае звезд № 140, 206 и 6, находящихся на расстояниях около 2000, 5600 и 6000 пк соответственно, подвертнуто небольшому поглощению, всето в 1. 2 — 1 5.

О неравномерности распределения пыли убедительно говорит и то, что потлощение излучения у членов эвездных ассоциаций, расположенных на расстояниях 2000, 3000, 4000 и 5600 пк, находятся в тех же пределах от 1™5 до 5™5. О существующих в пылевых облаках прозрачных просветах говорят, например, такие факты, как величины поглощений излучения эвезд № 5, 6 и 9, расположенных в пределах менее 9 угловых минут друг от друга: 3 № 8 у звезды № 5 в блиэкой ассоциации Саг ОВ 2.0, 3™2 у звезды № 9 в ассоциации Саг ОВ 3.0 и всего 1™5 у звезды № 6 в самой далекой ассоциации Саг ОВ 5.6. Сходна ситуация и в случае звезд № 57 и 58. Расстояние между ними на небе также около 10′. И здесь поглощение излучения у более близкой звезды № 58, равное 5™1, больше, чем у более далекой звезды № 57, равное 3™6.

В наблюдавшейся области регулярно только то, что поглощение излучения, происходящее в двух ближайших группах, обуславливает минимальное излучение звезд ассоциаций, расположенных на расстоянии 2000 пк и дальше. Это означает, что в непосредственных окрестностях

Солица, на расстояниям до ~ 1000 пк, имеется болсе или менее равносподящий поглощение излучения порядка мерный слой пыли. у ввези более далеких групп.

Поимечательно, что в пространстве между звездными ассоциациями яман нет. Кстати, это было замечено и при исследовании областей дру-

гих ввездных ассоциаций [24-28].

Рассмотрение также данных работы [23] по исследованию туманвости Сагіпа показывает, что поглощение, вводимое пылевой материей. оасположенной на расстояниях до туманности, практически сходит на нет у южного края туманности.

5. Заключение. Исследование распределения 150 звезд спектральных классов ОВ в области Киля, включая звезды, наблюдасмые в туманности Сагіпа, показывает, что в данном направлении имсются пять звезлиых ассоциаций типа О, расположенных на расстояниях 1100, 2000, 3000. ACCO и 5600 пк. В соответствии с предложенной нами [27] системой обозначения эвездных ассоциаций обнаруженные эдесь ассоциании обоз-HANGIOTS REM CAT OB 1.1, CAT OB 2.0, CAT OB 3.0, CAT OB 4.0 M CAT OB 5.6.

Кроме того, обнаружена труппа эвезд относительно более поздних спектральных подклассов В, находящаяся на расстоянии около 560 пк от Солнца. В этой группе обнаружена тесная система, состоящая из ввезд № 56, 70, 71, 72 и 76.

Показано, что скопление Во 10 является, скорее всего, группой звезд.

Определены расстояния звездных скоплений, наблюдающихся в исследованной области. В составе звездной ассоциации Саг ОВ 2.0, расположенной на расстоянии 2000 лк от нас, находятся скопления NGC 3293. Bo 10 H IC 2581 (Cr 222).

Скопление NGC 3324 (Ст 225) находится на расстоянии около 3000 пк в составе звездной ассоциации Car OB 3.0.

Закон межзвездного поглощения во всей наблюдавшейся области, за исключением области туманности Сагіпа [23], нормален, R₁₆₄₀ здесь равен 1.75.

Пылевая материя распределена в наблюдавшейся области очень неравномерно, концентрируясь в иррегулярных по формс облаках. Обнаружен отиссительно рависмерный слой пыли на расстояниях от Солица до \sim 1000 пк, Почти нет поглощения в южной части туманности Carina.

Бюраканская астрофизическая обсерватория

Женерскоя обсерватория

THE DISTRIBUTION OF HOT STARS AND ABSORBING MATTER IN CARINA

H. M. TOVMASSIAN, R. KH. HOVHANNESIAN, R. A. EPREMIAN D. HUGUENIN

The distribution in the space of 150 stars of early spectral types in Carina including the region of the Carina nebula is studied on the basis of observations made with the Glazar space telescope. It is shown that the extinction law is normal in the observed area of the sky except the nebula region. Five O type stellar associations situated at distances 1100 pc, 2000 pc, 3000 pc, 4000 pc and 5600 pc are detected. A group of stars of comparatively late types of B3-B9 is detected at a distance of 560 pc. A dense system, consisting of 5 stars is detected in the latter group. It is shown that three star clusters, NGC 3293, Bo 10 and IC 2581 (Cr 222) are within Car OB 2.0 stellar association at a distance of about 2200 pc. Another observed cluster, NGC 3324, is at a distance of about 2900 pc and is in the content of stellar association Car OB 3.0. It is shown that there is a comparatively uniform absorbing layer of dust at a distance less than 1000 pc which causes an absorption of about 1m5 at 1 1640 A of the emission of stars situated at larger distances. In the volumes of the detected stellar associations the dust is very ununiformly distributed. The space between associations is free of dust.

ЛИТЕРАТУРА

- .1. Г. М. Товмасян, Р. Х. Озанесян, Р. А. Епремян, Д. Юзенен, А. А. Волков, С. К. Крикалев, Аспрофизика, 35, 167, 1991.
- 2. M. W. Feast, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 118, 618, 1958.
- 3. G. Klure, Z. Astrophys., 67, 131, 1967.
- 4. A. Falnstein, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 143, 273, 1959.
- 5. J. A. Craham, Astron. J., 75, 703, 1970.
- 6. R. M. Humphreys, Astron. J., 75, 602, 1970.
- 7. O. J. Eggen, Astrophys. J., 1.3, 313, 1971.
- A. Feinstein, H. G. Marraco, J. C. Muzzio, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 12, 331, 1973.
- 9. N. R. Walborn, Astrophys. J., 179, 517, 1973.
- 10. A. F. J. Moffat, N. Vogt, Astron. Astrophys. Suppl. Src., 20, 125, 1975.
- A. Feinstein, H. G. Marraco, J. C. Forte, Astron. Astrophys. Sappl. Ser 24, 389, 1976.
- 12. W. Herbet, Astrophys. J., 268, 923, 1976.
- 13. J. J. Claria, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 27, 145. 1977.
- 14. R. M. Humphreys, Astrophys. J. Suppl. Ser, 38, 309, 1978.
- 5. J. C. Forts, Astron. J., 83, 1197, 1978.

- 16. D. G. Turner, Astrophys. J., 83, 1081, 1978.
- 17. P. S. The, R. Bakker, A. .intalova, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 41, 93, 1980.
- 18. D. G. Tarner, A. F. J. Moffat, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 192, 283, 1980.
- 19. A. Feinstein, M. P. FitzGerald, A. F. J. Moffat, Astron. J., 85, 708, 1980.
- 20. D. G. Turner, G. R. Grieve, W. Herbst, W. E. Hurris, Astron. J., 85, 1193, 1980,
- 21. M. Tapia, M. Roth, N. Marraco, M. T. Ruiz, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 232. 661, 1988.
- 22. B. Garcia, J. J. Claria, H. Levato, Astrophys. Space ci., 143, 317, 1988.
- Г. М. Товмасян, Р. Х. Озенесян, Р. А. Епремян, Д. Юзенен, Аспрофизика, 38, 35, 1993.
- 24. Г. М. Товмасян, Р. Х. Оганесян, Р. А. Епремян, Д. Югенеа, А. С. Викторенко, А. А. Серебров, Астрон. ж., 68, 942, 1991.
- 25. Г. М. Товмасян. Р. X. Оганесян, Р. А. Епремян, Д. Югенен, Астрофизика, 33, 229, 1991.
- H. M. Toumassian, R. KH. Houhannessian, R. A. Epremian, D. Huguenin,
 Y. M. Khodjayanis, M. N. Krmoyan, A. L. Kashin, A. P. Alexandrov,
 Y. V. Romanenko, Astophys. Space Sci., 188, 217, 1992.
- 27. H. M. Toomassian, R. KH. Hovhannessian, R. A. Epremian, D. Huguenin, Astron. Astrophys. (B nevaru).
- 28. Г. М. Товмасян, Р. Х. Оганесян, Р. А. Епремян, Д. Югенен, Астрофизма. 34, 301, 1991.
- 29. H. L. Johnson, W. W. Morgan, Astrophys. J., 122, 142, 1955.
- 30. D. M. Gottlieb, Astrophys. J. Suppl. Ser., 38, 287, 1978.
- 31. N. R. Walborn, Astron. J., 77, 315, 1972.
- P. S. Cntt, C. D. Garmany, C. de Loore, D. Vanbeveren, Astrophys. J., 274, 302, 1983.
- 33. L. Balona, D. Crampton, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 166. 203, 1974.
- 34. P. S. Conti, A. B. Underhill, "O-Stars and W-R stars", MNASA, 1988.
- 35. D. J. Carnochan, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 201, 1139, 1982.
- 36 К. У. Аллен, Аспрофизические величины, Мер, М., 1977, спр. 376.
- G. I. Thompson, K. Nandy, C. Jamar, A. Monfils, L. Houziaux, D. J. Carnochan, R. Wilson, Catalogue of Steller Ultraviolet Fluxes, The Science Research Council, 1978.
- J. Ruprecht, B. Balozs, R. E. White, Catalogue of Clusters and Associations, Akademia Kiado, Budapest, 1981.
- Дж. Ш. Хавтаси, Атлас галактических темных тумавностей. Изд. АН Гоузив, 1960.

АСТРОФИЗИКА

TOM 36

МАЙ, 1993

ВЫПУСК 2?

У/IK 524.318

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЛАБЫХ: УГЛЕРОДНЫХ ЗВЕЗД НА ВЫСОКИХ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ШИРОТАХ.

II. СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 21 УГЛЕРОДНОЙ ЗВЕЗДЫ

Г. В. АБРАМЯН, К. С. ГИГОЯН

Поступила ! февраля 1992

Принята к печати 6 октября 1992

Определены спектрофотометряческие характериотики 21 углеродной эвезды во спектральном дизпазоне 4625—6800 A с разрешением 3 А. Три новые углеродные звезды отнессны к группе J-звезд.

1. Введение. Настоящая работа является продолжением исследовавия слабых углеродных звезд, выявленных на пластинках Первого Бюраканского спектрального обзора неба (FBS) [1—4]. Имеется лишь несколько работ, посвященных спектрофотометрическому исследованию углеродных звезд, однако все эти работы посвящены исследованию, в основном, ярких углеродных звезд. Подробности об этих работах изложены в первой части настоящего исследования [5].

Как уже указывалось в первой части [5], целью начатой нами работы является спектрофотометрическое изучение слабых углеродных ввезд (звезды слабее 12^m-13^m в визуальных лучах), выявленных на пластинках FBS—обзора, предельная звездная величина которого, длявезд классов С и М нами оценена до 14^n5-15^m в визуальных лучах. Исследование втих объектов, несомненно, представляет определенный интерес, особенно звезд на высожих галактических широтах. Список исследованных нами звезд приведен в табл. 1, где последовательно представлены: 1—FBS обозначение, 2—другие названия и соответствующая литература, 3—дата наблюдений; 4—количество использованных спектрограмм для каждой звезды, 5—наша предварительная классификация втих: 2—47



объектов (R или N; критериєм, используемым нами при втой классификации, является спад интенсивности излучения к коротковолновой области), 6—галактическая широта звезд. Табл. 1 не включает в себя данных о двух новых углеродных звездах, FBS 1331+421 и FBS 1502+359, из наших списков [3, 4], для которых многократные попытки получить спектры с помощью 2.6-м телескопа. Бюраканской обсерватории, начиная с 1989 г., не увенчались успехом, из-за слабости этих звезд.

Ниже приведены краткие замечания к отдельным объектам табл. 1. а) Принадлежность звезд NSV 00437, NSV 00679, V 458 Per и IRAS 22193+3320 ж пруппе утлеродных отмечена в предыдущих наших работах [4, 5].

Таблица 1 СПИСОК ИССЛЕДОВАННЫХ ЗВЕЗД

Название	Другое названи	e	Лата наба.	Колич.	Предв.	Гал.
F B S	и литература			спежтров	KABCC	широта В
· 0110+397	NSV 00437	[20]	04.09.87	5	N	-23°.0
0137+400		[2]	24.10.89	6	N	22.0
0144+369		[2]	04.09.87	4	R-N	+24.0
0155+384	NSV 00679	[20]	04.09.87	6	N	-22.8
0155+403	Ste85	[7]	04.09.87	5	N	20.0
0249+382	NSV 00966	[20]	U4.09.87	3	R	19.0
· 0259-1-444		[3]	05.12.89	3	R	-12.5
0309+386	V458 Per	[22]	04.09.87	5	R-N	-16.2
0324+389		[2]	04.09.67	4	R-N	-15.0
0328+390		[2]	23.09.89	5	R-N	-14.0
0337+386	St. The state of	[2]	23.09.89	3	N	-13.5
0608+434	Ste85	[7]	05.03.89	5	N	+12.0
0629+433	IRAS 06291+4319	[7]	05.03.89	3	N	+15.0
0645+375		[2]	09.02.91	2	N	+16.0
0656+351		[4]	26.02.90	5	R-N	+16.5
0702+402		[2]	09.02.88	3	N	+19.5
0800-1-368		[4]	24.02.90	5	R	+29.5
1056+399		[3]	25.02.89	3	N	+54.0
1713527		[1]	27.07.87	5	R-N	+35.5
1934545	-1.1	[1]	07.09.89	3	N	+16.5
2219+333	IRAS 22193+3320	[4]	19.08.90	5	N	-20.0

- 6) Звезда NSV 00966 в новом каталоге углеродных звезд Стивенсона [7] приведена под названием Кигт 80 и имеет очередной сюмер 417 в каталоге. Координаты этой звезды в указаниом каталоге приведены с небольшой точностью.
- в) В работе [6] впервые нами сообщается об обнаружении эмиссионной линии Н. в спектрах следующих звезд: NSV 00437, FBS 0137+; 400, NSV 00679, FBS 0608 + 434 = Ste 85, FBS 1934 + 545 и IRAS 22193+3320.
- г) IRAS 06291+4319=RAFGL 954. Данные исследования этой звезды в линиях СО приведены в работах [8—13]. Спектр в оптическом диапавоне приводится впервые в настоящей работе.
- 2. Наблюдения. Все спектры получены с помощью спектрографа UAGS, установленного в фокусе Кассетрена 2.6-м телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории. Спектрограммы получены в виде «длина волны—поток» в относительных сдиницах (относительно мотока на длине волны $\lambda_0 = 5555$ А). Подробности о каблюдениях, калибровке и стандартивации длются в первой части настоящей работы [5]. Распределения энергии в спектрах ввезд табл. 1 приведены в работах [1—6].
- 3. Спектрофотометрические характеристики звезд. Полученные результаты спектральных наблюдений объектов табл. 1, позволили нам определить спектрофотометрические характеристики этих звезд. Определены цветовые температуры, индексы полос (1,0) λ 4737 A, (0,0) λ 5165 A и (0,1) λ 5635 A молекулы C_2 системы Свана, полос (6,1) λ 5730 A красной системы молекулы CN, (6,1) λ 5730 A красной системы молекулы CN, (6,1) λ 5730 A красной системы молекулы CN, (6,1) λ 5790 A молекулы $C^{13}N^{14}$ (изотоп циана), дублета натрия λ 5890 A и индексы традиентов квазинепререывного спектра [57]—[67] в красной и [57]—[48] синей частях спектра этих ввезд. Следуя работам [14—16], идексы молекулярных полос поглощения мы определили как

$$-2.5\lg\frac{F(\lambda_1)}{F(\lambda_2)},\tag{1}$$

где $F(\lambda_1)$ и $F(\lambda_2)$ —соответственно эначения потоков у головы полос и квазиконтинуума в спектрах звезд. Участки квазиконтинуума для полос системы Свана молекулы C_2 4737, 5165 и 5635 A, расположены в районе длин волн 4810, 5245 и 5700 A, а для полос (6,1) красных систем молекулы циана и его изотопа, а также для дублета NaD—в районе 5700 A. Спектрофотометрические градиенты определены по соотношениям

$$[57] - [67] = -2.5 \lg \frac{F(5700)}{F(6685)}, \tag{2}$$

$$[57] - [48] = -2.5 \lg \frac{F(5700)}{F(4810)}. \tag{3}$$

Градиент [57]—[67] отражает цветовую температуру углеродных звезд.

4. Дветовые температуры. Весьма важной характеристикой углеродных звезд является их цветовая температура. Достаточно точное определение цветовой температуры углеродных звезд связано с большими трудностями, потому что в смектрах этих объектов не удается выделить полностью свободные от потлощения участки [17]. Принимая, что точки квазиконтинуума соответствуют длинам волн 5700 А и 6685 А, аналогично работам [14—16], мы определили индекс

$$m_{5700} - m_{6085} = -2.5 \lg \frac{F(5700)}{F(6685)}$$
 (4)

Цветовые температуры ввезд таба. 1 нами определены по известной формуле:

$$m(\lambda_1) - m(\lambda_2) = 12.5 (\lg \lambda_1 - \lg \lambda_2) + 1.56 \times 10^8 \times \frac{1}{T_{g}} \times \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$$
 (5)

 $(принимая)_1 = 5700 A$ и $l_2 = 6685 A).$

Перечисленные выше спектрофотометрические индексы полос поглощения, выраженные в звездных величинах, и цветовые температуры приведены в табл. 2.

С целью оценки возможных систематических ошибок при определении цветовых температур углеродных звезд нами были также получены спектрограммы 22 сравнительно ярких углеродных звезд, спектрофотометрические характеристики которых определены другими исследователями. Большая часть этих объектов имеется в списках Этлитиса [18] и Гоу [19]. При сопоставлении цветовых температур этих звезд, определенных нами и авторами работ [18, 19], наблюдается, как это видно из рис. 1, довольно хорошее соответствие, исключение составляют лишь звезды RX Peg и ST And.

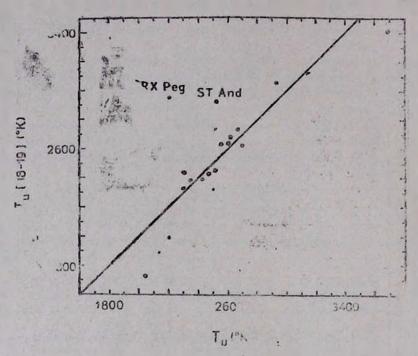
Отметим также, что среди ввезд табл. 1 три новые углеродные ввезды FBS 0259+444, FBS 0656+351 и IRAS 22193+3320, нами отнесены к группе J-ввезд, на основе присутствия в спектрах этих объек-

Звезда	I (4737)	I (5165)	I (5635)	I(CN)	/ (C13N14)	I (NaD)	[57]—[48]	[57]-[67]	T _u K
NSV 00437	2"10	27103	1,50	0 ^m 44	0 ⁱⁿ 22	0765	1,15	0752	2700
FB; 0137-+400	1	-	2.25	0.50	0.10	1.06	-	0.70	2400
FBS 0144+359	2.89	2.50	1.60	0.40	0.23	0.85	-0.83	0.35	3200
NSV 00379	1.30	1.20	0.82	0.30	-0.10	2.01	-1.30	0.67	2500
FBS 0155+403=Ste85	2.80	2.01	1.55	0.62	0.20	0.65	-1.20	0.57	2800
NSV 00966	2.60	2.68	1.60	0,50	0.25	0.81	-0.62	0.13	4000
FBS 0259-414	2.50	2.50	1.50	0.55	0.45	0.70	-0,60	-0.12*	5000°
V 458 Per	2.70	2.40	1.57	0.52	0.19	0.83	-0.83	0.50	3000
FBS 0324 +389	2.70	2.50	1.70	0.60	0.25	0.85	-1.10	0.38	3200
FBS 0328+3 0	_	2.80	2.20	0.75	0.31	0.50	-	0.50	2900
FBS 0337+386	_	2.60	1.90	0.75	0.20	0.63	-	0.55	2750
FBS 0:08+134=Ste35			2.20	0.44	0.27	0.90	-	0.65	2580
RAS 06291+4319	_	1.80	1.50	0.60	-0.10	0.45	1 2 -	9.70	2530
FBS 0345+375	_	area .	1.15	0.30	-0.15	0.80	_	0.55	2780
FBS 0656+351	_	2.50	1.04	0.75	0.55	0.92	-	0.37	3100
FBS 67J2-402	2.80	2.30	1.50	0.50	0.22	0.55	2.00	0.60	2750
FBS 0807-368		2.11	0.80	0.55	0.20	0.60	1.45	0.43	3200
FBS 1055+399	2 00	1.70	1.50	0.38	0.10	0.65	-1.40	0.60	2890
FBS 1713+527	2.65	1.94	1.20	0.32	0.15	0.45	-0.65	0.45	3100
FBS 1934+545			1.80	0.50	0.07	0.65	-	0.65	2750
IRAS 22193+3320	- 4	2.00	1.80	0.45	0.40	0.85	_	0.40	2650

Примечания. — Этот знак в столбдах обозначает, что данный участох спектра звезды находится под сильной депрессией.

*—Граднент [57]—[67] звезды FBS 0259+444 приводится неточно из-за дополнительной депрессии в разоне 6500—6800 к в спектре этой звезды, следовательно и $T_{\rm m}$ приводится неуверенно.

тов интенсивной полосы С¹³N¹⁴—изотопической полосы циана. Как известно, в спектрах Ј—эвезд присутствуют необычно интексивные изотопные полосы углерода и циана [17]. Вероятно, к этой группе принадлежит и ввезда FBS 0800+368.



 ρ_{DE} . 1. Сопоставление цветовых температур (T_{u}), определенных ками (горпвозтальная ось) и (T_{u} [18, 19]) авторами работ [18, 19] (вертикальная ось). Сплошная лания проведена под углом 45°.

- 5. Основные результаты. 1. Определены спектрофотометрические характеристики 21 слабой углеродной эвезды в диапазоне 4625—6800 А.
 - 2. Три новые углеродные звезды выделены нами в группу Ј-звезд.
- 3. Замечено, что разница цветовых температур звезд табл. 1, покавывающих H_a -эмиссию, невелико (цветовые температуры этих звезд находятся в интервале 2450—2750°К).

Авторы выражают благодарность научному сотруднику В. Амбаряну за помощь при обработке полученных спектрограмм.

Бюраканская астрофизическая обсерватория

SPECTROPHOTOMETRIC INVESTIGATION OF FAINT CARBON STARS AT HIGH GALACTIC LATITUDES

II. SPECTROPHOTOMETRIC DATA FOR 21 CARBON STARS

H. V. ABRAHAMIAN, K. S. GIGOYAN

Spectrophotometric characteristics for 21 carbon stars are determined in the range of 4625—6870 A with a 3 A resolution. Three new carbon stars are attributed to the group of J—type stars.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Г. В. Абрамян, К. С. Гизоян, Астрофияма, 31, 223, 1989.
- 2. Г. В. Абрамян, К. С. Гизоян, Астрефизка, 31, 601, 1989.
- 3. Г. В. Абрамян, К. С. Гизоян, Астрофизика, 32, 501, 1990.
- 4. Г. В. Абрамян, К. С. Гизоян, Астрофнака, 33, 317, 1990.
- 5, Г. В. Абрамян, К. С. Гизоян, Ссобщ. Бюракан. обсерв., 68 (в печати).
- 6 Г. В Абрамян, К. С. Гизоян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 66, (в петачи).
- 7. C. B. Stephenson, Pull. Warner and Swasey Observ, 3, No 2, 19 9.
- 8. B. Zukerman, H. M. Dyck, Astrophys. J., 304, 411, 1985.
- 9. B. Zukerman, H. M. Dyck, Astrophys J., 311, 345 1986.
- 10. B. Zakerman, H. M. Dyck Astron Astrophys., 209, 119, 198).
- 11. S. J. Chin, S. Kurk, Astron. Astrophys., 27, 351, 100
- 12. Nguyen-Q-Rieu, N. Epchtein, Troung-Buch, M. Cohen, Astron. A trophys., 180, 117, 1087.
- 13. S. J. Chan, S. Kwok, Asprophys. J., 334, 362, 1988.
- 14. T. D. Fay, Jr., W. H. Warren, Jr., H. R. Johnson, R. K. Honegautt, Astron. J., 79, 634 1974.
- .15. Б. И. Бурнашев. Изв. Крымской обсерв., 60, 32, 1979.
- 16. И. Залитис, Исслед. Солнца и краси. звезд, 20, 26, 1984.
- З. Алкене, А. Алкение, У. Двервитие. Характеристики углеродных звезд Галептики, Зинатие, Рыга, 1983.
- 18. И. Эглитис, Научи. в :форм. Аспром. Совета АН СССР, 67, 54, 1989.
- 19. C. E Gow. Publ Astron Soc. Pacif., 89, 510, 1577.
- В. В. Жукаркия в др., Новый каталог эвезд, заподозренных в переменности блеска, Наука, М., 1982.
- 21. П. Н. Холопов и др., Общий каталог переменных эвеэд, т. I—II, Наука, М., 1985.
- 22. П. Н. Холопов и др., Общий каталог переменных эвезд, т. I—III. Наука. М., 1987.

ЛСТРОФИЗИКА

TOM 36

МАЙ, 1993

выпуск 2

УДК 524.33:520.626

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ У Р СYG

г. д. исраелян. а. г. никогосян

Поступила 15 вюля 1992

Принята к печати 6 октября 1992

При тщательном анализе ССО-спектров Р Суд удалось отождествить 10 из 43 неотождествленных до сих пор линий. Большинство из них принаедлежит многократно монизованным атомам. Делается вывод о том, что в некоторых слоях звездного ветра существует акомальный нагрев. Приведены факты, свидетельствующие об изменения степени ионизации эвездного ветра.

1. Введение. Звезда Р Суд привлекает внимание астрономов почти 400 лет. С тех пор, как в 1600 г. ее открыл Блау [1], исследованию Р Суд посвящено много работ, обзор которых можно найти в [2, 3]. Ее спектр изучен во всем доступном современным приемникам диапавоне электромагнитных волн. Несмотря на это, многие вопросы, относящиеся к этой звезде, остаются неразрешенными. Все еще неуверенно определены терминальная скорость ($V_{\perp} = 200$ км/с согласно [4, 5], 300 км/с по [6], 400 км/с по [3]) и вффективная температура ($T_{\rm eff} = 19300$ К [7], 12200 К [3]). Неизвестен зволюционный статус звезды, а также механизм образования дискретных абсорбционных компонентов. Неточности в определении основных параметров звезды, таких, как V_{\perp} , M_{\perp} , R_{\perp} , $T_{\rm eff}$. M_{\perp} , не позволяют построить адекватную теоретическую модель оболочки и ветра.

Важно отметить, что P Суд является пекулярной звездой, повтому к ней неприменямы стандартные методы определения указанных параметров, основанные на использовании статистического материала. Пекулярными можно считать следующие свойства звезды: а) интегральному потоку звезды соответствует $T_{\rm eff}=1.22\cdot 10^4~{\rm K}$, однако ее спектральный класс.—В1 Ia [3]; 6) несмотря на ранний спектральный класс, в спектре отсутстуют сильные линии иснов CIV, NV, OIV; в) будучи до втого невидымой, звезда в 1600 г. вневапно увеличила блеск до 3^m , однако остатки втого взрыва до сих пор не обнаружены; г) терминальная ско-

рость V_{-} в 7—8 раз меньше, а теми потери массы M в 3—10 разбольше, чем у сверхгигантов спектрального класса B1.

2. Спектральные изменения у Р Суд. Известно, что Р Суд принадлежит к недавно выделенному классу яркоголубых переменных (LBV) звезд [2], которые квазипериодически приближаются к предслу светимости Хемфри-Девидсона [8]. При фотометрических изменениях болометрическая светимость LBV-эвезд остается неизменной. Спектральные изменения были найдены у всех LBV-звозд, за исключением Р Суд [2]. Тем не менее, сравнивая ССD-спектры Р Суд с дисперсией 0.8 А/мм. полученные Шталем и др. в 1990 г. [9], со спектрами Джонсона 1977 г. (дисперсия 6 А/мм) [10], нам удалось выявить некоторые изменения. Так, например, интенсивные линии Fe II 4433, 4840, 4868 АА, присутствовавшие в спектрах 1977 г., исчезаи. В то же время сазбая анимя N II 4802 A осталась неизменной. Линии Fe II 5991, 5988 AA в спектрах 1977 г. были более интенсивными по сравненыю с линией Fe III 5999 А. Последения присутствует в спектре 1990 г., в то время, как первые две линии не шаблюдаются. Говоря о линиях Ре вообще, следует отметить, что почти все линии Fe II, наблюдавщиеся в 1977 г., в последнем спектре отсутствуют, а линии Fe III стали более интенсивными. Такого рода поимеров можно привести много. Изменение стедени ионизации в оболочке, по-видимому, можно обълсинть изменением плотиости эвездного ветра и поверхностной температуры [7]. Тогда можно утверждать, что сисптры 1977 г. и 1990 г. относятся и длум разным состояниям звезды с равлечным темпом потери массы. На это указывают также изменения крыльов бальмеровский линий [11].

Представляет ссобый интерес проблема нестояществленных вынессионных линий. Диненсем масчитал сколо 30 теким линий [10]. В спектре 1990 г. некоторые на ник исчерам, и выссте с тем неявились новые. В общем спектре мы насчитале 43 неотояществениме линии, из которых 10 нам удалосф отояществить. Линии [Ni IV] являются самыми снавнетии в мультиплетах (см. табл. 1). Некоторые на этих неотояществленных линий присутствуют в спектрех таких объектов, как ScoX-I, RR Tel, у Cas, сбелечки которых карактеризуются смомально высокой степенью возбуждения.

3. Обсуждение. Можно указать на две причины присутствия в спектрах неотождествленных линий. Либо вто известные слабые линии металлов, однако сильно смещенные от своего положения в системе отсчета звезды, либо вти линии принадлежат атомам многократно нонизованных металлов. Рассмотрим первую из указанных возможностей. Если неотождествленные линии, находящиеся в диапазоне 5000—8000 А,

обравуются в облаках оболочки явезды, движущихся со скоростью ~ 200 км/с, то ожидаемое смещение линий будет $\Delta\lambda$ ~3—5 А. Облака с более высокими скоростями не наблюдаются, а наши попытки отождествить эти линии, предполагая, что они смещены на 3—5 А, не увенчались успехом. Из линий редких влементов нам удалось отождествить лишь линию Си I 5218 А.

Таблица 1

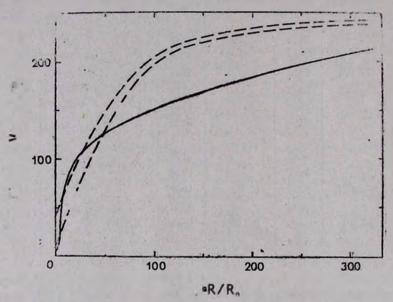
СПИСОК НЕОТОЖДЕСТВАЕННЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ Р СУG

Л никя	-тэсджетО винокв	А нния	Отождеет- вление	Уиния	Отождест- влепие	Анвия	Отождост- вленяе
4843		5363	[Ni IV]	6047		6694	
4940		5368		6053		6710	
5033	[Fo IV]	5453		6106		6835	1000
5040	[Ni IV]	5613		6118		6890	
5032		5623		6169		7100	
5122		5639		6173	NII	7400	
5160	11 2	5647	3.25	6178		7500	
5218	Cul	5572	1000	6244		8110	
5234	[Fe IV]	5848	Ni I	6267			
5250	2	5853		6270			
5289 5310	[Ni IV	วช59 6034	[Ni IV]	6464	N III		

В таблице, составленной на основе данных Теккерея [12], указаны несколько линий, которые удалось отождествить с запрещенными линиями нонов Ni IV и Fe IV. Присутствие линий столь высокононизованных атомов указывает на существование в оболочке P Суд горячих областей с $T_* \sim 10^5 \, \mathrm{K}$. Такой вывод, вообще говоря, не является неожиданным, поскольку известно много сверхгитантов ранних типов, в оболочках которых имеются области с аномальным нагревом. Об втом свидетельствует и тот факт, что многие неотождествленные линии в слектрах P Суд, ScoX-1, RR Tel и γ Cas одни и те же.

Одним из возможных механизмов аномального нагрева является диссипация ударных воли. О генерации последних можно судить по коротковолновым абсорбционным компонентам бальмеровских линий, если принять, что они образуются за фронтом ударной волны. При появлении этим компонентам соответствуют $V_0 \sim 0.4$ — 0.5 V Однако затем

скорости растут и достигают вначений порядка 200-220 км/с; при ускорении a=0.6 см/с². Временная эволюция этих компонентов у Р Суд, как было показано в [13], хорошо описывается формулой $M=\text{const}\cdot\rho(r)^{-1/\epsilon}$ [14], где M представляет собой отношение скорости ударной волны к скорости звука в среде (число Маха), $\alpha=4.9$, а зависимость $\rho(r)$ берется из модели Полдраха и Пулса [7]. Кастором недавно было показано [15], что в оболочках звезд ранних типов неустойчивости, обусловленные излучением, могут порождать ударные волны и самовозбуждающиеся осщилляции.



Рвс. 1. Зависимость скорости от расстояния для плотных облаков, определенная по бальмеровским дискретным коротковольновым компонентам (пунктирная линия) и для спокойного ветра Р Суд (сплошная линия).

На рис. 1 пожазаны законы изменения скоростей бальмеровских дискретных коротковолновых компонентов, образующихся в плотных облаках [16], и спокойного ветра Р Суд [7]. Из рисунка видно, что плотные неоднородности ветра (облака), где образуются эти компоненты, имеют большее ускорение, чем разреженный звездный ветер. Следовательно, они ускоряются не радиативным давлением в оптически толстых линиях в бальмеровском континууме, а другим механивмом.

Авторы признательны проф. А. Андерхилл за полезные советы: и др-у О. Шталю за любезное предоставление ССО-спектров. Бюраканская астрофизическая обсерватория

SPECTRAL VARIATIONS OF P CYG

G. I. ISRAELIAN, A. G. NIKOCHOSSIAN

A comprehensive analysis of the P Cyg spectra has alowed: to identify 10 from 43 weak hitherto unidentified spectral lines. The majority belongs to multi-ionized atoms of metal: Therefore an anomal heating at some layers of the stellar wind can be expected to occur. The facts, showing the variation of ionization degree are presented.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. M. de Groot, Bull. Astron. last. Nethorl., 20, 225, 1969.
- 2. H. J. G. L. M. Lamers, in Proc. of Workshop on Instabilities in Early Type Stars,.
 Ed. Lamers and de Loore, "eidel Dordrecht, 1987,
- 3. A. B. Underhill, V. Doazan, B-stars With and Without Emission lines, NASA. SP-456, 1982.
- 4. Г. Л. Исраелян, М. де Грут, Аспрон. циркуляр, № 1543, 15, 1991.
- H. J. G. L. M. Lamers, P. Korevar, A. Cassatella, Astron. Astrophys., 149, 29, 1985.
- A. Cassatella, F. Beschmans, P. Benvenutt, J. Clavel. A Hick. H. J. G. L. M. Lomers, F. Machetto, M. Panston, P. L. Selvelli, D. Stickland, Astron. Astrophys., 79, 223, 1579.
- 7. A. W. A. Powldrack, J. Puls, Astron. Astrophys., 237, 40), 1950.
- 8. R. M. Hamphrays, K. Davidson, Astrophys. J., 232, 40). 1990.
- 9. O. Stahl, H. Mandel, Th. Szeifert, B. Wolf, F. Zhao, Astron. Astrophys.,. 244, 467, 1991.
- H. L. Johnson, W. Z. Wisniewski, T. D. Fay, Ruv. Mex. Astron. y Astrofis.,.
 2, 4, 273, 1978.
- 11. Г. Л. Исраелян, М. де Грут, Астрофизика, 34, 467, 1991.
- 12. A. D. Thackeray, Mem. Roy. Astron. Soc., 83 1, 1977.
- G. L. Israeltan, in Proc. of IAU Coll. No 134, on "Nonlinear Oscillations of Stars.,.
 Ed. Takeuti and Buchler, Mito, 1992.
- J. I. Castor, in proc. of Workshop on 'Instabilities in Early Type Stars', Ed. Lamers and de Loore, Reidel Dordrecht, 1987.
- J. I. Castor, in N A T O Workshop on "Stellar Atmospheros". Ed. Hubeny and. Crivellari, Trieste, 1990.
- 16. R. H. van Gent. H. J. G. L. M. Lamers, Astron. Astrophys, 138, 335, 1985.

TOM 35

МАЙ, 1993

выпуск 2

УДК 524.5

МЕЖЗВЕЗДНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В ГАЛАКТИЧЕСКОЙ ПЛОСКОСТИ

Р. А. ВАРДАНЯН, В. В. АМБАРЯН, А. В ПОГОСЯН

Поступила 18 февраля 1992

Принята к печати 25 февраля 1992

Рассытрявается распределение межавердного поглощения в галактической плоскости с помощью клагсических цефенд и реняд глевной последовательности спектральных классов ВО—ВЗ. В разработанном методе используются пары эвезд с одвмаковой абсолютной звездной величиной, но с максимальной равностью наблюдаемых циетов (Е—V). Наблюдаемоя картына соответствует крупномасштабному распределению межавердного поглощения в местной межаверной среде.

1. Введение. Исследование межавездной среды в зависимости от галактической долготы и расстояния от Солица представляет определенный научный интерес. Оно проводится с помощью различных методов, в пыроком спектральном диапазоне длин воли, от рентичновских до радно.

Широко распространенный метод избытка цветов, основанный на исследованиях зависимости избытка цветов от изправления и расстояния, требует высокоточных фотометрических измерений и в большинстве случаюм не длет желаемого результата, из-за большого разброга этих вкличии, а усредненные величным огламирают изблюдаемую картину [1].

В связи с атим следует счетать делесообразным использование другак методов обработки имеющится наблюдательных даных. В настоящей статье для определения зависимости меженездного польоцения от галактической долготы и расстояны от Солида ракработан и применен новый метод [2]. Использованы наблюдательные диниме, относящиеся к классическим цефеидам [3] и звездам спектральных классон ВС-ВЗглавной последовательности (класс светимости—V) [4].

Суть метода состоит в следующем: из большого чесла звезд, у которых абсолютные ввездные величины практически одинаковы, выбираются пары звезд с максимальной разностью наблюдаемых показателей цвета (B-V). Естественно считать, что эта разность обусловлена разностью масс поглощающей материи в соответствующих направлениях.

в расстояниях. Затем в данном интервале галактической долготы или расстояния определяется процент ввезд, имеющих чаибольшим наблюдаемые показатели цвета, среди всех ввезд, составляющих пары.

2. Картина межавевдного поглощения. Для выявления распределения селективного поглощения по галактической долготе (L) сначала были использованы наблюдательные данные, относящиеся к классическим цефендам. Как известно, абсолютные звездные величины и истинные цвета классических цефенд связаны с периодами следующими соотноменнями [3]:

$$M_v = a \lg P + b,$$

$$(B - V)_0 = a' \lg P + b',$$

где M_{\circ} — абсолютная визуальная звездная величина, ρ —период, а $(B-V)_0$ — истинный показатель цвета цефенды. Постоянные величины a,b,a',b' определяются не однозначно [5]. Однако следует думать, что цефенды одинаковых периодов должны иметь одинаковые абсолютные величины и истинные цвета.

Для отбора пар цефеид практически с одинаковыми периодами, но с максимальной разностью наблюдаемых показателей цветов (B-V), из каталога Бердникова [3], были выписаны $\lg P$ и (B-V) тех ввезд, галактическая широта которых находится в интервале $(-5^{\circ}-+5^{\circ})$, по мере возрастания $\lg P$. Из составленного таким образом списка затем были образованы группы, с пятью цефеидами каждая, с порядковыми номерами 1—6, 3—8, 6—11 и т. д. В каждой из втих групп были выбраны пары цефеид с максимальной разностью наблюдаемых показателей цвета (B-V). Поскольку значения $\lg P$ отличались обычно всето на сотые доли величины, то в эти пары вошли цефеиды практически с одинаковыми периодами. В каждой из этих групп первый член пары вмел наибольший показатель цвета— $(B-V)_{\text{max}}$, а второй—наименьшей— $(B-V)_{\text{min}}$.

После отбора таких пар было определено число цефенд с наибольдинми показателями цвета— $N_{(B-V)_{\max}}$ и общее число цефенд в парах — $N_{\text{общ}}$, в следующих интервалах галактической долготы:

$$L=0-30$$
, $10-40$. $20-50$, ... $330-360$, $340-10$, $350-20^{\circ}$

и расстояния от Солнца:

$$R = 0 - 0.3$$
, $0.1 - 0.4$, $0.2 - 0.5$, ... $4.3 - 4.6$ kmk.

Нахонец, в каждом из указанных интервалов галактической долготы и расстояния от Солнца, в отдельности, была вычислена величина

$$P(B-V) = \frac{N_{(B-V)max}}{N_{\text{ofm}, (B \text{ napax})}} \cdot 100^{\circ}/_{\circ}.$$

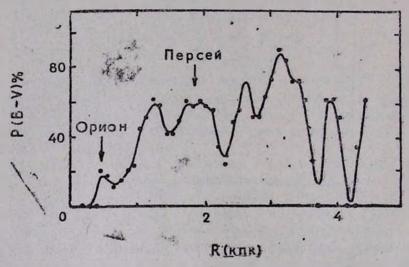
Зависимость величины P(B-V) от галактической долготы графически представлена на рис. 1, а от расстояния до Солица—на рис. 2.



Pвс. 1. Зависимость величивы P(B-V) от галактической долготы, полученыяя по жлассическим цефендам.

Для проверки полученных зависимостей вышеуказавная процедура была повторена для эвезд спектральных классов B0—B3 главной последовательности (класс светимости—V). На этот раз, составляя списки по признаку спектрального класса (чем ранее опектральный класс, тем меньше порядковый номер звезды в списке), были построены вависимости P(B-V) от галактической долготы и от расстояния до Солнца. Они представлены на рис. 3 и рис. 4, соответственно.

Следует отметить, что в каталоге Бланко и др. [4] электрофотометрические данные о сравнительно ярких эвездах представлены более полно, чем о слабых эвездах. Однако можно думать, что влияние этой селекции на наблюдаемую картину незначительно, так как при постронии тех же зависимостей (рис. 3 и 4) с помощью ввеляд с визуальными величинами меньше 11^m0, 10^m0, и 9^m0, она не претерпевает существенных изменений. 3. Обсуждение. Приведенные на рис. 1 и 3 зависимости фактически описывают картину крупномасштабного распределения межэвездного поглощающего вещества (пыли) вдоль галактической долготы. На обеих зависимостях бросается в глаза существование окон проэрачности. Из них следует особо отметить коридор, свободный от поглощения, в интервале галактических долгот $210-260^\circ$. Согласно Люке [6], в направлении $L=240^\circ$ плоскость Галактики свободна от поглощения примернодо 1.5 кпк от Солнца. Ближайшая область звездообразования (ассоциация Корма OB1) в направлении $L=245^\circ$ находится на расстоянии около 2.5 клк [7].



Pнс. 2. Зависимость величины P(B-V) от расстояния, полученияя по классическим цефендам.

Очевидно также наличие областей больших поглощений, которые совпадают с известными направлениями звездных ассоциаций, молекулярных облаков и газо-шылевых туманностей. Например, первый и последний максимумы на рис. 1 и 3 совпадают с направлением галактического центра, а максимумы в интервалах галактических долгот 100—150° и 260—280° соответствуют направлениям ветви Персея и туманности Гама [1].

Необходимо отметить, что наблюдаемая картина полностью совладает с картой крупномасштабного распределения вещества, построенной Паресом [8] (более подробно см. [1]).

Зависимость, представленная на рис. 2, из-за скудных наблюдательных данных не рассматривалась в отдельных участках неба, поэтому

она представляет усредненное по направлениям распределение межявездного поглощения (поглощающих облаков) по расстоянию.



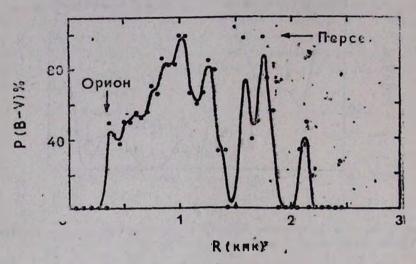
Рвс. 3. Завесимость величины P(B-V) от галактической долготы, получения главной последовательности сметтральных классов B0-B3.

Как видно из рис. 2, величина P(B-V) (следовательно и межввездное потлощение) сильно возрастает до расктояния 1.2 кик. Нет сомнения, что до втого расстояния роль наблюдательной селекции незначительна. Вместе с тем, из рис. 2 следует, что на расстоянии $R\simeq 0.4$ кик наличие первого максимума величины B(P-V), по всей вероятности, обусловлено потлощающими облаками, находящимися внутри галактической ветви Ориона, где и расположена Солице.

Дальнейший медленный рост величины P(B-V), начиная от расстояния R=0.5 до $R \simeq 1.5$ кшк, по-видимому, указывает на ожидаемое возрастание межзвездного поглощения в зависимости от расстояния, бев каких-либо действий наблюдательной селекции. Локальный максимум, наблюдаемый на расстояниях 1.5-2 кшк, по-видимому, обусловлен поглощающими облаками Персея. Любопытно, что на рис. 1 и 3 также наблюдается максимум поглощений в направлении Персея.

Что же касается тенденции дальнейшего уменьшения величины P(B-V), то она, вероятно, свидетельствует о сильной наблюдательной селекции, состоящей в том, что на больших расстояниях наблюдаются лишь цефеиды, в направлении которых межэвездное поглощение сравнительно небольшое, а сильные флуктуации обусловлены скудными наблюдательными данными.

Аналогичная картина наблюдается и в случае B0—B3 эвезд (рис. 4). Таким образом, можно заключить, что приведенные зависимости: P(B-V) от галактической долготы (рис. 1 и 3) довольно детально описывают крумномасштабную структуру межэвездного поглощения в га-



Pис. 4. Зависимость величны P(B-V) от расстояния, полученияя по явендами главной последовательности спектральных классов B0-B3.

лактической плоскости. Зависимости же P(B-V) от R дают представление о распределении межввездного поглощения в зависимости от расптояния до Солида в общих чертах.

Авторы выражают благодарность профессору Л. В. Мирзояну вас обсуждение результатов настоящей работы.

Бюраканская астрофизическая обсерватория

INTERSTELLAR ABSORPTION IN THE GALACTIC PLANK

R. A. VARDANIAN, V. V. HAMBARIAN. A. V. POGHOSSIAN

The distribution of interstellar absorption in the galactic plane by means of classical cepheids and main sequence stars of spectral types B0—B3, are considered. In the proposed method, pairs of stars with the same absolute stellar magnitude but with maximal difference of observed colors (B—V) are used. The observed pattern is in agreement with the large scale distribution of interstellar absorption in the local interstellar medium.

ЛИЖЕРАТУРА

- 1. Н. Г. Бочкарев, Местная межзвездвая среда, М., Наука, 1990. стр. 52-57.
- 2. Р. А. Варданян, Астрофизика, 34, № 1, 1991.
- 3. Л. Н. Бердников, Переменные звезда, 22, № 4, 505, 1987.
- 4. V. V. Blanco, S. Domers, G. G. Douglas, M. P. Fitzgerald, Publ. U. S. Nava. Obr., 21, 9, 1963
- 5. Р. А. Варданян, А. В. Потосян, Астрофизика, 34, 199, 1991.
- 6. P. B. Lucke, Astron. Astrophys., 64, 367, 1978.
- 7. B. Hidagat, T. Djamaluldin, Bull. Aner, Astron. Soc., 18, 105i, 195a.
- 8. F Pareics. Astron. J., 89, 1022, 1984.

АСТРОФИЗИКА

TOM 36 MAÜ, 1993

ВЫПУСК 2

УДК 524.354.7:52—357

38%

ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГОЛУБЫХ ЗВЕЗДНЫХ ОБЪЕКТОВ FBS. II

М. А. ЕРИЦЯН, А. М. МИКАЕЛЯН

Поступила 29 июня 1992

Принята к печати 8 октября 1992

Приводятся результаты поляриметрических наблюдений 33 ярких голубых звездных объектов из списков второй части Первого Бюраканского спектрального обърранеба (FBS). Подтвердилось наличие собственной поляризации у объектов FBS 1815+381 и FBS 1850+443, у которых авторами ранее была обнаружена линейная поляризация у 3 новых объектов: FBS 1559+369, FBS 1654+351 и FBS 1704+347. По данным спектральных наблюдений объекты FBS 1559+369 и FBS 1704+347 являются белыми карликами, и наличие заметной поляризации позволяет отнести ях к классу магнитных белых карликов.

1. Введение. Поляриметрические наблюдения первой группы из 6голубых звездных объектов FBS [1] показали, что обзор FBS содержит новые объекты со эначительной степенью линейной поляризации излучения и, следовательно, представляет интересный материал для таких наблюдений. Среди голубых эвевдных объектов обычно оказываются магнитные белые жарлики, катаклизмические переменные, поляры, квазары и другие объекты с сильной поляризацией излучения. Так как большинство объектов FBS открыто впервые, то целесообразно проводить их многостороннее изучение. Напомним, что параллельно проводится спектральное исследование втих объектов. Первая серия спектральных наблюдений показала [2], что обзор FBS содержит особенно много субкарликов и белых карликов. Наличие белых карликов, а также внегалантических звездообразных объектов в описках FBS позволяет надеяться, что поляриметрические наблюдения могут быть весьма результативными. Достаточно сказать, что магнитные белые карлики не всегда можно распознать по спектрам, тем более, что получить спектры с высокой дисперсией для большого количества объектов-задача трудоемкая, и поляриметрические наблюдения пока остаются единственным вффективным методом обнаружения таких объектов.

В данной работе принодятся результаты поляриметрических наблюдений 33 голубых эвездных объектов FBS. Отметим, что кроме деленаправленного поиска новых объектов с сильной поляризацией излучения (поляров, матнитных белых карликов и др.), поляриметрические наблюдения имеют также цель изучения выборки объектов FBS, что по возможности будет осуществлено с наблюдением всех, для начала ярких, объектов до определенной эвездной величины.

2. Выборка объектов FBS для поляриметрических наблюдений. Для большинства объектов .FBS по спектрам можно определить приблизительный спектральный класс. Это обстоятельство и является основным контернем отбора объектов для поляриметрических наблюдений В работе [1] изложены основные критерии для выделения кандидатов в магнитные белые карлики по спектральным признакам. Такие объекты отбираются для поляриметрических наблюдений в первую очередь. Однако для составления представления об обзоре FBS желательно и необходимо наблюдать все объекты до определенной звездной величины. Наблюдательная аппаратура на 2.6 м телескопе, по-видимому, позволяет наблюдать объекты до 15^m, т. е. около половины всех голубых звездных объектов FBS. Таким образом, полная программа наблюдений будет исчерпана с покрытием всех этих объектов. Повтому среди объектов, отобранных для поляриметрических наблюдений, есть и субкарлики, и ввезды горизонтальной ветви НВВ, которые обычно не имеют собственной поляривации излучения. Так как точность наблюдений с увеличением т падает, то в первую очередь выбираются наиболее яркие объекты (12 - 14) для получения достаточной точности. Наконец. играет роль и величина УФ-иэбытка: в первую очередь нам интереоны, конечно, наиболее голубые объекты, т. е. объекты с наиболее длинным УФ-хвостом на призменных спектрах. Сотласно предварительной классификации второй части FBS [3] такие объекты классифицируются как В1 или N1, в зависимости от интенсивности голубой части спектра. Равумеется, влияет также то обстоятельство, в какое время года предоставлено наблюдательное время и какие объекты можно наблюдать. В таба. 1 приведены данные о 33 объектах FBS, отобранных для поляриметрических наблюдений согласно вышеуказанным соображениям. В ее последовательных столбцах приведены; название объектов согласно рекомендации подкомиссии № 28 МАС; галактические координаты 1 н b для впохи 1950 г.; видимая звездная величина m_{\perp} с точностью до 0. 5; тип объектов согласно предварительной классификации; ориентировочный спектральный класс; источник литературы. Отобранные объекты имеют высокую галактическую широту, а те объекты, у которых b

сравнительно мала, находятся в областях с низкой плотностью межввездной пыли. Звездная величина, за исключением одного объекта, ограничена 15. Ориентировочный спектральный класс определен по спектрограммам до машинной обработки спектров (для некотоых объектов приводится определенный спектральный класс, что указано в замечаниях к таблице). Ссылки даются на первоначальный источник литературы, т. е. на соответствующие списки второй части обзора FBS.

Таблица 1 ОБЪЕКТЫ FBS, ОТОБРАННЫЕ ДЛЯ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Ofport FBS	1	ь	m _o	Tun	Спектр	Антература
1	2	3	4	5	6	7
1321+364	87.8	+78.7	11.7	БІ	Obs	[6]
1350 -371	73.8	+73.7	15.1	BI	Sos	[7]
1403- -340	60.3	+72.6	15.1	B2	DA	[7]
1516-+424	69.4	56.6	14	B2	DA:	[5]
1529- 338	53.6	+55.2	14.5	B1	sdB:	[7]
1539 +354	56.5	+33.1	14.5	B2	?	[7]
1559+369	58.9	+49.1	14.2	N1	DAV5	[7]
1640- -361	58.5		13.5	BI	DA:	[7]
1654+351	57.8	+37.8	12.7	Bl	sdB	[7]
1656+354	58.1	+37.5	14.0	N1	sdB	[7]
1701+358	59.0	+36.5	12.8	B2	sdB	[7]
1704- -347	57.7	+35.7	15.4	B2	DA	[7]
1711+335	56.7	+34.1	13.9	B3	CV	[7]
1715 424	67,5	+34.7	12	BI	DC:	[5]
1734+422	67.8	+31.3	13	B1	наВ	[5]
1745+437	70.0	+29.6	13	B1	sdB	[5]
1755-+374	63.5	+26.2	12	B1	НВВ	[4]
1804+439	71.0	⊣-26.4	13	B2	sdB	[5].
1804- -340	€0.5	+23.6	14.8	B1	DA:	[7]
1815- -381	65.5	+22.7	13	B1	sdO:	[4]
1819+347	62.3	+20.9	14.8	Ble:	3	[7]
1850- -443	74.0	18.4	11	Bi	sdB	[5]
2154+329	85.8	-16.9	13.7	B!	edB:	[7]
2158+360	88.5	15.0	14.1	Б2	sdB:	[7]
2204-364	89.6	-15.3	12.8	B2	sdB	[7]
2207+359	89.9	-16.1	13.9	B3	DA:	[7]

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
2231- -448	98.9	-11.3	12.5	B1	HBB:	[5]
2243-1343	95.5	-21.5	13.4	B3	sdB	[7]
2253+334	97.1	-23.3	12.5	B1	DB:	[7]
2300- -354	99.3	-22.1	14.1	B2	DA.	[7]
2301+415	102.3	-16.7	11	B1	НВВ	[5]
2303+344	99.4	23.3	13.2	B2	sdB:	[7]
2310-1421	104.2	-16.8	13	Ble:	sdB:	[5]

Замечания к отдельным объектам табл. 1:

1321+364 — голубая звевда Хьюмасона-Цвикки НZ 44;

1539+354 — ниестся спектрограмма низкого качества, классификация невозможна;

1559+369 — сепхтральный класс ввят из оброра Паломара-Грина [8]:

1701+358 — спектральный класс взят из обвора Паломара-Грина [8];

1711+335 — известная катакливмическая переменная V795 Her;

1755+374 — спектральный класс взят нз [2];

1819+347 — имеется спектрограмма нижого качества, классификация невозможна, признак вмиссии на низкодисперсионном спектре послужил причной для отбора данного объекта;

2231+448-b мала, но данная область нмеет ниркую плотность пыли, следовательно, межавердная поляризация мала.

3. Наблюдения. Наблюдения проводились 13—19 мая и 5—8 автуста 1991 г. с помощью влектрополяриметра, работающего в режиме усиления постоянного тока, смонтированного на фокусе Кассетрена 2.6 м телескова Бюраканской астрофизической обсерватори. В качестве фотоприемника использовался английский фотоумножитель типа ЕМІ-97890В с биалькалиевым фотокатодом. Максимальная чувствительность фотокатода светоприсмника находится на волне 4000 А. Наблюдения проводились со светофильтрами U, B, V или без фильтра (обозначается 0). Точность измерения степени линейной поляризации зависит от яркести наблюдаємого объекта и в среднем составляет 0.5%. Описание аппаратуры и методика наблюдений приведены в работе [9].

Всето наблюдались 33 толубых звездных объекта FBS и 4 объекта в качестве поляриметрических стандартов. У 28 объектов, наблюденных в светофильтре B, поляризация не превышает ошибок измерений (0.5%).

В табл. 2 приведены результаты поляриметрических наблюдений 5 объектов FBS, у которых линейная поляризация больше ошибок измерений и 4 стандартов. Все объекты наблюдались на зенитных расстояниях меньше 20° при качестве изображения не хуже 3". Для 2-х

объектов проводились повторные наблюдения после августа 1990 г. [1]. Для объектов FBS 1815+381 и FBS 1850+443 подтвердилссь наличие аинейной поляризации, обнаруженной в указанной работе, что видно из таба. 2. Причем, FBS 1815+381, вероятно, имеет переменную поляризацию излучения. Для FBS 1850+443 также есть подоврение на переменность, но результаты повторных наблюдений не очень уверенные из-за плохих условий наблюдений и нуждаются в проверке.

Таблица 2
ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ FBS

Дата	Объект	Спектр. полоса	P(%)	60
14.05.1991	FBS 1654+351	В	0.7	85
	FBS 1654+351	U	<0.5	_
	FBS 1704+347	В	6.0	131
	Coces. 9B. FBS 1704+347	В	<0.5	
17.05.1991	FBS 1559-+369	В	3.9	180
	FBS 1704-1347	0	<0.5	_
18.05.1991	FBS 1559+369	В	3.5	180
19.05.1991	FBS 1815+381	В	2.7	83
5.08.1991	BD +40°4212 (стандарт)	0	5.6	102
	Hiltner 960 (стандарт)	v	5.5	69
	Е 228452 (стандарт)	v	4.4	175
	BD +25° 4033 (стандарт)	v	2.5	167
7.08.1991	FBS 1815+381	В	2.5	83
8.08.1991	FBS 1850- 44 3	В	2.0	135

Замечания к отдельным объектам табл. 2:

1704+347—объект набаюдался дважды -14 п 17 мая. Ввиду слабости объекта точность измерений инэкая (около 2 %);

1815+381—повторные ноблюдения. Аннейная поляризация этого объекта открыта 16.08.1990 г.]1];

1850 + 443 — повторные наблюдения. Аннейная поляризация этого объекта открыта 14,08.1990 г. [1].

29 объектов поляриметрически наблюдались впервые. Из табл. 2 видно, что объекты FBS 1559+369, FBS 1654+351 и FBS 1704+347 имеют линейную поляризацию излучения. Объект FBS 1654+351 по-кавывает поляризацию чуть больше ошибок измерений (0.7%). Кроме того, в этом случае есть подозрение на межзвездную поляризацию, так как в области этого объекта еще несколько звезд показывают поля-

онганию примерно такой же величины. Этот результат нужадется в проверке и подтверждении. Объект FBS 1559+369 наблюдался дважды (17 и 18 мая), и величина пеляривации одинакова в пределах точности измерений. FBS 1764+347 также наблюдался дважды. 14 мая в светофильтре В он показал заметную линейную поляризацию в 6.0%, а 17 мая без фильтра у этого объекта поляризации не было обнаружено. Хотя наличие линейной поляривации в фильтие B не оставляет сомнений, но ее величина требует проверки, тем более что FBS 1704+347 является предельно слабым объектом и точность измерений невелика: соктавляет около 2%. Съругой стороны, лишь исключительные атмосферные условия 14 мая 1991 г. позволили наблюдать этот объект в фильтре В, что оказалось невозможным уже через три дня. Спектральный класс FBS .1704+347 (DA) подоказывает, что в случае подтверждения результатов наблюдений он может оказаться магнитным белым карликом, а вероятнее всего-поляром. Интересным объектом, по-видимому, является также FBS 1559+369. Этот объект имеется в обворе Паломара-Грина [8], где классифицирован как переменный белый карлик DAV5. Учитывая результаты поляриметрических наблюдений, его можно отнести к редкому классу звезд типа АМ Геркулеса.

Высокая галактическая ширета и бливость объектов FBS 1559+369 и FBS 1704+347 не оставляют сомнений в том, что обнаруженная линейная поляризация является собственной. Если оценить максимально возможное расстояние для этих двух объектов теми же рассуждениями, как в работе [1], то получим 'ттах=70 лк для FBS 1559+369 и ттах=120 лк для FBS 1704+347. 'Напомним, что в случае FBS 1704+347 наблюдалась также соседняя звезда, что исключает возможность межзвездного происхождения обнаруженной поляризации.

4. Заключение. В результате наблюдения 33 голубых звездных объектов FBS у трех объектов обнаружена линейная поляризация излучения, для из них мстут оказаттся исключительно интересными объектами, принадлежающими к классу звезд типа AM Геркулеса или поляров. Подтверждены результаты первых поляриметрических наблюдений объектов FBS, когда у FBS 1815÷381 и FBS 1850+443 была обнаружена поляризация в размере 4.4 и 3.3 процентов соответственно. Причем, FBS 1815+381 может оказаться объектом с переменной поляризацией. Наблюдения 13—19 мая и 5—8 автуста показали, что с помощью нашей наблюдательной аппаратуры на телескопе 2.6 м можно наблюдать объекты до 15—15.5 ввездной величины. С наблюдением всех ярких объектов FBS (до 15^m) образуется однородная выборка для статистических исследований. Разумеется, особое внимание по-прежнему

будет приковано к кандидатам в белые карлики и квазары. Предполагается также проводить повторные поляримстрические наблюдения всех тех объектов FBS, у которых была обнаружена поляризации, т. е. FBS 1815+331, подозреваетело в переменности поляризации, FBS 1850+443, FBS 1559+369, FBS 1704+347—кандидатов в звезды типа AM Геркулеса, а также FBS 1654+351, у котороть обнаруженная поляризация сомнительна. Повторные наблюдения позволят получить белее уверенные данные и проследить за изменением величины поляризации у объектов с переменной поляризацией излучения.

Авторы признательны В. П. Залиняну да любезное предоставление английского фотоумножителя для проведения наблюдений.

Бюраканская астрофизическая обсерватория

POLARIMETRIC OBSERVATIONS OF THE FBS BLUE STELLAR OBJECTS. II

M. H. E II SIAN, A. M. MICKAELIAN

The results of polarimetric observations of 33 bright blue stellar objects from the lists of the second part of the First Byurakan spectral sky survey (FBS) are given. The presence of intrinsic polarization in objects FBS 1815+381 and FBS 1850+443 is confirmed, in which linear polarization was discovered before by the suthors. Linear polarization in 3 new objects FBS 1559+369, FBS 1654+351 and FBS 1704+347 is discovered. According to data of spectral observations the objects FBS 1559+369 and FBS 1704+347 are white dwarfs and the presence of the marked polarization allows to attribute them to the class of magnetic white dwarfs.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. А. М. Микаелян, М. А. Ерицян, Г. В. Абрамян, Астрофизика, 34, 351, 1991.
- 2. Г. В. Абрамян, А. М. Микаелян, Астрофизика, 35, 197, 1991.
- 3. Г. В. Абрамян, В. А. Липовецкий, Дж. А. Степанян, Астрофизика, 32, 29, 1990.
- 4. Г. В. Абрамян, В. А. Липовецкий, А. М. Микаелян, Дж. А. Степанян, Астрофизма, 33, 213, 1990.
- Г. В. Абрамян, В. А. Липовецкий, А. М. Микаелян, Дж. А. Степанян, Акстрофизика, 34, 5. 1991.
- ·6. Г. В. Абрамян, А. М. Микаелян, Астрофизика, 36, 109, 1993.
- 7. Г. В. Абрамян, А. М. Микаелян, Астрофичека, 1993, (в печати).
- 8. R. F. Green, J. Liebert, M. Schmidt, Astrophys. J. Suppl. Sor., 61, 305, 1986.
- . Э. М. А. Ерицян, С. E. Нерсесян, Астрофияма, 20, 355, 1984.

АСТРОФИЗИКА

TOM 36

МАЙ, 1993

ВЫПУСК 2

УДК 524.6-355.520.84

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИК С УФ-ИЗБЫТКОМ. IX

м. А. КАЗАРЯН, Э. С. КАЗАРЯН

Поступила 8 января 1991

Принята к печати 6 октября 1991

Приводятся результаты спектрального и морфологического исследования галактик № 176 и 264 из списков [1, 2]. Обе галактики имеют интересные кинематические структуры.

1. Введение. В работе приводятся результаты спектрального и морфологического исоледования двух галактик с УФ-избытком, которые в списках [1, 2] имеют порядковые номера № 176 и 264. В табл. 1 приведены условия спектральных наблюдений этих галактик, выполненных на 6-м телескопе САО РАН. При получении их спектров были использованы спектрограф UAGS в сочетании с ЭОП УМК—91В. Ширина щели опектрографа во всех случаях была примерно 1". Калибровка спектров производилась с помощью ступенчатого ослабителя САО РАН. В качестве звезды сравнения бралась ВD +25°3941, спектры которой также получены на 6-м телескопе, в тех же условиях, что и спектры галактик. Спектры галактик, звезды сравнения и ступенчатого ослабителя получены на пленках Кофак 103а—О. Все они проявлены вместе.

Распределение энертии непрерывного спектра звезды сравнения приведено в работе [3].

Запись спектров галактик, эвезды сравнекия и ступенчатого ослабителя производилась на микрофотометре ИФО-451, а измерения радиальных скоростей отдельных деталей этих галактик производились на микрофотометре УИМ-23 кафедры астрофизики ЕГУ.

Прямые снимки галактики № 176 были получены в первичных фокусах 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории и 6-м телескопа САО РАН. Оригинальные масштабы снимком равны приблизительно 20" и 8."6 на 1 мм соответственно. Снимок на 2.6-м телескопе был получен 91.08.1977 г. на пластинке ORWOZu—2 и на 6-м—11.06.1978 г. на масствике Kodak 103а—О. В обоих случаях экспозиция 20 мин.

УСЛОВИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБМОДЕН * Й

A reactions	Дато наблюдения	Экспозация (ычи.)	Спактральный ипториал (А
175	27.06.1,84	5	4470—7500
		2	- ,, -
	— " —	4	
	29.06.1984	5	35506400
	- , -	10	
		20	
254	1.07.1984	40	4470-7500
	- , -	30	3550-6400

2. Морфологическое описание. На сниже 6-м телескопа изображение галактики № 176 похоже на галактику типа SBc. Центральная часть перемычки болсе яркая, чем ее остальные области. Северный ружав сравнительно слабый и кончается компактным объектом. Южный рукав также является ярким образованием галактики. На рис. 1 приведена репродукция прямого снимка галактики № 176. На этом рисунке южный рукав обозначен через I, центральная часть перемычки—II, а компактный объект—III. Черточками отмечено направление щели при получении спектров.

На картах Паломарского атласа галактика № 264 имеет эллиптическую форму, в сегеро-западной части на расстоянии примерно 15" имеются два голубых сгущения.

3. Эквивалентные ширины и относительные интенсивности эмиссионных линий. Описание спектров этих галактик приведено в работе [4]. Цель спектрографа проходила через центральную яркую часть галактики № 176, звездообразный объект, который находится в северо-восточной части галактики, и перссекала южный рукав галактики. Поэтому спектр галактики по высоте состоит из трех отдельных спектров, которые представляют собой спектры вышеотмеченных образований. По внешнему виду они напоминают спектры компактных объектов. На рис. 2 приведена репродукция одного из спектров галактики № 176, где отмечены спектры этих образований соответствующими рис. 1 обоз-

мачениями. Для области I галактики № 176 получено 6 спектров, 5 пв которых обработаны. Из табл. 1 видно, что во время наблюдений спектральные области были выбраны так, что линии [OIII] № 5007, 4959 и Н₃ присутствовали на всех спектрах. Поэтому для каждой из этих линий имеются 5 значений вквивалентных ширии и относительных интенсивностей. Эти величины дают возможность для оценки ошибок, допускаемых при определении эквивалентных ширии и стносительных интенсивностей линий. В табл. 2 приведены эквивалентные ширини и относительных интенсивностий эмиссионных линий части I галактики № 176. Рядом с величинами линий [OIII] № 5007, 4959 и Н₃ привелены средпсквадратические ошибки их средних значений. При получении спектров галактики № 264 щель спектрографа была направлена вдоль ее большой оси. По высоте спектр состоит из четырех отдельных спектров, которые являются результатами излучения четырех отдельных обравораний галактики, попавания в щель спектрографа.

Таблица 2 ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ

		36 170		N5 254				
Ион до		№ 175		1 orymowe		וו פרקה פחצס		
	λ ₀	₩ _λ (A)	I_{λ}/I_{H_3}	₩ ₁ (A)	$I_{\chi} I_{B_{\overline{\beta}}}$	₩ _λ (A)	$I_{\lambda}/I_{H_{\beta}}$	
[S II]	6731				2.87			
[S II]	6717				5.09			
[N II]	6584	24.5	4.13	14.0	4.21	40.0	6.44	
Ha	6563	48.1	14.9	37.4	12.41	65.3	14.16	
[N II]	6548		1	07.1	12.11	05.5	14.10	
(O III)	5007	12.0±0.8	1.2±0.07	9.6	1.46	10.0	2.50	
[O III]	4959	4.2+0.7	0.45+0.06	3.6	0.50	3.2	0.75	
H ₃	4861	11.6+1.3	1.0	6.5	1.0	6.6	1.0	
H,	4340	8.6	0.42	2.4	0.36	1.7	0.30	
[0 11]	3727	35.4	0.79	17.6	1.66	7.1	2.4	

Самый яркий спектр, по всей вероятности, является спектром центральной области галактики. По обе стороны от него, примерно на одинаковых расстояниях, 5", наблюдеются спектры двух областей, которые состоят только из эмиссионных линий. Наконец, спектр четвертого образования находится от спектра центральной области примерно на расстоянии. 13".4. В спектрах центрального и четвертого образований, кроме эмис-4—47

снонных линий, наблюдаются также интенсивные непрерывные спектры. На рис. 2 приводится репродукция одного из спектров галактики № 264, где спектры центрального и четвертого образований обозначены римскими цифрами I и II соответственно. В табл. 2 даны эквивалентные лицрины и относительные интенсивности образований I и II.

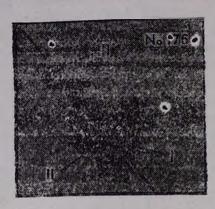


Рис. 1. Репродукция фотографии галактики № 176. Север сверху, восток справа. Масштаб 1 мм $\approx 0.$ "6.

В спектре области I галактики № 264 линии H_{τ} и H_{δ} наблюдаются жак в эмиссии, так и в поглощении. Эмиссионный компонент линии H_{δ} трудно было выделить, поэтому для него не были определены эквивалентная ширина и относительная интенсивность. Эквивалентные ширины линий [SII]хх 6731 и 6717 в этой области не были вычислены, так как непрерывный спектр у них очень слабый. В спектре области II галактики № 264 линии [SII]хх 6731 и 6717 также наблюдаются, однако они настолько слабы, что невоэможно было их обработать.

Очевидно, что при определении эквивалентных ширин и относительных интенсивностей линий областей I и II галактики № 264 допускаемые ошибки будут такими, какими они были у линий области I талактики № 176, которые приведены в табл. 2.

4. Обсуждение результатов. В работах [1, 2] для центральных областей галактик № 176 и 264 приведены спектрально-морфологические жарактеристики «2» и «1» соответственно. Характеристики «2» и «1» означают, что эти области обладают сильными УФ-избытками, характеристика «d» показывает, что спектр центральной части галактики № 176 на обзорных пластинжах имеет диффузные края, а «sd1»—края спектра центральной части галактики № 264 сравнительно резкие.

Галактика № 176 имеет интересную морфологическую структуру, она была отнесена к типу SBc. По линейным размерам она сравнима

с нашей Галактикой, но по светимости превосходит ее. В работе [4] для галактики N_2 176 приведена сценка абсолютной звездной величины, $M_{pg} = -23^m$, которая больше светимостей даже некоторых квазаров, вапример, Топ 256, PKS 0736+01 и других. Центральная часть (II)

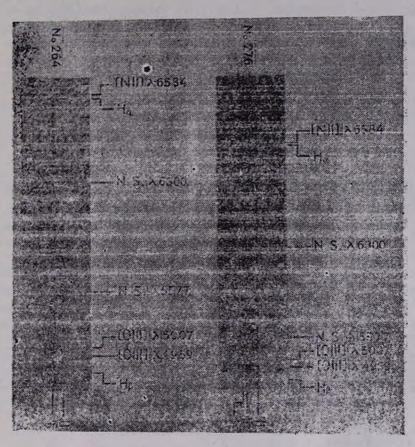


Рис. 2. Репродукции спектров галактик № 176 и 264.

и компактный объект (III) галактики № 176 обладают сильными непрерывными спектрами, у южного рукава (I) непрерывный спектроравнительно слабый. В спектре части I наблюдаются вмиссионные линии [NII] $\lambda\lambda$ 6584, 6548, H_{α} , [OIII] $\lambda\lambda$ 5007, 4959, H_{β} , H_{γ} , H_{δ} , и [OII] λ 3727. В спектре части II вмиссионные линии сравнительно слабые, хорошо ваметны лишь линии [NII] λ 6584, H_{γ} , [OIII] λ 5007, H^{β} и [OII] λ 3727. При помощи втих линий определены красные смещения частей I и II, z_{γ} = 0.0814 ± 0.0002 и z_{II} = 0.0803 ± 0.0002 соответственно.

Радиальные скорости этих частей отличаются друг от друга, у части I радиальная скорость примерно на 330 км/с больше по сравнению с частью II. Исходя из этого, можно предположить, что южный рукав галактики № 176 вращается вокруг перемычки против часовой стрелки со скоростью 330 км/с.

В спектре компактного объекта (III) уверенно наблюдается только одна линия потлощения, длина волны которой равна 4644 А. Само собой разумеется, что отождествить одну линию нереально. На спектре эта линия близка к вмиссионной линии H_{γ} , наблюдавшейся в спектрах частей I и II. Если предполагать, что она является линией H то красное смещение компактного объекта получается равным примерно $z_{III} = 0.0701$, что явно меньше красных смещений частей I и II.

Галактика № 264 также имеет интересную кинематическую особенность. Как было отмечено выше, в ее спектре вмиссионные линии Н_а, [ОПП] до 5007, 4959, Н₃ и [ОП] до 3727 по высоте состоят из четырех частей. Это есобенно хорошо заметнона изображении линии Н_а (рис. 2). Радиальные скорости втих частей отличаются друг от друга, самой высокой скоростью обладает часть І, а самой низкой часть ІІ. Радиальная скорость части ІІ примерно на 210 км/с меньше по сравнению со скоростью части І.

Для составления более подробного представления о кинематических особенностях талактик № 176 и 264 целесообразно проводить новые наблюдения с аппаратурой высокого разрешения для разных отдельных образований, вошедших в эти галактики.

Результаты экинвалентных ширин и относительных интенсивностей отдельных образований талактик № 176 и 264 такие, какие встречаются у многих галактик є УФ-избытком, изучавшихся нами. В частности, можно повторить вывод о том, что в газовых составляющих образований этих галактик имеется пыль, поглощение со стороны которой приводит к увеличению отношения интенсивностей I_{H_0}/I_{H_0} .

Еревански государстичный университет

Бюраканская астрофизическая обсерватория

SPECTROPHOTOMETRY AND MORPHOLOGY OF THE GALAXIES WITH UV EXCESS. IX M. A. KAZARIAN, E. S. TAZARIAN

The results of spectrophotometric and morphological study of galaxies No 176 and 264 from the lists [1, 2] are presented. Both galaxies have interesting kinematic structure.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. М. А. Казарян, Астрофизика, 15, 193, 1979.
- . 2. М. А. Казарян, Э. С. Казарян, Астрофизика, 16, 17, 1980.
 - 3. R. P. S. Stone, Astrophys J., 218, 767, 1977.
- 4. M. A. Каварян, Астрофизика, 27, 399, 1987

АСТРОФИЗИ-КА

TOM 36

МАЙ, 1993

ЕЫПУСК 2

УДК .524.6—355.520.84

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЙ ГАЛАКТИКИ ТИПА СЕЙФЕРТА

М. А. КАЗАРЯН

Поступила 10 апреля 1991

Принята к печати 30 октября 1991

Приводятся результаты спектрального исследования галактики № 214 из списка [1]. Определены эквивалентные шврвны, отвосительные теленовыести и полуширины линий. Показано, что ядро галактики № 214 имеет особенности галактик типа Sy 1.5. Сделан вывод, что в рамках моделей, приведенных в работе [5], трудно объяснить структуры профилей линий, наблюдавшихся в ядре галактики № 214.

1. Введение. В настоящей работе приводятся результаты исследования одной галактики с УФ-иэбытком, которая в списке [1] имеет порядковый номер № 214. Предварительные спектральные данные этой галактики приведены в работе [2]-описание спектра, красное смещение, z=0.0463 и абсолютная эвездная величина, $M_{gg}=-20^m 8$. В [2] приведена также запись одного из спектров этой галактики в области линий [ОПП] ЛЛ 5007, 4959 и Н. Там же был сделан вывод о том, что .галактика № 214 является сейфертовской галактикой второго типа. Прямой снимок галактики № 214 был получен в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории АН Республики Армения. Из снимка видно, что галактика является протяженным объектом, она тянется в направлении север-юг и имеет размеры примерно 4"×10". В ценъральной части этого объекта наблюдается яркое компактное ядро диаметром приблизительно 3". К юту от ядра, на расстоянии примерно .17", находится эвездообразный объект диаметром 2", связанный с южной яркой областью волокном.

Для галактики № 214 на 6-м телескопе САО РАН 26—29 июня 1984 г. были получены два спектра, один из которых охватывает спектральную область $\lambda\lambda$ 7500—4477 A, а другой $\lambda\lambda$ 6400—3500 A. При получении спектров был использован спектрограф UAGS в сочетании с ЭОП УМК-91В. Щель спектрографа была направлена так, что в нее

попадали ядро, южная яркая область, воложна и эвездообразный: объект. Ширина щели спектрографа равна примерно 1". В [3] подробноприведены условия спектральных наблюдений четырех галактик с УФизбытком, выполненных на 6-м телескопе. В таких же условиях получены спектры галактики № 214, и поэтому мы ограничиваемся лишь описанием условий наблюдений, приведенных выше. Получены спектры всех вышеотмеченных объектов. Спектр ядра имеет особенности спектра сейфертовской галактики. В нем наблюдаются широкие эмиссионные линии [NII] λλ 6584, 6548, H_s, [OIII] λλ 5007, 4959, H_s, [NeIII] λ 3869 и [OII] д 3727. Линин Н, и Н, наблюдаются как в вмиссии, так и в поглощении, т. е. каждая из них состоит из двух компонентов-абсорбционного и вмиссионного. Причем абсорбционный компонент каждой линии наблюдается на ее длинноволновой стороне. Расстояние между компонентами составляет примерно 900 км/с. Линии Н и К Са II набаюдаются в поглощении, они также широки, первая из них сливается с линией Н. В спектре южной яркой области наблюдаются все отмеченные выше вмиссионные линии. В спектре звездообразного объекта наблюдаются линии поглощения Н и К Call, а в спектре волокна наблюдается только слабая эмиссионная линия Н. Ядро, южная яркая область и эвездообразный объект обладают сильными непрерывными спектрами, но самый сильный непрерывный спектр имеет ядро талактики. Красное смещение ядра приведено выше, оно было определено при помощи вмиссионных линий. Красное смещение, определенное при помощи абсорбционных компонентов линий Н, и Н, а также с помощью линий поглощения Н и К Call, как было сказано выше, примерно на 900 км/с больше. Красное смещение южной яркой области равно $z_n = 0.0458$, а ввездообразното объекта $-z_3 = 0.0462$, т. е. фактически красные смещения последнего объекта и ядра, определяемые при помощи эмиссионных линий, не отличаются друг от друга.

2. Эквивилентные ширины и относительные интенсивности линий. В табл. 1 приведены вквивалентные ширины линий и относительные интенсивности эмиссионных линий ядра галактики N_2 214. Так как H_{τ} и H_{δ} находятся как в эмиссии, так и в поглощении, то для каждой изэтих линий вквивалентные ширины эмиссионного и абсорбционного компонентов приведены отдельно. Ошибки, допускаемые при определении вквивалентных ширин и относительных интенсивностей, примерно такие же, как и определеные для линий многих галактик с УФ-избытком. Они были приведены в наших предыдущих работах, например, для ли-

ний галактики № 176 ошибки приведены в [4]. Поскольку линин H_{\downarrow} и H_{\downarrow} обладают компонентами поглощения, то такие же компоненты должны иметь также линии H_{\downarrow} и H_{\downarrow} . Одпако интенсивности эмиссионных компонентов этих линий настолько велики, что они полностью заливают их абсорбционные компоненты, и в целом линии наблюдаются как эмиссионные. Этот эффект приводит к занижению эначений эквивалентных ширин эмиссионных компонентов линий. Он ваияет также на величины относительных интенсивностей эмиссионных линий. Они все завышены, так как эти величины определены относительно интенсивности эмиссионного компонента H_{\downarrow} , которая занижена.

Таблива 1 ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЛИНИЙ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ГНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ

Коп	λo	Э⊳несия плы абсор5цыя	₩ _λ (A)	$I_{\lambda}/I_{H_{\beta}}$
[NII]	6581	Вилесия	5.2	4.49
H _α	6553	и	15.1	12.84
([NII]	6548	**		
[IIIO],	5007		18.5	6.00
IOIII	4957	71	3.3	3.00
H ₃	4851	11	3.2	1.00
H	4340	н	2.0	
H,	4340	Абсорбдяя	0.8	
H _z	4102	Емиссия	0.7	
H ₃	4102	Абсорбия	0.4	
Call	3934	17	4.9	
[NeIII]	3869	Ем ісеня	6.4	0.77
TOH	3727		39.6	2.14

3. Обсуждение разультатов. В [1] для ядра галактики № 214 приведена спектрально-морфологическая характеристика sd 2. Балл «2» означает, что ядро имеет сильный УФ-избыток, а характеристика «sd» показывает, что его спектр на обзорных пластинках не широкий (ширина спектра < 10") и имеет резкие края. Как было сказано выше, линии, наблюдавшиеся в спектре ядра, широкие. Это хорошо видно из рис. 1, тде приведены профили эмиссионных линий [NII] № 6584, На Ч-\NII] № 6548, [ОIII] № 5007, 4959, Н, [NeIII] № 3869, линии Н, и Н, наблюдавшихся как в эмиссии, так и в поглощении, а также линии пог-

лощения СаII д 3934. В табл. 2 для ядра приведены полуширниы FWHM эмиссионных аниий [NII] д 6584, Н,, [ОПП] дд 5007, 4959, Н. и [NeIII] д 3869 без исправления за инструментальный профиль линий. В [3] был сделан вывод, что верхний предел полуширины инструментального профиля линий можно принять 270 км/с. То же самое значение можно использовать для исправления полуширины линий, приведенных в табл. 2, вместо инструментального профиля линий ядра галактики № 214, так как ее спектры были получены в тех же условиях, в каких были получены спектры талактик, изученных в [3]. В результате для истинных полуширин линий [ОПП] дл 5007, 4959 получаются величины. равные примерно 500-600 км/с, которые намного больше встречающихся часто значений—350—400 км/с для галактик типа 'Sy2 [5]. Такие полуширины линий [OIII] да 5007, 4959 больше всего встречаются у галактик типа Sy1. В [6] отмечается, что полушираны линии [ОПП] у тыличной галактики типа Sy1 больше по сравнечню с полушномной этих же линий у типичной галактики типа Sy 2.

Таблица 2 ПОЛУПЦИРИНЫ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ (FWHM)

Non	Ão	FWHM (KM/C)
[NII]	6584	550
H _a	6563	480
[OIII]	5007	7:0
[0111]	4959	850
Hβ	4861	460
[NeIII]	3869	710

Из рис. 1 видно, что профили линий [NII] да 6584, [OIII] да 5007, 4959 асимметричны, причем избыточное излучение наблюдается в длинноволновой части линий. Такая асимметрия наблюдается у галактик типа Sy1 [5]. По профилям линий [OIII] да 5007 и 4959 видно, что каждая из них в длинноволновой и коротковолновой сторонах обладает широкими крыльями. Например, общая ширина крыльев линии [OIII] да 5007 на уровне непрерывного спектра составляет примерно 3000 км/с. Каждая из этих линий состоит из широких нижних и узких верхних частей. Такие профили имеют галактики типа Sy 1.5. Например, в спектре галактики № 163 из списка [1] наблюдаются такого типа профили [7]. Как было отмечено выше, каждый из профилей линии Н и Н⁸

состоит из двух компонентов—вмиссионного и абсорбционного, причем абсорбционные компоненты наблюдаются в длинноволновых частях линий. Профили этих линий похожи на профили линий Р Суд, но у последних абсорбционные компоненты, в отличие от профилей линий Н и Надра, наблюдаются в коротковолновых частях линий. Конечно го-

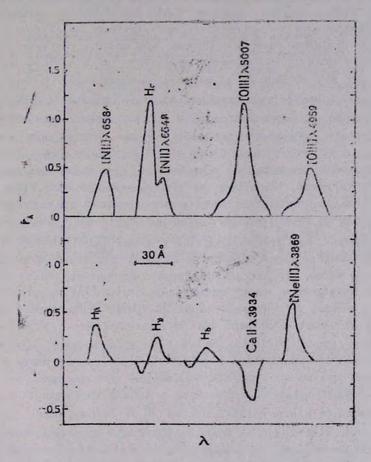


Рис. 1. Профеле линей.

ворить об асимметрии эмиссионного компонента линий H_1 и H_2 не имеет смысла, так как этот компонент и компонент абсорбции вваимно влияют друг на друга и искажают истинный вид их профилей. Важно отметить, что у галактик с УФ-избытком впервые наблюдаются такие вваимные расположения компонентов линий.

Уместно отметить, что такое расположение эмиссионного и абсорбприовного компонентов линий H_8 , H_4 и H_5 наблюдается также в спектре галактики № 33 из первого списка «Новые галактики с ультрафиолетовым избытком» [8]. Некоторые спектральные данные об этом объекте приведены в [9]. Эти данные относятся к спектральной области $\lambda\lambda$ 5650—7100, куда не поладали Н,, Н, и Н. Истинная природа этого объекта была выяснена дальнейшими наблюдениями, проводившимися в 1986 г. на 6-м телескопе САО АН РАН со сканером. Результаты подробного изучения спектров галактики № 33 будут представлены в будущем. Можно отметить, что она по своей физической особенности находится межа талактикой типа Sy2 и LINER. Профилилиний Н, и Н, похожи на таковые галактики № 214. В отличие от № 214 в ее спектре не наблюдаются линии поглощения Н и К СаII.

Как отмечалось выше, линии Н, и Н, в спектре галактики № 214 тоже имеют абсорбщионные компененты, однако их эмиссионные компоненты настолько сильны, что, заливая абсорбционные компоненты, оня в целом остаются эмиссионными. Отмеченный эффект, конечно, искажает профили этих линий. На самом же деле они немного уже. Как видно из таба. 1 полуширины этих линий намного меньше полуширин линий [ОПП] ХА 5007 и 4959. По всей вероятности, Н, и Н, также имеют широкие крылья, как вто наблюдается у линий ГОІІІ ЛА 5007 и 4959. Однако по причине вышеотмеченного эффекта они также исчезли. Этоможет иметь место, так как абсорбционные компоненты очень широкие. Например, полуширина линии поглощения СаII д 3934 примерно равна 900 км/с, а полная ширина этой линии на урожне непрерывного спектра составляет примерно 2000 км/с. Из рис. 1 видно, что с коротковолновой стороны линии [NeIII] à 3869 наблюдается широкое крыло, а с даиноволновой не наблюдается. Наоборот, с этой стороны интенсивностьлинии реэко падает до нерерывного спектра. Это понятно, так как с данновой стороны она сливается с линией поглощения водорода Н_в, поскольку ее длина волны лишь на 20 А больше линии [NeIII] х 3869.Вышесказанное приводит к заключению, что ядро гаактики № 214 обладает особенностями ядра галактики типа Sy 1.5. Звездообразный объект примерно на одну ввездную величину слабее ядра, т. е. его абсолютная звездная величина равна приблизительно $M_{\rm eff} = -19^{\rm m}8$. Таким образом, ядро галактики № 214 и звездообразный объект, расстояние между которыми составляет примерно 15 кпк, физически связаны между собой. Причем один из них является активным объектом, а другой не показывает признаков активности. Последний объект, скорее всего, имеет особенности нормальных эллиптических галактик. Волокно, о котором было сказано выше, является своеобразным мостиком, связывающим эти два объекта.

Какие физические условия должны иметь место в ядре галактики № 214, чтобы в его спектре имели структуры, показанные на рис. 1? В [5] подробно обсуждаются модели тех областей, где образуются эмиссионные линии в ядрах сейфертовских галактик. Однако в рамках этих моделей трудно объяснить структуры профилей линий, наблюдаемых в спектре ядра галактики № 214. Как было отмечено выше, каждая из линий H_{γ} и H_{ϕ} состоит из эмиссионного и абсорбционного компонентов, причем абсорбционный компонент у них наблюдается в длинноволновой части линий и от эмиссионного компонента смещен в красную сторону на 900 км/с. Кроме того, эмиссионные линии [ОПП] лл 5007, 4959, [NeIII] лл 3869 и другие не симметричны и имеют широкие крылья. Асимметричность у них обусловлена приращением интенсивности в красную сторону линий. Для объяснения этих особенностей профилей линий надо построить новую модель тех областей ядра галактики № 214, тде образуются линии.

Ив таба. 1 видно, что отношение интенсивностей анний [OIII], I_{5007}/I_{4959} = 2, что намного меньше теоретического значения 3.0. Такое несоответствие мы встречали также у двух талактик из 35 изученных нами объектов. Они в наших списках «Новые галактики с ультрафиолетовым избытком» имеют порядковые номера № 147 и 207. Возможное объяснение возникновения этого эффекта было приведено в работе [3].

Ереванский государственный университет

SPECTROPHOTOMETRY OF ONE SEYFERT TYPE GALAXY

M. A. KAZARIAN

The results of spectrophotometry of galaxy No 214 with UV excess from list [1] are presented. The equivalent widths, relative intensities and FWHMs of the lines are obtained. It is shown that the nuclei of the galaxy No 214 has the physical properties of Sy 1.5 type galaxies. It is concluded that the models which are given in [5] can not explain the structure of the profiles of lines observed in the nuclei of the galaxy No 214.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. М. А. Казарян, Астрофизка, 15, 193, 1979.
- 2. М. А. Казарян, Астрофизика, 27, 399, 1907.
- 3. М. А. Казарян, Э. С. Казарян, Астрофизика, 33, 169, 1990.
- 4. М. А. Казарян. Э. С. Казарян, Аспрофизика, 36, 211, 1993.
- 5. D. E. Osterbrook W. G. Mathawa, Ann Rev. Astron. Astrophys., 24, 171, 1986.
- 6. M. Whittle, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 216, 817, 1985.
- 7. М. А. Казарян, Астрофизика, 19, 411, 1983.
- В. М. А. Казарян, Астрофизика, 15, 5, 1979.
- 9. М. А. Казарян, Э. С. Казарян, Астрофизика, 26, 5, 1987.

7 OM 36

МАЙ, 1993

выпуск 2:

УДК 524.3—54

К ТЕОРИИ ИЗОТРОПНОГО РАССЕЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЛОСКОМ СЛОЕ. МЕТОД РАЗДЕЛЬНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Э. Х. ДАНИЕЛЯН

Поступила 22 июня 1992

Принята к печати 6 октября 1992

В одной из работ автора [1] были получены явные интегральные представления для основных характеристик поля диффузного излучения в слое конечной оптической толщины посредством неких функций я (η, τ) и b (η, τ). В настоящей статъ, явившейся логеческим продолжением [1], показано, что для нахаждения втих функций достаточно решить два раздельных, быстросходящихся, линейных интегральных уравнения с очещь простой структурой ядра. Рассмотрены случаи меотропного монохроматического рассеяния и рассеяния с полным перераспределением по частоте в спектральной линии. Подробно рассмотрен случай консервативного рассеяния. Получениме аналитические результаты сущеотвенно упрощают анализ и численное решениезедач теории переноса в конечном слое.

1. Введение. В работе автора [1] десятилетней давности был равработан относительно простей путь нахождения основных характеристик: поля диффузиото излучения при изотропном монохроматическом рассеямии в однородных, плоскопараллельных средах. Решения задач там сводились к осуществлению одной или двух поэтапных квадратур (в. зависимости от искомой характеристики поля излучения) по угловой переменной и алгебраическим операциям. При этом, для среды конечной оптической толщины, предполагалось знание неких исходных вспомогательных функций $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$, а для полубесконечной средыфункции Амбарцумяна— $\phi(\eta)$. Такое упрощение стало возможным благодаря факту разделения угловых переменных для некоторых характеристик поля излучения [2—10], а также использованию явных выражений резольвентных функций Соболева полубесконечной среды [11] и конечного слоя [12], позволяющих проводить интегрирования по оптической глубите аналитически.

Компактное тыражение резольвентной функции конечного слоя весредством функций $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$ имеет вид:

$$\Phi\left(\tau,\,\tau_{0}\right) = CM\left(\tau,\,\tau_{0},\,\frac{1}{k}\right) + \frac{\lambda}{2}\int_{0}^{1}\frac{M\left(\tau,\,\tau_{0},\,\mu\right)}{\mu\,R\left(\mu\right)}\,d\mu,\tag{1}$$

rge

$$M(\tau, \tau_0, \mu) = e^{-\frac{\tau}{\mu}} a(\mu, \tau_0) - e^{-\frac{\tau_0}{\mu}} b(\mu, \tau_0), \qquad (2)$$

$$R(\mu) = \left(1 - \frac{\lambda}{2} \mu \ln \frac{1 + \mu}{1 - \mu}\right)^2 + \left(\frac{\lambda \pi \mu}{2}\right)^2; \quad C = \frac{k(1 - k^2)}{k^2 - 1 + \lambda}, \tag{3}$$

а k и λ —соответственно, корень характеристического уравнення $\frac{\lambda}{2k} \ln \frac{1+k}{1-k}$ 1 и вероятность выживания кванта при влементарном акте рассеяния. Функции $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$ были определены в [1] посредством ϕ и ψ -функций Амбарцумяна следующим образом:

$$a(\eta, \tau) = 1 - \frac{\lambda}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{\varphi(\mu, \tau)}{\mu + \eta} d\mu \times b(\eta, \tau) = \frac{\lambda}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{\psi(\mu, \tau)}{\mu + \eta} d\mu. \quad (4)$$

Там же приводились и выражения, в известном смысле, обратные к (4).

$$\varphi(\eta, \tau) = 1 + CM_{\varphi}\left(\tau, \eta, \frac{1}{k}\right) + \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{M_{\varphi}(\tau, \eta, \mu)}{\mu R(\mu)} d\mu \tag{5}$$

H

$$\psi(\eta,\tau) = e^{-\frac{\tau}{\eta}} + CM_{\psi}\left(\tau, \eta, \frac{1}{k}\right) + \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{M_{\psi}\left(\tau, \eta, \mu\right)}{\mu R(\mu)} d\mu, \tag{6}$$

где

$$M_{\psi}(\tau, \, \eta, \, \mu) = \alpha(\mu, \, \tau) A(\tau, \, \eta, \, -\mu) e^{-\frac{\tau}{\mu}} - b(\mu, \, \tau) A(\tau, \, \eta, \, \mu),$$

$$M_{\psi}(\tau, \, \eta, \, \mu) = \alpha(\mu, \, \tau) A(\tau, \, \eta, \, \mu) - b(\mu, \tau) A(\tau, \, \eta, \, -\mu) e^{-\frac{\tau}{\mu}},$$
(7)

$$A(\tau, \eta, -\mu)e^{-\frac{\tau}{\mu}} = \frac{1 - e^{-\tau\left(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{\eta}\right)}}{\mu + \eta} \eta\mu$$

$$A(\tau, \eta, \mu) = \eta\mu \frac{e^{-\frac{\tau}{\mu}} - e^{-\frac{\tau}{\eta}}}{\mu - \eta}.$$
(8)

Из приведенных формул следует, что если за исходные брать ф и ффункции Амбарцумяна, то для вычисления Ф(т, то) необходимо проведение дополнительного интегрирования по формулам (4). Впрочем, это утверждение относится практически ко всем задачам о нахождении характеристик поля излучения, за исключением, пожалуй, задачи о диффузном отражении и пропускании конечным слоем, в которой искомые величины выражаются непосредственно через ф и ф-функции. Для нахождения последних Амбарцумяном [2] была получена система нелипейных интегральных уравнений

$$\varphi(\eta, \tau) = 1 + \frac{\lambda}{2} \eta \gamma(\eta, \tau) \int_{0}^{1} \frac{\varphi(\mu, \tau)}{\mu + \eta} d\mu - \frac{\lambda}{2} \eta \psi(\eta, \tau) \int_{0}^{1} \frac{\psi(\mu, \tau)}{\mu + \eta} d\mu,$$

$$\psi(\eta, \tau) = e^{-\frac{\tau}{\eta}} + \frac{\lambda}{2} \eta \varphi(\eta, \tau) \int_{0}^{1} \frac{\psi(\mu, \tau)}{\mu - \eta} d\mu - \frac{\lambda}{2} \eta \psi(\eta, \tau) \int_{0}^{1} \frac{\varphi(\mu, \tau)}{\mu - \eta} d\mu,$$
(9)

второе из которых, к сожалению, содержит интегралы типа Коши, чтоприводит к большим осложнениям при численном решении. Полученные впоследствии системы линейных интегральных [13] и интегро-дифференцияльных (В. А. Амбарцумян, 1943; не опубликовано) [14] уравнений, в смысле их численной реализации, оказались нисколько не лучше (9).

Функции Амбарцумяна и функции $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$ тесно взаимосвязаны. Так, помимо связей (4), (5) и (6), из первого уравнения системы (9) следует, что

$$\alpha(\eta, \tau) \varphi(\eta, \tau) + b(\eta, \tau) \psi(\eta, \tau) = 1. \tag{10}$$

В работе [1], в частности, предлагался способ нахождения втих четырех функций одновременно из (4), (5) и (6) методом последовательных приближений. Заметим, что в них отсутствуют реальные сингулярности. Впоследствии нами совместно с Г. А. Арутюняном были:

проведены вычисления на ЭВМ этим способом и получены непложие результаты. К недостаткам этого способа можно отнести не очень быструю сходимость последовательных приближений, а также неизбежность расчета сразу четырех функций, в исобходимости знания которых, при рассмотрении конкретных залач, часто не бывает необходимости.

Венду важной роли функций $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$ в теории переноса излучения в конечном слое (все характеристики поля излучения, в том числе ф и ф-функции Амбарцумяна, явно выражаются через нях) эффективный метод их нахождения, действительно, приведет к реальному упрощению расчетов задач указанного класса. Поиску такого метода и посвящена настоящая работа.

2. Уравнения для $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$. Для получения искомых уравнений будем исходить из системы интегральных уравнений для ϕ и ффикций Амбарцумяна, полученной в [6]:

$$\varphi(\eta) = \varphi(\eta, \tau) + \int_{0}^{1} Z(\tau, \eta, \mu) \psi(\mu, \tau) d\mu,$$

$$\frac{4\pi}{\lambda} P(\tau, \eta) = \psi(\eta, \tau) + \int_{0}^{1} Z(\tau, \eta, \mu) \varphi(\mu, \tau) d\mu.$$
(11)

Эдесь $\phi(\eta, \tau)$ и $\psi(\eta, \tau)$ —функции Амбарцумяна конечного слоя, $\phi(\eta)$ —для полубесконечной среды; $P(\tau, \eta)$ —плотность вероятности выхода кванта с глубины τ в направлении агс cos η , а ядро Z имеет следующий вид:

$$Z(\tau, \eta, \mu) = \frac{\lambda}{2} \eta \varphi(\eta) \frac{F(\tau, \eta) + \tilde{F}(\tau, \mu)}{\eta + \mu}, \qquad (12)$$

где

$$F(\tau, \eta) = \frac{P(\tau, \eta)}{P(o, \eta)} \quad \text{H} \quad \widetilde{F}(\tau, \mu) = \mu \varphi(\mu) \int_{0}^{1} \frac{2\pi P(\tau, \zeta)}{\zeta + \mu} d\zeta. \quad (13)$$

Заметим, что из последнего соотношения (с учетом того, что $\tilde{F}(0, \mu) = \P(\mu) - 1$), как и из обоих уравнений (11) при $\tau = 0$, следует известное уравнение для ϕ -функции Амбарцумяна

$$\varphi(\eta) = 1 + \frac{\lambda}{2} \eta \varphi(\eta) \int_{0}^{1} \frac{\varphi(\mu)}{\mu + \eta} d\mu. \tag{14}$$

Если умножить оба уравнения системы (11) на $\frac{\lambda}{2} \frac{\zeta d\eta}{\eta + \zeta}$ и проинтегрировать от 0 до 1, то с учетом (4), (13), а также (14), получим:

$$\frac{\varphi(\zeta)-1}{\varphi(\zeta)} = 1 - \alpha(\zeta, \tau) + \frac{\lambda}{2} \zeta \int_{0}^{1} \psi(\mu, \tau) d\mu \int_{0}^{1} \frac{Z(\tau, \eta, \mu)}{\eta + \zeta} d\eta,$$

$$\frac{\widetilde{F}(\tau, \zeta)}{\varphi(\zeta)} = b(\zeta, \tau) + \frac{\lambda}{2} \zeta \int_{0}^{1} \varphi(\mu, \tau) d\mu \int_{0}^{1} \frac{Z(\tau, \eta, \mu)}{\eta + \zeta} d\eta.$$
(15)

Легко видеть, что внутренний интеграл в (15) можно преобразовать к виду

$$\varphi(r) \int_{0}^{1} \frac{Z(\tau, \eta, \mu)}{\eta + \zeta} d\eta = \frac{\widetilde{F}(\tau, \zeta) - \widetilde{F}(\tau, \mu)}{\varphi(\zeta)(\zeta - \mu)}.$$
 (16)

Для втого достаточно воспользоваться выражением (12), с учетом (13), (14), а также того, что $P\left(0,\,\eta\right) = \frac{\lambda}{4\pi}\,\varphi\left(\eta\right)$.

Для функции F известно [9, 15] также явное интегральное представление посредством функции $\phi(\eta)$:

$$\widetilde{F}(\tau,\zeta) = \frac{Ce^{-k\tau}\zeta}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)(1+k\zeta)} + \frac{\lambda}{2}\zeta\int_{0}^{1} \frac{e^{-\frac{\tau}{\mu}}d\mu}{R(\mu)\varphi(\mu)(\mu+\zeta)}.$$
 (17)

С учетом последнего нетрудно получить, что

$$\frac{\tilde{F}(\tau, \zeta) - \tilde{F}(\tau, \mu)}{\zeta - \mu} = \frac{Ce^{-k\tau}}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)(1 + k\zeta)(1 + k\mu)} + \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{e^{-\frac{\tau}{\gamma}} \gamma d\gamma}{R(\gamma) \varphi(\gamma) (\gamma + \zeta) (\gamma + \mu)}.$$
(18)

Теперь подставляя (18) в (16) и далее в (15), после небольших преобразований, получим следующие два выражения:

$$\varphi(\eta) \alpha(\eta, \tau) = 1 + \frac{Ce^{-k\tau} \eta}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)(1 + k\eta)} b\left(\frac{1}{k}, \tau\right) + \frac{\lambda}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{e^{-\frac{\tau}{\mu}} b(\mu, \tau) d\mu}{R(\mu) \varphi(\mu) (\mu + \eta)},$$
(19)

$$\varphi(\eta) b(\eta, \tau) = \frac{Ce^{-k\tau}\eta}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)(1+k\eta)} - a\left(\frac{1}{k}, \tau\right) + \frac{\lambda}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{e^{-\frac{\tau}{\mu}}a(\mu, \tau) d\mu}{R(\mu) \varphi(\mu)(\mu + \eta)},$$
(20)

являющиеся основой для нахождения функций $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$.

3. Решение основных уравнений. Рассматривая выражения (19) и (20) как систему уравнений, можно попытаться сразу заняться ее численным решением методом последовательных приближений, что, в принцие, возможно, однако этот прямоличейный способ, по многим причинам, является далеко не лучшим путем нахождения функций $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$.

Другая возможность состоит в получении раздельных уравнений путем подстатовки одного уразмения в другое. Получаемые при этом линейные интегральные уразмения являются весьма громоздкими, котя ядро этих уравнений и удается сильно упростить (получается ядро со структурой левой части выражения (18)). К тому же в свободных членах присутствуют сразу два слагаемых, содержащих неизвестные множи-

тели $a\left(\frac{1}{k}, \tau\right)$ и $b\left(\frac{1}{k}, \tau\right)$, что сильно осложняет жело. По-видимому,

лучший способ нахождения искомых функций состоит в следующем.

Составим сумму и разность этих функций и обозначии их через:

$$S(\eta, \tau) = \alpha(\eta, \tau) + b(\eta, \tau) + H(\eta, \tau) = \alpha(\eta, \tau) - b(\eta, \tau). \tag{21}$$

Далее, складывая и вычитая (19) и (20), для введенных сумы и разностей получим следующие раздельные линейные интегральные уравнения:

$$\varphi(\eta) S(\eta, \tau) = 1 + \frac{Ce^{-k\tau} \eta}{\varphi(\frac{1}{k})(1 + k\eta)} S(\frac{1}{k}, \tau) + \frac{1}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{e^{-\frac{\tau}{\mu}} S(\mu, \tau) d\mu}{R(\mu) \varphi(\mu)(\mu + \eta)}$$
(22)

И

$$\varphi(\eta)H(\eta,\tau) = 1 - \frac{Ce^{-k\tau}\eta}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)(1+k\eta)}H\left(\frac{1}{k},\tau\right) - \frac{\lambda}{2}\eta\int_{0}^{1} \frac{e^{-\frac{\tau}{\mu}}H(\mu,\tau)d\mu}{R(\mu)\varphi(\mu)(\mu+\eta)}.$$
(23)

На первый взгляд может показаться, что присутствие в правых частях величин $S\left(\frac{1}{k},\tau\right)$ и $H\left(\frac{1}{k},\tau\right)$ является серьезным препятствием

при их решении, однако, как мы увидим, его удается легко устранить. Действительно, в силу линейности уравнений (22) и (23) их решения можно сраву записать в следующем виде:

$$\varphi(\eta) S(\eta, \tau) = u^{+}(\eta) + \frac{Ce^{-k\tau}}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)} S\left(\frac{1}{k}, \tau\right) v^{+}(\eta)$$
 (24)

и

$$\varphi(\eta)H(\eta,\tau)=u^{-}(\eta)-\frac{Ce^{-k\tau}}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)}H\left(\frac{1}{k},\tau\right)\upsilon^{-}(\eta), \qquad (25)$$

тде функции $u^{\pm}(\eta)$ и $v^{\pm}(\eta)$ (они, конечно же, зависят и от т, но для удобства явную зависимость от этого аргумента будем опускать) удовлетворяют следующим линейным интегральным уравнениям:

$$u^{+}(\eta) = 1 + \frac{\lambda}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) u^{+}(\mu)}{\mu + \eta} d\mu, \quad u^{-}(\eta) = 1 - \frac{\lambda}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) u^{-}(\mu)}{\mu + \eta} d\mu \quad (26)$$

$$v^{+}(\eta) = \frac{\eta}{1 + k\eta} + \frac{\lambda}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) v^{+}(\mu)}{\mu + \eta} d\mu,$$

$$v^{-}(\eta) = \frac{\eta}{1 + k\eta} - \frac{\lambda}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) v^{-}(\mu)}{\mu + \eta} d\mu,$$
(27)

в которых «весовая» функция равна

$$g(\mu) = \frac{-\frac{\tau}{\mu}}{R(\mu) \varphi^{1}(\mu)}. \tag{28}$$

Проблема множителей $S\left(\frac{1}{k},\tau\right)$ и $H\left(\frac{1}{k},\tau\right)$ разрешается подстановкой в (24) и (25) $\eta = \frac{1}{k}$. В результате этого получим:

$$S\left(\frac{1}{k}, \tau\right) = \frac{u^{+}\left(\frac{1}{k}\right)}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right) - \frac{Ce^{-k\tau}}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)} \varphi^{+}\left(\frac{1}{k}\right)} \tag{29}$$

И

$$H\left(\frac{1}{k},\tau\right) = \frac{u^{-}\left(\frac{1}{k}\right)}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right) + \frac{Ce^{-k\tau}}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)}} e^{-\left(\frac{1}{k}\right)}.$$
 (30)

Далее, складывая и вычитая выражения (24) и (25), получим окончательные выражения:

$$\varphi(\eta) a(\eta, \tau) = \frac{u^{+}(\eta) + u^{-}(\eta)}{2} + \frac{Ce^{-k\tau}}{2\varphi\left(\frac{1}{k}\right)} \left[S\left(\frac{1}{k}, \tau\right) v^{+}(\eta) - H\left(\frac{1}{k}, \tau\right) v^{-}(\eta) \right]$$
(31)

$$z(\eta) b(\eta, \tau) = \frac{u^{+}(\eta) - u^{-}(\eta)}{2} + \frac{Ce^{-k\tau}}{2\varphi\left(\frac{1}{k}\right)} \left[S\left(\frac{1}{k}, \tau\right) v^{+}(\eta) + H\left(\frac{1}{k}, \tau\right) v^{-}(\eta) \right].$$
 (32)

4. О конкретной реализации полученных результатов. В полученных выше формулах молчаливо предполагалось, что $\lambda \neq 1$ $(k \neq 0)$. Случай чистого рассеяния ($\lambda = 1$, k = 0) будет рассмотрен ниже, а пока, считая что $\lambda \neq 1$, посмотрим, что дают нам полученные формулы.

Вычисления по формулам (29) и (30) предполагают энание вели-

 $u^{\pm}\left(\frac{1}{L}\right)$ и $v^{\pm}\left(\frac{1}{L}\right)$. Их следует вычислять по формулам:

$$u^{\perp} \left(\frac{1}{k}\right) = 1 + \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) u^{\perp}(\mu)}{1 + k\mu} d\mu,$$

$$u^{\perp} \left(\frac{1}{k}\right) = 1 - \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) u^{\perp}(\mu)}{1 + k\mu} d\mu$$
(33)

$$v^{+}\left(\frac{1}{k}\right) = \frac{1}{2k} + \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{g(\mu)v^{+}(\mu)}{1 + k\mu} d\mu,$$

$$v^{-}\left(\frac{1}{k}\right) = \frac{1}{2k} - \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{g(\mu)v^{-}(\mu)}{1 + k\mu} d\mu,$$
(34)

т. е. достаточно энания этих функций лишь на интервале $0 \leqslant \eta \leqslant 1$.

Для нахождения функций $u^{\pm}(\eta)$ и $v^{\pm}(\eta)$ выпишем ряды Неймана, соответствующих им интегральных уравнений (26) и (27). Тогда:

$$u^{+}(\eta) = \sum_{n=0}^{\infty} u_n(\eta), \quad u^{-}(\eta) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n u_n(\eta)$$
 (35)

7

$$v^{+}(\eta) = \sum_{n=0}^{\infty} v_{n}(\eta), \quad v^{-}(\eta) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{n} v_{n}(\eta).$$
 (36)

Заметим, что из (35) для величин, входящих в окончательные фор-

мулы (31) и (32), имеют место следующие равенства:

$$\frac{u^{+}(\eta) + u^{-}(\eta)}{2} = \sum_{n=0}^{\infty} u_{2n}(\eta), \qquad \frac{u^{+}(\eta) - u^{-}(\eta)}{2} = \sum_{n=0}^{\infty} u_{2n+1}(\eta). \tag{37}$$

Всанчины, как $u_n(\eta)$, так и $v_n(\eta)$, входящие в эти функциональные ряды, очевидно, можно находить из одной и той же интегральной рекурренты, но с разными начальными условиями

$$\begin{pmatrix} u_{n+1} \\ v_{n+1} \end{pmatrix} (\eta) = \frac{\lambda}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) \begin{pmatrix} u_{n} \\ v_{n} \end{pmatrix} (\mu)}{\mu + \eta} d\mu,$$
 (38)

$$u_{\eta}(\eta) = 1, \quad v_{0}(\eta) = \frac{\eta}{1 + k\eta}.$$
 (39)

Ряды (35)—(37) сходятся чрезвычайно быстро, поскольку с ростом n величины u_n и v_n очень быстро стремятся к нулю. Это с очевидностью следует из (28) и (38), если только учесть лишь то, что при $\mu \in [0; 1]$; $1 \le R(\mu) \le \infty$ и $\varphi(\mu) \ge 1$.

Вычисления по формуле (38) не представляют никаких затруднений и после нахождения первых нескольких (в зависимости от требуе: мой точности) величин $u_{\sigma}(\eta)$ и $v_{\sigma}(\eta)$ на интервале $\eta \in [0; 1]$ и в точке $\eta = \frac{1}{k}$ и соответствующих суммирований по формулам (35)—(37)

следуют влементарные вычисления по формулам (31) и (32).

В заключение настоящего раздела отметим также, что при наличии истинного поглощения функции $u^+(\eta)$ и $u^-(\eta)$ можно явным образом выразить посредством функций $u^+(\eta)$ и $u^-(\eta)$. Однако вычислять их таким образом не очень вытодно, поскольку при этом, помимо некоторой громовдкости, возникает необходимость вычисления некоторых (четырех) интегралов (другое дело—случай чистого рассения, когда, как мы увидим ниже, эта связь, до тривиальности, простая). Эта возможность носит скорее всего принципиальный характер.

Из скаванного следует, что для полното аналитического решения проблемы переноса излучения в конечном слое (как это имеет место для полубесконечной среды) необходимо решить в явном виде лишь уравнения (26).

5. Консервативное рассеяние. Для астрофизических приложений наибольший интерес представляет случай консервативного или чистого рассеяния. При этом для получения аналогичных результатов следует в полученных выше формулах совершить предельные переходы $\lambda \to 1(k \to 0)$.

Функции $S\left(\frac{1}{k},\tau\right)$ и $H\left(\frac{1}{k},\tau\right)$, вхедящие в окончательные выражения (31) и (32), согласно определению (4) и (21), равны:

$$S\left(\frac{1}{k}, \tau\right) = 1 - \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{\varphi(\mu, \tau)}{1 + k\mu} d\mu + \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{\psi(\mu, \tau)}{1 + k\mu} d\mu \tag{40}$$

$$H\left(\frac{1}{k}, \tau\right) = 1 - \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{1} \frac{\varphi'(\mu, \tau)}{1 + k\mu} d\mu - \frac{\lambda}{2} \int_{2}^{1} \frac{\psi(\mu, \tau)}{1 + k\mu} d\mu. \tag{41}$$

Полагая в них k=0, $\lambda=1$, получим

$$\lim_{k\to\infty} S\left(\frac{1}{k}, \tau\right) = \psi_0(\tau), \lim_{k\to\infty} H\left(\frac{1}{k}, \tau\right) = 0, \tag{42}$$

поокольку известно, что при чистом рассеянии $\varphi_0(\tau) + \psi_0(\tau) = 1$. Здесь φ_0 и ψ_0 —нулевые моменты φ - и ψ -функций Амбарцумяна.

С учетом (42) выражения (31) и (32) запишутся в виде:

$$\varphi(\eta) \, \alpha(\eta, \, \tau) = \frac{u^{+}(\eta) + u^{-}(\eta)}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \, \psi_{0}(\tau) \, v^{+}(\eta), \tag{43}$$

$$\varphi(\eta) b(\eta, \tau) = \frac{u^{+}(\eta) - u^{-}(\eta)}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \psi_{0}(\tau) v^{+}(\eta). \tag{44}$$

Здесь мы воспольвовались также известным результатом

$$\lim_{k\to w} C/\varphi\left(\frac{1}{k}\right) = \sqrt[k]{3}.$$

Функции $u^{\pm}(\eta)$ и $v^{\pm}(\eta)$ в рассматриваемом случае удовлетворяют следующим уравнениям:

$$u^{+}(\eta) = 1 + \frac{\eta}{2} \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) u^{+}(\mu)}{\mu + \eta} d\mu, \quad u^{-}(\eta) = 1 - \frac{\eta}{2} \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) u^{-}(\mu)}{\mu + \eta} d\mu \quad (45).$$

$$v^{+}(\eta) = \eta + \frac{\eta}{2} \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) v^{+}(\mu)}{\mu + \eta} d\mu, \quad v^{-}(\eta) = \eta - \frac{\eta}{2} \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) v^{-}(\mu)}{\mu + \eta} d\mu, \quad (46)$$

причем они свяданы друг с другом следующим образом:

$$v^{+}(\eta) = \eta \frac{u^{-}(\eta)}{u^{-}(\infty)}, \qquad v^{-}(\eta) = \eta \frac{u^{+}(\eta)}{u^{+}(\infty)}.$$
 (47)

В этих выражениях:

$$u^{+}(\infty) = 1 + \frac{1}{2} \int_{0}^{1} g(\mu) u^{+}(\mu) d\mu,$$

$$u^{-}(\infty) = 1 - \frac{1}{2} \int_{0}^{1} g(\mu) u^{-}(\mu) d\mu.$$
(48)

Получение результата (47) тривиально и сводится к применению следующего стандартного приема: к множителю п в (45) прибавляется и отпимается пеличина и, затем, после почленного деления на µ+п и умножения на п, получившиеся уравления сравниваются с (46).

Вычислення по формулем (43) и (44) подразумевают и знание нулевого момента ф-функции Амбарцумяна. Для ее нахождения обратимся к формуле (29), откуда, с учетом (42), следует

$$\psi_0(\tau) = u^+(\infty)/X,\tag{49}$$

где $u^+(∞)$ даєтся первой на формух (48), а через X обозначено

$$X = \lim_{k \to 0} \left[\varphi \left(\frac{1}{k} \right) - \frac{Ce^{-k\tau}}{\varphi \left(\frac{1}{k} \right)} v^{+} \left(\frac{1}{k} \right) \right]. \tag{50}$$

Для нахождения этого предела воспользуемся уравнением для функции Амбарцумяна, полученным в [16], которое, кстати, следует и из (22) при τ =0 '(для чистого рассеяния оно было найдено В. Г. Буславским [17])

$$\varphi(\eta) = 1 + \frac{C\eta}{\varphi\left(\frac{1}{k}\right)\left(1 + k\eta\right)} + \frac{\lambda}{2}\eta\int_{0}^{1} \frac{d\mu}{R(\mu)\varphi(\mu)(\mu + \eta)}.$$
 (51)

Полагая в нем $\eta = \frac{1}{k}$ и устремив $k \rightarrow 0$ легко видеть, что

$$\lim \left[\varphi \left(\frac{1}{k} \right) - \frac{Ce^{-k}}{2k\varphi \left(\frac{1}{k} \right)} \right] = 1 + \frac{1}{2} \int_{0}^{1} \frac{d\mu}{R(\mu) \varphi(\mu)}. \tag{52}$$

Кроме того, воспользования разложениями (при малых k) $e^{-k\tau} = 1 - k\tau + ...$ и

$$v^{+}\left(\frac{1}{k}\right) \approx \frac{1}{2k} + \frac{1}{2} \int_{0}^{1} g(\mu) v^{+}(\mu) d\mu - \frac{k}{2} \int_{0}^{1} ...,$$
 (53)

следующим из (33), в также изничным ин теории результатом

$$1 + \frac{1}{2} \int_{0}^{1} \frac{d\mu}{R(\mu) \, \Psi(\mu)} = \sqrt{3} \, c(\infty), \qquad (54)$$

после небольших выкладок, получим

$$X = \frac{\sqrt{3}}{2} \left[2q(\infty) + \epsilon - 2f(\epsilon) \right]. \tag{55}$$

Здесь $q(\infty)$ —значение функции Хопфа на бесконечности, а через $I(\tau)$ обозначено интегральное слагаемое правой части (53), которос, в силу (47), можно записать посредством функции $u^-(\eta)$ в виде

$$I(z) = \frac{1}{2u^{-}(\infty)} \int_{0}^{z} g(\mu) \mu u^{-}(\mu) d\mu, \qquad (56)$$

а окончательное выражение для $\psi_0(\tau)$ будет выглядеть так:

$$\psi_0(\tau) = \frac{2u^+(\infty)}{\sqrt{3} \left[2q(\infty) + \tau - 2I(\tau) \right]}.$$
 (57)

 Λ юбопытно сравнить полученное точное выражение для $\psi_0(\tau)$ с ее известным асимптотическим выражением (для оптически толстого слоя)

$$\psi_0^{a*}\left(\tau\right) = \frac{2}{\sqrt{3}\left[2q\left(\infty\right) + \tau\right]}.$$

Такое сравнение дает возможность как для оценки точности асимптотических формул, так и для получения тонких жритериев для области их применения.

Таким образом, в случае чистого рассеяния, повтапное нахождение функций $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$ сводится с следующей процедуре. Вначале находятся несколько (в зависимости от требуемой точности) величин a_n из интегральной рекурренты

$$u_{n+1}(\eta) = \frac{1}{2} \eta \int_{0}^{1} \frac{g(\mu) u_{n}(\mu)}{\mu + \eta} d\mu$$
 (58)

с начальным условием $u_0(\eta) = 1$. Далее, строятся функциональные ряды: $u^+(\eta) = 1 + u_1(\eta) + u_2(\eta) + \dots$, $u^-(\eta) = 1 - u_1(\eta) + u_2(\eta) - \dots$ (59)

$$\frac{u^{+}(\eta) + u^{-}(\eta)}{2} = 1 + u_{2}(\eta) + u_{4}(\eta) + \dots,$$

$$\frac{u^{+}(\eta) - u^{-}(\eta)}{2} = u_{1}(\eta) + u_{3}(\eta) + u_{5}(\eta) + \dots$$
(60)

и после вычисления интегралов по формулам (48) и (56) находятся величины $u^{\pm}(\infty)$ и $I(\tau)$, а величина $v^{\pm}(\eta)$ из (47). В конце, после построения величины $\psi_0(\tau)$ по формуле (57), следуют вычисления по формулам (43) и (44).

Следует отметить, что при чистом рассеянии сходимость функциональных рядов (59), (60) примерно такая же, как и в случае рассеяния с истинным потлощением, ибо малая норма ядер интегральных уравнений (26), (27), (45), (46) (или рекуррент (38), (58)) обусловлена отнюдь не величиной λ , а прежде всего весовой функцией $g(\mu)$.

6. Ивотропное рассеяние с учетом частотного перераспределения. Случай рассеяния монохроматического ивлучения, с точки эрения астрофизических приложений, представляет ограниченный интерес. При исследовании таких актуальных для астрофизики задач, как образование

спектральных линий, очевидно, необходимо учитывать частотное перераспределение. Полученные выше результаты легко распространяются на, так называемый, случай полного перераспределения по частоте (ППЧ). Этого, разумеется, следовало ожидать, поскольку почти все результаты, полученные для монохроматического рассеяния, имеют свои аналоги для (ППЧ) (см. работы В. В. Иванова [18, 19]).

В рассматриваемом случае явное выражение резольвентной функции конечного слоя имеет вид

$$\Phi\left(\tau,\,\tau_{0}\right) = \frac{\lambda}{2} \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} \frac{e^{-\frac{\tau}{z}}a\left(z,\,\tau\right) - e^{-\frac{\tau_{0} - \tau}{z}}b\left(z,\,\tau\right)}{zR(z)} G\left(\frac{z}{1 - \beta z}\right) dz, \quad (6.1)$$

в котором:

$$a(z, \tau) = 1 - \frac{\lambda}{2} \epsilon \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} \frac{X(z', \tau)}{z' + z} G\left(\frac{z'}{1 - \beta z'}\right) dz',$$

$$b(z, \tau) = \frac{\lambda}{2} z \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} \frac{Y(z', \tau)}{z' + z} G\left(\frac{z'}{1 - \beta z'}\right) dz',$$
(6.2)

$$R(z) = T^2(z,\beta) + \left[\frac{\lambda \pi z}{2}G\left(\frac{z}{1-\beta z}\right)\right]^2$$
, остальные обозначения идентичны

обовначенням в [18]. Интегральное представление (6.1) можно получить разными способами, например, решив основное интегральное уравнение теории переноса для резольвентной функции конечного слоя методом, аззвитым в [12] (кстати, этот метод уже нами применялся в аналогичной задаче при анизотропном рассеянии [20]), однако проще всего воспользоваться явным выражением Φ^{∞} (τ)—резольвентной функции бесконечной среды, полученной Д. И. Нагирнером [21] и, подставив в выражение, связывающее Φ^{∞} (τ) с $\Phi(\tau, \tau_0)$ (см. [18, 19]), провести интегрирование по оптической тлубине аналитически.

Функции $a(z, \tau)$ и $b(z, \tau)$, посредством которых явно выражаются не только $\Phi(\tau, \tau_0)$, но любая характеристика поля излучения, межно найти изложенным выше методом, руководствуясь, при этом вероятностным толкованием характеристик поля излучения, выявленным В. В. Ивановым в [19].

Ниже мы приведем лишь узловые формулы без их выводов (совершенно идентичных таковым для монохроматического рассеяния):

$$H(z) = X(z, \tau) + \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} Z(\tau, z, z') Y(z', \tau) G\left(\frac{z'}{1 - \beta z'}\right) dz',$$

$$\frac{4\pi}{\lambda} P(\tau, z) = Y(z, \tau) + \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} Z(\tau, z, z') X(z', \tau) G\left(\frac{z'}{1 - \beta z'}\right) dz'.$$
(6.3)

Здесь

$$Z(\tau, z, z') = z \frac{2\pi P(\tau, z) + \frac{\lambda}{2} H(z) \widetilde{F}(\tau, z')}{z + z'},$$

$$\widetilde{F}(\tau, z) = zH(z) \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} \frac{2\pi P(\tau, z')}{z' + z} G\left(\frac{z'}{1 - \beta z'}\right) dz'.$$
(6.4)

Явное выражение \widetilde{F} посредством H-функции имеет вид:

$$\widetilde{F}(\tau, z) = \frac{\lambda}{2} z \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} \frac{e^{-\frac{\tau}{z'}} G\left(\frac{z'}{1-\beta z'}\right)}{R(z')H(z')(z+z')} dz'. \tag{6.5}$$

С испольвованием (6.3)—(6.5) получаются следующие основные выражения для функций $\alpha(z, \tau)$ и $b(z, \tau)$:

$$H(z) a(z, z) = 1 + \frac{\lambda}{2} z \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} \frac{e^{-\frac{z}{\beta}} b(y, z) G\left(\frac{y}{1-\beta y}\right)}{R(y) H(y) (y+z)} dy \qquad (6.6)$$

$$H(z) b(z, \tau) = \frac{\lambda}{2} z \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} \frac{e^{-\frac{\tau}{y}} a(y, \tau) G\left(\frac{y}{1 - \beta y}\right)}{R(y) H(y) (y + z)} dy. \tag{6.7}$$

Введем обозначения

H

$$H(z)[a(z,\tau)+b(z,\tau)]=u^{+}(z), H(z)[a(z,\tau)-b(z,\tau)]=u^{-}(z)$$
 (6.8)

 $g(y) = \frac{e^{-\frac{\pi}{y}} G\left(\frac{1}{1 - \beta y}\right)}{R(y) H^{2}(y)}.$ (6.9)

Величины $u^+(z)$ и $u^-(z)$ (они, как и весовая функция g(y), конечно же зависят от оптической толщины, однако явную зависимость от нее будем опускать), как это следует из (6.6) и (6.7), должны удовлетворять следующим раздельным линейным интегральным уравнениям:

$$u^{+}(z) = 1 + \frac{\lambda}{2} z \int_{0}^{\frac{1}{\beta}} \frac{u^{+}(y) \cdot (y)}{y + z} dy$$
 (6.10)

 $u^{-}(z) = 1 - \frac{\lambda}{2} z \int_{0}^{1} \frac{u^{-}(y) g(y)}{y + z} dy.$ (6.11)

Выписав ряды Неймана этих уравнений замечаем, что в окончательные выражения искомых функций будут входить лишь последовательные приближения уравнения (6.10).

$$a(z, \tau) = \frac{1}{H(z)} [1 + u_1(z) + u_4(z) + \dots],$$

$$b(z, \tau) = \frac{1}{H(z)} [u_1(z) + u_3(z) + u_5(z) + \dots].$$
(6.12)

сооветственно, четные и нечетные члены ряда. Другими словами, для нахождения функций $a(z, \tau)$ и $b(z, \tau)$ нет необходимости в нахождения двух функций $u^+(z)$ и $u^-(z)$, а достаточно лишь найти величины $u_n(z)$ с помощью интегральной рекурренты

$$u_{n+1}(z) = \frac{\lambda}{2} z \int_{0}^{\frac{1}{y}} \frac{u_{n}(y) g(y)}{y+z} dy.$$
 (6.13)

 α начальным условнем $u_0(z)=1$.

Как видим, формулы, полученные с учетом частотного перераспределения, формально вытлядят проще, по сравнению с таковыми при монохроматическом рассеянии. Очевидно, что это вызвано отсутствием полюсных членов в явных выражениях резольвентных функций, т. к. при частотном перераспределении характеристическая функция $T\left(\frac{1}{s},\beta\right)$ не имеет корней в комплексной плоскости (Д. И. Нагирнер, 1966; не опубликовано) [18, 22].

7. Заключение. Результаты, полученные выше, в совокупности с полученными нами ранее в [1], позволяют довольно простыми средствами находить характеристики поля излучения в среде конечной оптической толщины. Это стало возможным, в первую очередь, благодаря введению функций $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$ и выявлению их роли в теории переноса излучения, а также получению для сопутствующих им функций u^+ и праздельных, линейных, быстросходящихся интегральных уравнений.

Методика, предлагаемая нами для решения задач переноса излучения в конечном слое, состоит из трех втапов. Вначале вычисляется функции Амбарцумяна (или ее обобщения) для полубесконечной среды. На втором втапе, изложенным выше методом, находятся функции $a(\eta, \tau)$ и $b(\eta, \tau)$ для слоя толщины τ . И, наконец, с помощью явных выражений [1], путем осуществления одной или двух квадратур по угловой переменной, находятся искомые величины. Для аналогичных задач рассеяния в полубесконечной среде второй этап выпадает (точнее, совпадает с первым).

В настоящее время вычисление функции Амбарцумяна не является проблемой, поскольку для нее известны явное интегральное представление [23], четыре качественно различных уравнения [2, 16, 24, 25], не считая их модификаций. Вопрос состоит лишь в выборе способа, позволяющего находить ее значения быстро и с большой точностью, поскольку она, будучи исходной, участвует в дальнейших интегрированиях. Видимо, выяснению втого вопроса следует посвятить отдельное исследование.

Что касается расширения крута задач с привлечением для их решения методики, разработанной в [1] и в настоящей статье, то нам оно видится для случасв внизотропного рассеяния и с частичным перераспределением по частоте в спектральной линии.

Пользуясь случаєм, выражаю искреннюю благодарность О. В. Пижичяну за переработку первоначального варианта статьи и неоднократные обсуждения по существу.

Бюраканская астрофизическая обсерватория

ON THE STUDY OF ISOTROPIC SCATERING IN THE PLANE SLAB. THE METHOD OF SEPARATED LINEAR INTEGRAL FOUATIONS

E. KN. DANIELIAN

In one of the author's papers [1] exact integral representations for the basic characteristics of the field of diffuse radiation in the slab with finite optical thickness have been obtained by means of some functions $a(\eta, \tau)$ and $b(\eta, \tau)$. In the present paper, which is the logical continuation of [1] it has been shown that for the determination of these functions it is sufficient to solve only two separated, fast-convergent, linear integral equations with very simple structure of the kernel.

The case of isotropic, monochromatic scattering, as well as of complete redistibution one over the frequency in the spectral line are considered. The case of conservative scattering is considered in detail. The obtained analytical results considerably simplify the analysis and the numerical solution of the problems of transfer theory in the finite slab.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Э. Х. Дицелян. Астрофизика, 19, 335, 1983.
- 2. В. А. Амбарцумян, Научные труды, т. І, Еревен, 1960.
- 3. С. Д. Гугшабаш, Вести. ЛГУ, № 1, 158, 1957.
- 4. T. W. Mullikin, Proc. Interdisciplinary Conference Electromagnetic Scattering, Univ. Masachusets, 1965, p. 697.
- 5. H. H. Kagiwada, R. E. Kalaba, Astrophys. J., 147, 391, 1967.
- 6. Э. Х. Даниелян, М. А. Мнацаканян, Сообщ. Бюреккан. обсерв., 46, 101, 1975.
- 7. Э. Х. Даниелян, Астрофивика, 12, 579, 1976.
- 8. Э. Г. Яновицкий, Дока. АН СССР, 227, 1319, 1976.
- 9. Э. Х. Даниелян, О. В. Пикичян, Астрофизика, 13, 275, 1977.
- 10. О. В. Пихичян, Астрофизика. 14, 169, 1978.
- 11. И. Н.Минин, Докл. АН СССР, 120, 63, 1958.
- 12. Н. Н. Розовцов, А. М. Самсон, Ж. прикладн. спектроскоп., 25, 512. 1976.
- 13. В. В. Соболев, Дока. АН СССР, 69, № 3, 353, 1949.
- 14. С. Чандрасекар, Перенос лучистой энергии, ИЛ, М., 1953.
- 15. Р. Р. Андреасян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 50, 79, 1978.
- 16. Р. Р. Андреасян, Э. Х. Даниелян, Сообщ. Бюржжая. обсерв., 50, 114, 1978.
- 17. В. Г. Буславский, Ивв. Крым. обсерв., 35, 81, 1966.
- 18. В. В. Иванов, Перевос излучения и спектры небесных тел, Наука, М., 1969.
- 19. В. В. Иванов, Астрон. ж., 41, 44, 1964.

- 20. Э. Х. Даниелян, Аспрофизика, 19. 711, 1983.
- 21. Д. И. Нагирнер, Астрон. ж., 41, 669, 1964.
- 22. Ю. Ю. Абрамов, А. М. Дихис. Л. П. Непартович, Астрофизика, 3, 459, 1967.
- 23. В. А. Фок, Матем. сб., 14, 1-2, 3, 1944.
- 24. В. В. Соболев, Докл. АН СССР, 61, № 5, 803, 1948.
- 25. К. М. Кейв, П. Ф. Цвайфель, Авиейнъя теория переноса. Мюр. М., 1972.

АСТРОФИЗИКА

TOM 36

MAH, 1993

выпуск 2.

УДК: 52: 531.51

ОТО ЯВЛЯЮТСЯ ЧАСТНЫМИ РЕШЕНИЯМИ БСТТ

А. А. СААРЯН

Поступиле 3 спрота 1992

Принята в почати 3 сентября 1992

Показано, что уравнензя бимегрической скалярно-тензорной теории гравитации (БСТТ) имнот сформисски-симистричные рашения с постоянным скалярным полем опредолжение ту же глометрию искранатного прострачетва-премени, ито и в ОТО На доли та ими мотрим соответствующего фонолого (илоского) пространства-премени.

Биметрическая скалярно-тенворная теория (БСТТ) относится к классу метрическим теорий гравитации, обладающих предпочтительней геометрией. От сбычных скалярно-тенворных теорий (СТТ) она отличается налигием, наряду с динамическими метрикой g_{ik} и травитационным скаляром ϕ , плоской фоновой метрики τ_{ik} . Уравнения гравитационного поля в БСТТ имеют вид [1, 2].

$$\varphi R_{ik} + \varphi_{,n} \overline{\Gamma}_{ik}^{n} - \varphi_{,(i} \overline{\Gamma}_{k)n}^{n} - \zeta(\varphi) \gamma_{,i} \varphi_{,k}/\varphi = T_{ik} - g_{ik} T/2, \qquad (1a)$$

$$2\zeta \varphi_{in}^{n} + (d'/d\phi - \zeta/\phi) \varphi_{in}^{n} \varphi_{in} + \varphi \Lambda_{g} = 0, \qquad (16)$$

где $\phi_{,i} = \partial \phi / \partial x^i$, точка с запятой—ковариантная производная по g_{ik} , а кругамс скобки в первом случае означают симметризацию соответствующего выражения по индексам i и k.

$$\Lambda_g = g^{ik} (\overline{\Gamma}_{ik}^l \overline{\Gamma}_{kl}^n - \overline{\Gamma}_{lk}^l \overline{\Gamma}_{la}^n), \quad \overline{\Gamma}_{ik}^l = \Gamma_{ik}^l - \overline{\Gamma}_{lk}^l, \tag{2}$$

 Γ_{ik}^I и Γ_{ik}^I — символы Кристоффеля для метрик g_{ik} и γ_{ik} , соотсетственно. Уравнения же нсгратитационной материи здесь те же, что
и в ОТО (как и в любой метрической теории). Заметим, что, воспользовавшись сверткой (1a) и

6-47

$$R = \Lambda_g + \overline{w}_n^n, \quad \overline{w}^i = w^i - w^i = g^{mn} \overline{\Gamma}_{mn}^i = g^{im} \overline{\Gamma}_{mn}^n, \tag{3}$$

уравнение (16) можно представить в виде

$$(2\zeta\varphi^{,n}-\varphi\overline{w}^{n})_{;n}-\varphi_{,n}\varphi^{,n}d\zeta/d\varphi=T. \tag{16'}$$

Рассмотрим решения системы (1) с постоянным скалярным полем

$$\varphi = \varphi_0 = \text{const}, \tag{4}$$

когда она принимает вид

$$\varphi_0 R_{tk} = T_{tk} - T g_{tk} 2, \qquad (5a)$$

$$\varphi_0 \overline{w}_n^n = -T. \tag{56}$$

Первое из этих уравнений не содержит фоновую метрику, и при фо— 1/8π G, G—ньютоновская гравитационная постоянная, совпадает с уравнением Эйнштейна ОТО. Во втором же уравнением, помимо g_{th} и материальных переменных, фигурирует также τ_{th} В общем случае эта метрика зависит от четырех произвольных функций, определяющих моординатную систему в фоновом пространстве—времени. Таким образом, вопрос о существовании решений БСТТ типа (4) сводится к следующему [4]: можно ли подбором этих функций удовлетворить единственному уравнению (56) при заданных решениях уравнений Эйнштейна? Покажем сначала, что когда обе метрики статические этого сделать нельзя. Действительно, в статическом случае, как показано в [3], на больших расстояниях от гравитирующей системы

$$\varphi = \varphi_0 (1 + r_0/r + ...)$$

где

$$r_0 = \frac{1}{4\pi \varphi_0 \zeta} \int T_i^i \sqrt{-g} \, d^n x, \quad i = 1 - 3.$$

Так как, вообще говоря, $r_0 \neq 0$, то гравитационный скаляр не может быть постоянным.

В [4] найдены частные решения системы (5) для плоской космологической модели Фридмана. Например, одно из решений имеет вид

$$g_{00} = 1$$
, $g_{ik} = \gamma_{ik} = -b^2(t)\delta_{ik}$,

$$\gamma_{oo} = 1 - \left(\frac{db}{dt}\right)^2 \delta_{ik} x^i x^i, \quad \gamma_{oi} = -b \frac{db}{dt} \delta_{ik} x^k, \quad i, \ k = 1 - 3,$$

 r_{Ae} b(l)—решение уравнений Эйнштейна (см., например, [5]).

Ниже мы рассмотрим решения (56) для сферически-симметричногораспределения гравитирующих масс, когда решения уравнений (5a) можно представить в виде

$$g_{th} = \operatorname{diag}(e^{\nu}, -e^{\lambda}, -r^2, -r^2 \sin^2 \theta), \quad \nu = \nu(t, r), \quad \lambda = \lambda(t, r). \quad (6)$$

Из уравнений для v и λ следуют следующие неравенства [5]:

$$v' + \lambda' > 0$$
, $v + \lambda < 0$, $e^{\lambda} > 1$, $e^{\nu} < 1$, (7)

где штрих означает производную по r. Пусть фоновая метрика γ_{ik} получается из метрики $\overline{\gamma_{ik}} = \mathrm{diag}\,(1,-1,-\overline{r^2},-\overline{r^2}\sin^2\overline{b})$ преобразованием координат

$$\overline{t} = T(t, r), \quad \overline{r} = R(t, r), \quad \overline{\theta} = \theta, \quad \overline{\varphi} = \varphi.$$
 (8)

Она имеет вид

$$\gamma_{ik} = T_{,i} T_{,k} - R_{,i} R_{,k}, \quad i, k = 0, 1,$$

$$\gamma_{22} = -R^2, \quad \gamma_{23} = -R^2 \sin^2 \theta,$$
(9)

остальные компоненты равны нулю. Обратная метрика определяется из $\gamma^{lm}\gamma_{mk}=\delta^l_k$ и равна

$$\gamma^{00} = -\gamma_{11}/A^2, \quad \gamma^{11} = -\gamma_{00}/A^2, \quad \gamma^{01} = \gamma_{01}/A^2,$$

$$\gamma^{22} = -1/R^2, \quad \gamma^{33} = -1/R^2 \sin^2 \theta,$$

$$A = (\gamma_{01}^2 - \gamma_{00} \gamma_{11})^{1/2} = T_0 R_1 - T_1 R_0.$$

Для этих γ_{ik} , с учетом (6), уравнение (56) принимает вид

$$\widetilde{w}_{,0}^{0} + \widetilde{w}_{,1}^{1} + \left(\frac{2}{r} + \frac{\nu' + \lambda'}{2}\right)\widetilde{w}^{1} + \frac{\widetilde{\nu} + \lambda}{2}\widetilde{w}^{0} =$$

$$= \frac{2 \cdot e^{-\lambda}}{r} \left(\nu' + \frac{1}{r}\right) + \frac{2}{r^{2}},$$
(10)

$$Aw^{0} = e^{-\lambda} (T'R'' - T''R') +$$

$$+ e^{-\nu} (T'R - TR' - \frac{2R}{R}A) - \frac{2}{r^{2}}RT',$$

$$Aw^{1} = e^{-\nu} (TR - TR) +$$

$$+ e^{-\lambda} (T'R' - T'R' + \frac{2R'}{R}A) + \frac{2}{r^{2}}RT,$$

а точка означает производную по времени. Прежде всего заметим, что уравнение (10) имеет вакуумное решение

$$T(t, r) = t, \quad R(t, r) = r.$$
 (11)

В этом нетрудно убедиться, имея в виду, что в вакууме $\nu' + \lambda' = 0$. Таким образом, уравнения БСТТ имеют частные сферически-симметричные вакуумные решения

$$\gamma_{tk} = \operatorname{diag}(1, -1, -r^{2}, -r^{2} \sin^{2} \theta), \quad \varphi = \varphi_{0} = \operatorname{const}$$

$$g_{tk} = \operatorname{diag}\left(1 - \frac{r_{s}}{r}, -\frac{1}{1 - r_{s}/r}, -r^{2}, -r^{2} \sin^{2} \theta\right).$$
(12)

. Для нахождения частных решений (10) в области, занятой материей, можно вафиксировать функцию R(t, r) = r. В этом случае для T(t, r) получим уравнение

$$\frac{\dot{T}'''}{\dot{T}'} + \frac{\dot{T}'}{\dot{T}} \left[\frac{2}{r} \left(e^{\lambda} - 1 \right) + \frac{\lambda' - \nu'}{2} \right] - \frac{T''}{\dot{T}} \left(\frac{\dot{\lambda} - \dot{\nu}}{2} + \frac{\ddot{T}}{\dot{T}} \right) - \frac{2e^{\lambda}}{r} \frac{T'}{\dot{T}} \left(\frac{\ddot{T}}{\dot{T}} - \frac{\dot{\nu} + \dot{\lambda}}{2} \right) = \frac{\lambda' + \nu'}{r} \left(e^{\lambda} - 1 \right).$$

В статическом случае оно имеет частное решение T = tF(r), где

$$2\frac{F'}{F} = -\frac{\lambda' - \nu'}{2} - \frac{2}{r} (e^{\lambda} - 1) \pm \left\{ \left[\frac{\lambda' - \nu'}{2} + \frac{2}{r} (e^{\lambda} - 1) \right]^{3} + \frac{4(\lambda' + \nu')}{r} (e^{\lambda} - 1) \right\}^{1/2}$$
(13)

Заметим, что вследствие (7) подкоренное выражение всегда положительно. В вакууме, наряду с F = const (верхний знак, см. (12)), получим также решение F = const/(1 — r_s/r). Таким образом, мы показали, что уравнения БСТТ имеют сферически-симметричные решения

$$g_{00} = e^{\gamma}, \quad g_{11} = -e^{\lambda}, \quad g_{32} = \gamma_{22} = -r^2, \quad g_{33} = \gamma_{33} = -r^2 \sin^2 \theta$$

 $\gamma_{00} = F^2, \quad \gamma_{01} = tFF', \quad e_1 = -1 + t^2 h^2, \quad \varphi = \text{const},$ (14)

где F определяется из (13), а v=v(r) и $\lambda=\lambda(r)$ являются решениями уравнений Эйнштейна. Отметим, что помимо решений (14) БСТТ имеет также сферически-симметричное решение с ϕ =const [2], т. е., в отличие от ОТО, здесь теорема Биркгоффа (см., например, [6]), неверна.

Автор выражает благодарность Л. Ш. Гритодяну за ценные обсуждения и поддержку.

Институт прикладных проблек физики АН Республики Аркепия

SPHERICAL-SYMMETRIC SOLUTIONS OF GR ARE PARTIAL SOLUTIONS OF BSTT

A. A. SAHARIAN

It is shown that the equations of the Bimetric Scalar-Tensor Theory of Gravitation (BSTT) have spherical-symmetric solutions with constant scalar field which determine the same geometry of the curved space-time as in GR. The metric tensor of the background (flut) spacetime is also found.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. А. А. Саарян, Л. Ш. Григорян, Астрофизика, 32, 491, 1990.
- 2. L. Sh. Grigeri n. A. A. Suhartan, Astrophys. and Space Sci., 167, 271, 1991.
- 3. М. Р. Аванян, Л. Ш. Григорян, А. А. Саарян, Астрофизика, 34, 265, 1991.
- 4. А. А. Саарян, Л. Ш. Григорян, Тр. IV семинара "Гравитационная внергия и гравитационные волны", Дубна, 1992, стр. 193.
- 5. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Теория поля, Наука. М., 1973.
- .6. С. Вейнберг, Гравигация и космология, Мир. М., 1975.

МАЙ, 1993

выпуск 2

УДК 524.3:521.1

КИНЕМАТИКА ЗВЕЗД В ФИГУРАХ КОВАЛЬСКОГО-КАПТЕЙНА. III

Г. Б. АНИСИМОВА

Поступила 24 ноября 1992 Принята в печатя 25 декабря 1992

Псаярные днаграммы позиционных углов собственных движений звезд ярче $V=9^m\,0$ из каталога SAO использованы для проверхи методом X^2 гипотезы валипсо-идальности распределения скоростей адеяд. Она подтвердилась в качестве первого приблимения. Отклонения от ϕ -жого распределения имеют локальный характер и связаны с локальной структурой в окрестностях Солица.

1. Введение. В первой части работы [1] предпринята модификация метода анализа полярных диаграмм повиционных углов собственных движений звезд или фигур Ковальского-Каптейна (ФК-К). Во второй части работы [2] метод применен для определения глобальных жинематических параметров: координат солнечного апекса L_{\odot} , B_{\odot} , оортовских постоянных галактического вращения A и ω , долготы вертекса l_{\odot}

и отношений полуосей эллитисоида скоростей
$$\frac{\sigma_b}{\sigma_a}$$
 и $\frac{\sigma_c}{\sigma_a}$.

Близость полученных значений параметров к стандартным, найденным другими методами, свидетельствует о работоспособности метода ФК-К и о возможности использовать его в решении других задач звездной кинематики. В настоящей, третьей части работы проведем проверку влаипсоидальности распределения скоростей звезд и рассмотрим локальные особенности кинематики.

Гикотеза эллипсоидальности возникла при изучении ФК-К. Ее предложил в 1907 т. К. Шварцшильд [3] как обобщение сферического распределения Максвелла: та же экспоненциальная функция при вллипсоидальном аргументе вместо сферического. В дальнейшем Чандрасекар [4] пришел к выводу, что обобщить можно и функцию, сохранив вллипсоидальность аргумента. Отородников [5] назвал такое распределение чандрасекаровским. Виду функции можно придать ту или иную форму

с целью наиболее адекватного описания наблюдений. Например, Шапова [6] использовала форму функции Планка, сохранив валипсондальность аргумента. Независимо от конкретной формы чандрасскаровского. распределения, ее уровенной поверхностью является эллипсоид пространственных скоростей. Если ограничиться тангенциальными скоростями (пекулярными), получим проекцию валипсонда-валипс. Дальнейшие огоаничения-наблюденными собственными движениями звезд на заданной площадке неба или их позиционными углами-приводят к некоторой деформации вллипса в качестве уровенной кривой распределения. Такими деформированными валипсами описывал ФК-К Шварцшильд. В [1, 2] обращено внимание на то, что на малых площадках неба, где можно пренебречь различиями в систематических эффектах (в параллактическом движении, галактическом вращении и др.) деформации должем быть негначительными и СК-К, для простоты, можно аппроксимировать влаинсом. Если окажется, что ФК-К мало отличаются от валипсов, то тем самым будет оправдано данное приближение и, что важнее, подтвердится гипотеза эллипсондальности распределения скоростей. Если же окажется, что расхождения многочисленны и существенны, то это может иметь различные объяснения.

Ниже покажем, что истина ближе к первому случаю.

Подтверждение эллипсондальности распределения в отдельных участках неба инчего не говорят о его постоянство при переподе от одини областей к другим. Этот вопрес, представляющий большой интерес для звездной динамики, рабно как для описания пространственно-кинематической структуры Галактики, также может решаться на основании анализа ФК-К.

Решение определяется характером изменсния элемситов ФК-К в вависимости от координат площадок, соответствует ли он теоретически ожидаемому при постоянных параметрах эллипсоида скорестей и других систематических эффектов.

В данной статье показано, что существенные вариации параметров имеются даже в раднусе сотен парсеков вокруг Солнца. При этом удается поставить в соответствие кинематические и структурные вариации.

2. О качестве аппроксимации ФК-К элипсами. Поставленные выше вадачи решаются на основании данных наблюдений, описанных и обработанных в [2]. Они относятся примерно к 1/4 неба, разделенной на 44 площадки. Соответственно было построено 44 ФК-К по собственным движениям (µ) ярких врезд (до 9 m) из каталога SAO [7] Среднее число звезд в площадке равно 422 при общем числе звезд в них 18569.

Каждая ФК-К с полюсом $0 (\mu_z = 0, \mu_z = 0)$ содержит 12 секторов со средними позиционными углами $\phi_i = 15^\circ (2i-1)$. Длина вектора i-й

вершины фигуры пропорциональна числу звезд в секторе n_1 $\Delta p_i = 30^\circ$.

Центр тяжести фигуры С имеет координаты (R_c, τ_c) . При параллельном переносе начала координат к точке С полярные координаты вершии становятся (δ_i, τ_i) . Если τ_i отсчитывается от круга склонения центра площадки (где $\mu_c > 0$) в стороку роста прямых воскомлений (и μ_c), то τ_i отсчитывается от параллели (где $\mu_c > 0$) по часовой стрелке к радиусу-вектору δ_i . (δ_i, τ_i) можно выразить через наблюдаемые координаты (π_i, τ_i) и координаты точки C:

$$\delta_{i}\cos v_{i} = n_{i}\sin \varphi_{i} - R_{c}\sin \varphi_{c},$$

$$\delta_{i}\sin v_{i} = -n_{i}\cos \varphi_{i} + R_{c}\cos \varphi_{c}$$
(1)

нли

$$[\delta_i(\mathbf{v}_i)]^2 = n_i^2 + R_i^2 - 2n_i R_i \cos(\varphi_i - \varphi_i). \tag{2}$$

Ниже используется угол ψ_i относительно галактической параллели, имеющей позиционный угол ϕ_i . C_i они связаны соотношением

$$\psi_i = 270^\circ + \varphi_i - v_i; \quad \delta(\psi_i) \equiv \delta(v_i). \tag{3}$$

Следует заметить, что если исе $\Delta \phi_i$ одинаконы (=30°), то соответствующие им $\Delta v_i = \Delta \psi_i$ варьируются в зависимости как от (n_i, ϕ_i) , так и от (δ_i, v_i) . ФК-К, т. е. совокупность векторов $\delta_i(v_i)$ в данной площадке, аппроксимируем эллянсом с центром $C(R_i, \phi_i)$ и элементсями: δ_b — малой полуосыю, ϵ — вкецентром втатом и ϕ_a — полиционавым углом большой полуоси. Радиус-вектор эллинся в направлении v_i равен

$$\delta_{R_i} = \hat{o}_{h} \left[1 - e^2 \sin^2 \left(v_i - \phi_n \right) \right]^{-1/2}. \tag{4}$$

При определении δ_b учитываем равенство площадей вллипса и $\mathbf{\Phi}\mathbf{K}$ - \mathbf{K} :

$$\pi \, \delta_i^2 \, (1 - e^2)^{-1/2} = \frac{1}{2} \, \sum_{i=1}^{12} \, n_i n_{i+1} \sin \left(\varphi_{i+1} - \varphi_i \right). \tag{5}$$

Значения всех пяти элементов в каждой площадке представлены в [2]. По (2) и (5) находим разности

$$\Delta \delta_i = \delta_i - \delta_{Ei} \text{ mpu } i = 1, 2, ... 12.$$
 (6)

Качество аппроксимации определяем по критерию Х2:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{12} (\Delta \delta_i)^2 / \delta_{Ei} \,. \tag{7}$$

Учитывая, что из данных наблюдений определялись 5 параметров, число степеней свободы

$$f = 12 - 1 - 5 = 6.$$

Bce $\delta_i > 10$.

В табл 1 приведены значения χ^2 и P—вероятности для наблюденного χ^2 превысить при данном f табличные χ^2 из [8]. Координаты центров пронумерованных площадок содержатся в [2].

Таблица 18
СОПОСТАВЛЕНИЕ НАБЛЮДАЕМЫХ ФК-К С АППРСАСИМИРУЮЩИМИ
ИХ ЭЛЛИПСАМИ МЕТОДОМ 12

N площ	χ² (f=6)	P(%)	χį	$P_1(\%)$	f	N площ.	χ² (f=6)	P(%)	χ3	P ₁ (%)	ſ
1	11.39	8	7.26	20	5	23	15.27	2	8.77	11	5
2	14.47	3	8.36	15	5	24	3.42	76			
3	24.64	0.1	12.46	1.5	4	25	8.66	19			
4	14.43	3	4.67	46	5	26	6.50	40	97		
5	7.65	27				27	12.35	5	8.15	16	5
6	9.14	17				28	11.90	6	8.6	16	5
7	9.37	16				29	5.57	48	- 1		
8	4.33	63				30	7.84	25			
9	3.56	74				31	₹.19	17			
10	8.01	- 24				32	8.46	20	9.1		
11	5.00	55		1 5		33	8.91	18			
12	4.74	58				34	6.05	48			
13	10.06	13				35	6.69	39			
14	4.78	58				36	8.66	19			
15	14,51	3	5.34	26	4	37	10.74	10			
16	9.26	16				38	17.77	1	8.54	14	5
17	6 99	34				30	8.43	26			
18	9.54	11				40	10.15	13			
19	7.92	25				41	7.65	27			
20	12.33	5	7.63	18	5	42	10.53	12			
21	6.42	39				43	6.53	39	-		
22	6.05	43				44	22.24	0.1	11.03	5	4
	- 0								5.48	25	5

Для 11 ФК-К, где P малы (<8%), получен второй вариант с всключением сектора с максимальным отношением ($\Delta\delta_i$)²/ δ_{Ei} а для.

площадок № 3, 15 и 44—даже двух секторов. Заметим, что из 11 площадок области с наименьшими P, 5 площадок (№ 1-4 и 44) расположены компактно на l>30—45°.

Табл. 1 показывает неплохое (P=10-20%), а во многих случаях хорошее и даже очень хорошее (P>50%) согласие. Низкое согласие обнаружено лишь в площадке № 3, в которую попадает апекс солнечного движения. Среднее по 43 площадкам P \approx 30%.

Таким образом, по изученной четверти неба гипотеза вллиптичности распределения направлений тангенциальных пекулярных движений не отклоняется. Как показано в [1], это соответствует вллипсоидальности распределения пространственных скоростей. Речь идет об аргументе функции. Вид самой функции в работе не изучался.

Одновременно подтвердилась малость деформаций эллипсов в большинстве направлений и в использованных площадках неба.

Строго говоря, таба. 1 означает приемлемость гипотезы валипсоидальности в качестве первого приближения к аргументу истинного распределения скоростей.

3. Связи влементов ФК-К с глобальными кинематическими параметрами и их вариации. Допустим, что в ридиусе сотен парсеков вокрут Солнуа кинематика эвезд определяется набором постоянных параметров—отраженного движения Солнуа (X, Y, Z), вращения Галактики (Λ, ω) и влаиисоида скоростей $(l_v, b_v, \Delta_v = \sigma_b^2/\sigma_a^2, \Delta_c = \sigma_c^2/\sigma_a^2)$. Используем такие их комбинации, которые в проекции на направление центра площадки (l, b) можно связать с элементами ее ФК-К. Ими могут быть известные выражения для средних тангенциальных скоростей в направлениях галактической параллели и крута широт точки (l, b), [9].

$$\overline{v}_l = X \sin l - Y \cos l + 2 A r \cos^2 l \cdot \cos b - \omega r \cos b, \tag{8}$$

$$\overline{v}_{b} = X \cos l \sin b + Y \sin l \sin b - Z \cos b - \frac{1}{2} Ar \sin 2l \cdot \sin 2b,$$

а также дисперсий пекулярных скоростей в тех же направлениях [1], с обозначением $\lambda = l - l_v$:

$$\overline{v_1^2} = \sigma_a^2 (\sin^2 \lambda + \Delta_b \cos^2 \lambda) \tag{9}$$

$$\overline{v_b^2} = \sigma_a^2 (\cos^2 \lambda \sin^2 b + \Delta_b \sin^2 \lambda \sin^2 b + \Delta_c \cos^2 b) - \tag{10}$$

и другие соотношения.

С их помощью выражаем все влементы эллипса:

а) Прямоугольные координаты центра ФК-К (ξ_c , η_c) пропорциональны: \overline{v}_l и \overline{v}_b с коэффициентом q

$$\xi_{\epsilon} = R_{\epsilon} \cos \psi_{\epsilon} = q \overline{\psi_{t}}, \tag{11}$$

$$\eta_c = R_c \sin \psi_c = q v_b, \quad \text{rae} \quad \psi_c = \varphi_l - \varphi_c,$$

откуда
$$|R_c(l,b)|^2 = R_c^2 - l^2 + \eta^2 = q^2 (\overline{v_l^2} + \overline{v_b^2})$$
 (12)

$$\psi_{c}(l, b) = \psi_{c} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \eta_{c} / \tilde{\epsilon}_{c} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \tilde{\boldsymbol{v}}_{b} / \tilde{\boldsymbol{v}}_{l}. \tag{13}$$

b) Ив сфрического треугольника (полюс Галактики, вертекс, центр площадки) с обозначением $\psi_a = \varphi_i - \varphi_a$ —для угла наклона большой оси ФК-К к параллели—можно получить:

$$tg \psi_a(l, b) = \sin b/tg k - \cos b tg b_a/\sin k. \tag{14}$$

Если $b_{r} = 0$, то, как в [1],

$$\psi_a(l, b) \equiv \psi_a \operatorname{arctg}(\sin b/\operatorname{tg} i).$$

с) Запишем (4) для направлений 5 и п и возьмем их отношения:

$$\frac{\delta_{\eta}}{\delta_{\xi}} = \sqrt{\frac{1 - e^2 \cos^2 \psi_{\alpha}}{1 - e^2 / \sin^2 \psi_{\alpha}}}.$$
 (16)

По теореме о связи радиусов-векторов фигур распределений тангендиальных скоростей и их направлений, [1]

$$\hat{a}_{\eta}/\hat{a}_{\dot{z}} = \overline{v_b^2}/\overline{v_l^2} \Rightarrow k(l, b) \equiv k. \tag{17}$$

Из сочетания (16) и (17) найдем эксцентриситет:

$$[e(l, b)]^2 \equiv c^2 = (1 - k^2)/(1 - (k^2 + 1)\sin^2\psi_a). \tag{18}$$

 Γ еометрический смысл имеют 0 < e < 1. Из условия $e^2 < 1$ следует, что-

$$k^2 > \operatorname{tg}^2 \psi_n \text{ или } k > |\operatorname{tg} \psi_n|,$$
 (19)

с другой стороны, числитель и энаменатель должны иметь одинаковые

внаки, что выполняется не при любых k и . Следовательно, имеются ограничения и на Δ_5 и Δ_2 .

d) Питый элемент. 6 —малая полуось эллипса находится из

$$\delta_b(l, b) = \delta_b = \delta_b \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \frac{1}{2}}.$$
 (20)

при подстановке

$$\delta_i = p \, \overline{v_i^2}. \tag{21}$$

по упомянутой теореме, р-коэффициент пропорциональности.

Приняв в качестве глобальных кинематических параметров либо стандартные значения, основанные на многих определениях, [9], либо не сильно от них отличающиеся, найденные в [2], получим зависимости φ_e , ψ_a и e только от координат центров площадок (l, b), а R_e и ℓ —от них же, но с точностью до множителей q и p.

На рис. 1 проведены такие теоретические зависимости от l для четырех эсн по широте со средними $b=22.^{\circ}5$, 37.°5, 52.°5 и 75°, если для параметров вриняты:

$$X = 10, Y = 15, Z = 7 \text{ km/c};$$
 (22)

A=15 km/c/knk, $\omega=20$ km/c/knk;

 $l_v=30^\circ$ (для $b>30^\circ$), $l_v=40^\circ$ (для $b<30^\circ$) при $b_v=0$ (сплошные кривые); или второй вариант для всех зоп: $l_v=20^\circ$, $b_v=20^\circ$ (пунктирные кривые); $\Delta_b=\Delta_c=0.55$.

Разными значками, в эависимости от b, показаны значения ваементов Φ К-К по данным из [2].

И рис. 1а видно, что угол $\frac{1}{2}$ определяющий по пяти парамстрам (X, Y, Z, A, ω) , на большом интервале l достаточно хорошо следует теоретической кривой (13). Сотласие улучшается с ужеличением широты. Средне-квадратичное отклонение здесь $\varepsilon(\psi_c) = \pm 6^\circ 5$.

По сравнению с этим на участке $b < 60^{\circ}$ и l > 0 или $l > 30^{\circ}$ отклонения от кривых довольно регулярны и велики, в отдельных точках составляют десятки градусов. Здесь $\varepsilon(\psi_c) = \pm 22^{\circ}$.

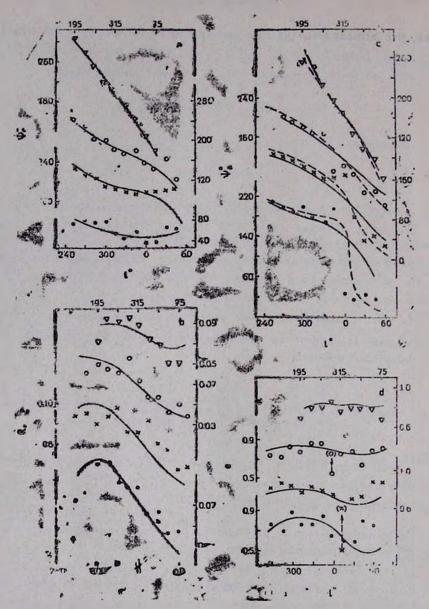


Рис. 1. Теоретические и наблюдаемме зависимости элементов элемесов $(\psi_c, R_c, \psi_g, s, b_b)$ от галактической долготы в четырех широтных вонах $(\bullet - \overline{b} = 22^\circ, 5, \times - \overline{b} = 37^\circ, 5, \bigcirc - \overline{b} = 52^\circ, 5, \nabla - b = 75^\circ)$.

Из рис. 1b видно, что второй угол, попределяющий положение вертекса, также хорошо и почти в том же участке неба следует сплошной теоретической кривой (15) (при $b_v = 0$) и отклоняеты от нее в остальной части, где $l \approx 0$, как отмечалось в [2]. Лучшее общее соответствие наблюдениям показывает пунктирная кривая '(14) (при $l_v = 20^\circ$, $b_v = 20^\circ$). В первой части, на $l < 30^\circ$, $\epsilon(\psi_a) = \pm 7^\circ$. 4, во второй части, на $l > 30^\circ$, $\epsilon(\psi_a) = \pm 15^\circ$. 4.

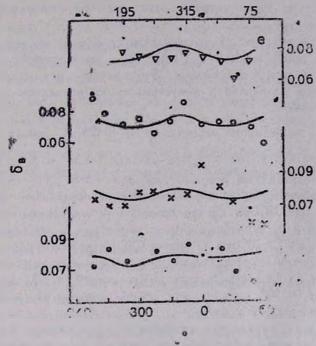


Рис.1. (продолжение).

Неплохое согласие показывают экспентриситеты e (рис. 1d). В каждой зоне на $b>30^\circ$ примерно половина точек потглает на кривые (18), еще несколько—недалеко от кривой. Наибольшие отклонения видны опять же на $l>30^\circ$, что связано главным образом с принятыми l, отличающимися от реального l в этой области. Большие отклонения откривых в площадках № 13 и № 17 связаны с вскрытыми нами в [10] локальными особенностями движений звезд с $V(8^m5-9^m0)$. Если ограничиться в этих площадках звездами с $V<8^m5$, то их e также окажутся вблизи кривых.

Согласие характеризуют: на $l < 30^{\circ}$ $\epsilon(e) = \pm 0.066$, что на порядок меньше самих e, а на $l > 30^{\circ}$ $\epsilon(c) = \pm (0.119 + 0.183)$.

Для проведения теоретических кривых $R_e(l, b)$ и $\delta_b(l, b)$ по (12) и (20, 21) надо было подобрять коэффициенты q и p, обеспечивающие удовлетворительное сотласие с наблюденными влементами по [2].

На рис. 1b использованы q=0.054; 0.047; 0.045; 0.044 и на рис. 1c p=0.014 и 0.013—при нереходе от малых широт к бельшим. Первые обеспечивают приблизительное совивление в средних частях кривых, наибольшее различие видно в крайних, в согласии с ситуацией для других элементов, описанной выше.

Вариации в δ_b меньше, чем в других элементах, но и они подтверждают общие черты.

Итак, во-первых, рис. 1 свидетельствует о том, что все влементы \mathbf{O} K-K имеют такой же ход с (l,b), как предсказывает тлобальная кинематика в окрестностях Солнца. Это означает реалистичность численных вначений влементов и допустимость их использонания при решении многих задач.

Во-вторых, полуширина секторов $\frac{1}{2}\Delta \phi$ в ФК-К, равная 15°, в два раза превышает $\varepsilon(\psi_e)$ и $\varepsilon(\psi_e)$ в области $l{<}30^\circ$ и близка к значениям среднеквадратичных погрешностей для $l{>}30^\circ$. Из втого следует, что ошибки собственных движений явеяд не поворачивают существенно ни центр тяжести ФК-К, ни его большую ось, оставляя их в наблюдаемом секторе или, в крайнем случае, перемещая в соседний.

В-треьтих, на $l>30^\circ$ все элементы ФК-К систематически отличаются от теоретически предсказанных при постоянных параметрах (22). Это следует и из среднеквадратичных отклонений, в 2-3 раза больших, чем в области $l<30^\circ$. По-видимому, по обе стороны от $l\approx30^\circ$ кинематические параметры различаются.

Иначе говоря, глобальная кинематика тесно связана с локальной, и вто требует пристального статистического изучения последней, доступного через ФК-К.

Заметим, что проведенное в этом разделе рассмотрение противоположно проведенному в [2], где по элементам ФК-К, одним ив возможных опособов определялись глобальные кинематические параметры.
Однако, так найденные параметры зачастую имеют значительные ср. кв.
ошибки, как, например, оортовская постоянная А. Поэтому подстановка
в уравнения связей «безошибочных» стандартных параметров имеет несомненный смысл как для установления правдоподобности системы элементов ФК-К из [2], так и для выявления вариаций в кинематике.

Коль скоро обе эти задачи оказались разрешимыми для 1/4 неба, рассмотренной здесь, желательно продолжить аналогичное рассмотрение для остальных 3/4 неба.

4. Отклонения от вллипсов. В рамках вллипсондального распределения скоростей отклонения от аппроксимирующего ФК-К вллипса теоретически неизбежны. Вопрос в том, каковы они, совпадает ли наблюдаемая деформация с ожидаемой?

В [1] дан пример сопоставления эллипса и кривой Шварцшильда с наблюдаемой ФК-К для большой площадки неба (большей, чем наши). Из приведенного там рисунка (рис. 2, [1]) видно, что расхождения между кривыми не превышают 0.1%.

В упомянутых же выше 11 площадках (25% то всех рассмотренных) один-два сектора ФК-К так сильно влияют на величину χ^2 , что либо отклоняют применимость приближения эллипса на данной площадке, либо сильно занижают уровень вероятности P, либо вовсе отклоняют саму гипотезу эллипссидальности скоростей. Поэтому важно проанализировать наибольшие из членов, входящих в χ^2 , или наибольшие отклонения от эллипсов $\Delta\delta$ как в этих площадках, так и в остальных.

Естественно, что в ати, как и во все другие члены, кроме теоретической деформации, входят случайные флуктуации в $\delta_{\rm c}$ с характерной величиной $\pm V \delta_{\rm g}$, и случайные ошибки в $\delta_{\rm c}$ связанные с ошибками наблюдений угла $\phi_{\rm c}$. Статистический аффект последних, в принципе, может быть установлен и исключен. Однако асимметричность распределения $\Delta \phi_{\rm c}$ показанная в [2], не позволяет непосредственно использовать такие способы, как Эддингтона [11], Кутузова [12] и др. Независимо от того, есть ли более подходящие равработки, воспользуемся ампирическим подходом.

Он основан на допушении, что в данной площадке положительные в отрицательные случайные ошибки и флуктуации, включая деформации, в среднем, одинаковы. А поскольку наибольшие $\Delta \delta$, как правило, оказались положительными, то неслучайными будем считать такие $\Delta \delta > 0$, которые по величине превышают максимальные отрицательные отклонения. Обозначим их $\Delta \delta_{\rho}$. В направлении $V_{\rho I}$ в экваториальной системе или $V_{\rho I}$ в галактической системе,

$$\Delta \delta_{p}(v_{pi}) \equiv \Delta \delta_{p}(\psi_{pi}) > |\Delta \delta < 0|_{\max} > \sqrt{\delta_{E}(\psi_{pi})}. \tag{23}$$

В табл. 2 собраны такие $\Delta \delta_{\rho}$ со всех площадок. В связи с переменностью ширины секторов $\Delta \psi_i$ они пересчитаны на 30° -ные интервалы $\Delta \phi$ со средними $\psi_{\rho l}$, указанными в скобках. Номер строки i в каждой широтной зоне соответствует номеру интервала ψ_l . Фигурные скобки охватывают совокупность исходных интервалов, по которым найдено $\Delta \delta_{\rho}$. 7—47

Таблица 2

ЭНАЧЕНИЯ $\Delta \delta_{\mu}(\psi_{\ell})$ В 30°-НЫХ ИНТЕРВАЛАХ ψ_{ℓ}
--

ढ	1	75°	45°		15°	345°	315°
75°	5 6 9 10 12	13.4(214°) 6.7(312)	9.9(70)		9.4(251).	9.0(147)	14.1(313)
<u></u>	1/1	67°. 5	52°. 5	37°. 5	22°. 5	7.5	352°, 5
52°, 5	12 1 2 4 5 6 7 9	7.7(199) 9.1(60)	7.1(248) 5.1(103)		5.7(12	2).	7.1(123)
37° 5	12 1 2 3 4 5 6 8 9	13.0(159)	7.2(94)		7.5(11	17.6(-4°)	8.0(320)
22°. 5	11 12 1—4 6 7 8 9		7.3(179)	9.5(224)		9.8(42°)	7.9(216)

Таблица 2 (продолжение)

				аблица 2 (пр	ON DATE HERE!
285°	255*	225*	195°		
12.9(348) 8.2(205)	34.4(5)	19.2(40)	12.6(74)		
337°. 5	322°.5	307°. 5	292°. 5	277°.5	262°. 5
{ 14.0(330)	{ 11.0(306)	9.3(325)		11.8(344)	7.8(13)
5.0(158)	6.4(174)				4.7(221)
	10.9(317)	16.0(326)	17.5(349)		
5.7(155)	6.8(172)	7.5(190)	6.7(204)		
{ 19.3(26°)			([
9.1(500)			13.6(40) 9.1(343)	16.4(71°)	
6.3(191)	4.8(206)		4.8(199)		6.7(198)

Приближенный метод получения Δ^2_p , как и средних ψ_{pl} , способен дать лишь грубую картину максимальных отклонений от влуппсов. Однако в ней можно будет усмотреть черты систематичности, что повысит ее значение.

Из 44 площадок в табл. 2 восемь оказалось незаполненными, т. е. их $\Delta\delta$ находится в пределах флуктуаций и случайных ошибок или распределення δ согласуются с вллиптическим. Причем, в шести случаях—с наибольшими P, по табл. 1. В 18 площадках в одном направлении, в 16—в двух, а у 2 площадок—даже в трех направлениях иммотся не случайные $\Delta\delta_a$.

Таким образом, табл. 1 и 2 говорят о том, что в большинстве площадок распределение скоростей представимо суммой вллипсоидального для основной массы звезд и некоторото дополнения—для нескольких процентов. Правда, вллипсоиды по обе стороны от $l \approx 30^\circ$ не одинаковы.

Поскольку все выделенные $\Delta \delta_{i} > 0.1 \, \delta_{b}$, они мало связаны с теоретической деформацией δ_{E} . Предположим теперь, что дополнения $\Delta \delta_{p}$ обяваны потожам звезд на фоне влаипсоидального распределения пекулярных окоростей. В первую очередь, интересны большие потоки, присутствующие в нескольких соседних площадках. Увидеть их легче на рис. 2, где $\Delta \delta_{p}$ представлены векторами $\Delta \delta_{p,i} = (\Delta \delta_{p,i}, \psi_{i,j})$, отнесенными к центрам площадок.

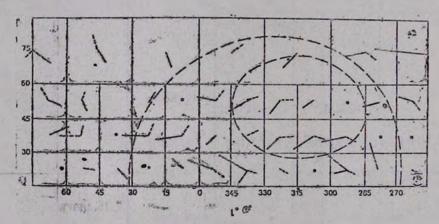


Рис. 2. Наибольшве отклонския от элаписов $\Delta\delta_{\rho}$ (ψ_{ρ}), отнесенные к центрам илоказами. Прерывистыми лициями показамы Потля 1 Петая IV.

В движении близких к нам звезд должно проявляться явление перспективы. Потоки параллельно движущихся в пространстве звезд

в перспективе расходятся из радианта или сходятся к антираднанту. С учетом этого фактора одни векторы проведены жирными линиями (на $l=285\div345^\circ$), другие—тонкими, как на $l=330\div30^\circ$, треты—пунктирными. Каждая из этих групп—возможный поток. Точка в центре площадки означает отсутствие потока. Площадки без, потоков образовали две группы. В каждой по три граничащих между собай площадки и близкая к ним четвертая. Группа на $l=15-45^\circ$ размежевала области, различающиеся преимущественным направлением векторов, изображенных на рис. 2 разными линиями.

Мы польтаем, что глубже разобраться в этой довольно сложной кинематической картине поможет учет, локальной структуры. С этой целью на рис. 2 прерывястыми линиями проведены схематичные траницы Петель I (ее северного полушария) и IV, имеющих, кроме радиот и рентгено-излучающих составляющих (нейтральный, ионизованный и электронный газы),—чисто эвездные составляющие. Петли имеют расстояния изучаемых в данной работе звезд [13].

Одни потоки оказались почти целиком внутри петель, другие—внеих, а между ними—на границе петель—площадки без потоков (точки на рис. 2).

С помощью формулы, аналогичной приведенной в [9], для каждого потока вычислены координаты радианта (L_r, B_r) или антирадианта (L_r, B_r') .

$$\sin(L_r - l) \operatorname{tg} \psi_{ll} = \cos b \operatorname{tg} \mathcal{D}_r - \sin b \cos(L_r - l) \tag{24}$$

или в виде, удобном для вычислений методом наименьших квадратов:

$$\operatorname{tg} L_r[\cos l \operatorname{tg} \psi_{pl} + \sin l \sin b] - \left[\frac{\operatorname{tg} B_r}{\cos L_r} \right] \cos b = \\
\sin l \operatorname{tg} \psi_{pl} - \cos l \sin b. \tag{25}$$

Здесь $(l,\,b)$ относятся к центру площадки, в которой поток направлен к

В качестве неизвестных выступают $\operatorname{tg} L_r$ и $[\operatorname{tg} E_r/\cos \tilde{L}_r]$, по которым затем вычисляются сами углы. Поскольку $\Delta \delta$, $(\frac{b_p}{p_n})$, заменяющие индивидуальных членов фотока, не сильно различаются по величине, в систему (25) все n уравнений введены с одинаковыми весами.

Результаты приведены в табл. 3. Они относятся либо к потоку, либо к его части, что отражено числом площадок n и интервалом их координат. N получены суммированием $\Delta \delta_{\rho}(\psi_{\bullet})$ по всем n площадкам.

Они дают лишь ориентировочное представление об истинной численности ввезд в каждом потоке, если иметь в виду приближенный метод выделения $\Delta \delta_s$. К счастью, величины $\Delta \delta_s$ в решении не используются.

Таблица 3 КООРДИНАТЫ РАДИАНТОВ ИХИ АНТИРАДИАНТОВ ПОТОКОВ

N	Поток	Область (1)	L_r	B _r	L' _r	B' _r	n	N
1	Петан І	>\$15°	20°. 1±5°. 9	28°. 5±6°. 2			12	78
2		<315°			216°. 1±6°. 7	—10°. 7±5°. 3	6	39
8		<30°	-8.2±8.6	25.9±2.9			5	31
4		<30°	22.1+4.2	25.0+4.8			18	117
5	?	(285-30°)		200	24.5±21.9	+34.2+9.3	7	105
-	100	b<60°	F - 1					
6	Потан IV	(270÷345°)			355°, 2 <u>+</u> 10°, 1	+4°. 4±14°. 6	10	123
7		(270÷30°)			53°, 8-1-20°, 6	+39°0+21°2	8	122
	Поан ?	b<60°						
8		(30°÷75°)	31-31-3		47.5+4.2	+53.8±12.9	8	73
9		(255°÷75°) b(15°÷90°)			_	+45.8±10.8		195

Наиболее простым представляется движение потока петли IV, вследствие относительно малой ее площади на небе. У большинства ее площадок и бливких окрестностей вектора $\Delta \delta_p$ направлены с северовапада на юго-восток (сплошные жирные линии). Они сходятся к $L_r \approx 0$, $B_r \approx 0$ (правда, с большими ср. кв. ошибками), т. е. в направлении к центру Галактики.

На площади Петли I можно усмотреть два потока. В потоке, представленном пунктирными линиями, одна часть находится ближе к радианту (n=12), другая—ближе к антирадианту (n=6). Повтому поток рассмотрен как по частям, так и полностью (n=18). Кроме того, из него выделено 5 площадок с $b < 30^\circ$. Решения № 1 и 4 практически одинаковы. Решение № 3 совпадает с ними по B_r , а по L_r отличается на 20° , если не больше. На вто решение, возможно, влияет поток B-явезд Скорпиона-Центавра. Решение № 2 от общего решения отличается примерно на 10° в каждой координате.

При оценке расхождений следует учитывать такой фактор, как условное отнесение ψ_{ip} к серединам 30°-ных секторов ФК-К, хотя поток мо-

жет быть ближе к одному из краев. Роль таких ошибок тем большая, чем меньше п—число площадок, по которым получено решение. В свете этих обстоятельств едва ли следует придавать большое значение расхождениям между решениями 1-4.

Другой поток представлен тонкими лидиями. Его векторы больше, чем у первого потока, направлены в сторону увеличения долготы. Их антирадиант по решению № 5 для 7 площадок достаточно хорошо совпадает с радиантом первого потока, хотя B_r и B_r —лишь в пределах ср. кв. ошибок.

Это может быть основанием для признания двух встречнох потоков у Петли I. Однако имеются и сомнения. Они сводятся к тому, что не во всех площадках имеются оба всятора, а где имеются, то пунктирный и тонкий векторы не всегда противоположно направлены. Кроме того, в пределах больших ср. кв. ошибок возможны иные интерпретации. Так, присоединив к 7 площадкам еще одну (№ 30), правда, далеко отстеящую от остальных, получаем решение № 7, которое довольно близко к решению № 8, относящемуся к звездам поля. Решение № 9 объединяет их. В силу двойственности интерпретации решения № 5 и № 7 отмечены в табл. 3 вопросительными знаками.

 $T_{a6 ext{Auga}}$ $ext{$4$}$ ЗНАЧЕНИЯ РАЗНОСТЕИ $\Delta \psi$,

	Потог	Пета	n I	Петан IV		Потон поля					
№ плош,	Δψ	No.	Δ.ή	2.5	۵٠٠/	№	Δψ	№	Δψ	No	Δψ
10	(24)	22	-12	10	(71)	18	(16)	1	24	10	-31
11	(33)	23	2	12	0	20	(36)	2	11	12	-7
13	-21	25	-2	13	12	22	-3	3	(82)	13	-42
15	25	27	-4	15	-13	25	-5	4	-11	15	-28
17	-17	28	4	4 1	100	25	-9	5	19	F (2)	1
18	—2	33	—17	17	35	26	-2	42	-17	17	-7
19	-20	35	3	18	1	27	-9	43	14	18	-18
20	0	39	11	27	8	28	3	44	(39);	27	-13
21	12	41	14		100	32	-9			30	12
						40	1	6-1			

Правильность отнесения $\overline{\Delta\delta}_{\rho}$ к тому или иному потоку иллюстрируется табл. 4, основанной на обратном пересчете $\psi_{\rho l}$ по формуле (24), когда используются решения из табл. 3.

 \exists десь $\psi_{pl} = \psi_{pl} \, \mu_{pl} + \psi_{pl} \, \mu_{pl}$

В скобки заключены ненадежные эначения, связанные с делением на $\sin{(L_r.-l)}$, близкие к нулю. В большинстве остальных случаев $\Delta\psi_{p\ell}$ не превышают ширины сектора ФК-К (=30°). Для цетель I и IV почти в 3/4 случаев $\Delta\psi_p$ меньше полуширины сектора. Это можно рассматривать как положительный результат проверки типотезы потоков, связанных с втими петлями. Для спорного случая лучшее согласие показывает $\Delta\psi_p$, позволяющее отнести этот поток к Петле I как встречный к первому.

Что касается потока поля, то большой разброс $\Delta \frac{1}{2}$, вероятно связан с меньшей однородностью, если здесь не один поток, а несколько, о чем говорят и неучтенные в табл. 3 векторы.

5. О втором приближении физуры скоростей. Учет добавок к валипсам в рамках ФК-К, а в конечном счете к валипсоидам пространственных скоростей, приводит ко второму приближению для распределения. Выше каждая большая добавка в пределах илощадки ($\Delta \delta_{\star}$) трактовалась как локальный поток. Рис. 2 показывает, что потоки относятся к вначительно большим областям—к петаям, имеющим радиусы 100—150 пк. С другой стороны рис. 1 показал, что в пределах петель I и IV параметры валипсоида довольно постояниы и отличаются от параметров в окрестном поле. Поэтому важно выяснить, как сочетаются характеристики первого приближения для большинства звезд и значимого отклонения от него, касающегося нескольких процентов звезд. Данная работа поэволяет провести анализ, главным образом, для Петли I, а точнее—для ее северного полушария.

Два встречных потока летли имеют приблизительно одинаковые суммарные численности звезд N, хотя наблюдаются на разном числе площадок n. Сопоставим координаты радианта и антирадианта втих потожов (табл. 3).

$$L_r = 22^{\circ} 1 \pm 4^{\circ} 2, \quad B_r = 25^{\circ} 0 \pm 4^{\circ} .8,$$

 $L'_r = 24^{\circ} .5 \pm 21^{\circ} .9, \quad B'_r = 34^{\circ} .2 \pm 9^{\circ} .3.$

с жоординатами вертекса вълипсоида для $l < 15^\circ$. В решении уравнения (14) по 23 площадкам получено:

$$l_{v} = 18^{\circ}.3 \pm 4^{\circ}.0, \quad b_{v} = 20^{\circ}.7 \pm 2^{\circ}.7.$$
 (27)

Выше при обратной подстановке мы использовали округленные значе-

(26)

ния $l_v = b_v = 20^\circ$. В пределах ср. кв. сшибок (L_r, B_r) и (L'_r, B'_r) совиздают с (l_v, b_v) . Это означает, что движение потоков происходит вдоль большой оси вллипсоида.

Дапная интересная ситуация допускает разные трактовки.

Первая испольвует геометрический принцип Шварцшильда [3], перешсдшего от теории двух потоков Каптейна к эллипсоидальной теории. Ныне обнаруженные два потока сверх эллипсоида вместе с последним можно истолковать как некоторую общую возможно симметричную фигуру более высокого порядка. Пока нет смысла уточнять ее форму. Скажем лишь, что ее проекции—(ФК-К)—более вытянуты, чем вллипсы с элементами (%, e, ? ... В этом случае принимавшиеся за потоки добавки оказываются псевдопотоками. Числа звезд в них возможно эначительно больше, чем по табл. 2, зафиксировавшей максимальные отключения от эллипсов. «Надвалипсоидальность» нельзя считать бесспорной. К ранее отмеченным сомнениям в реальности встречного потока, лишь частично сиятым, можно присоединить другие: неравенство добавок к валипсам от нервого и второто потоков, в каждой площадке (Дбр), отсутствие векторов (Дбр), из больших широтах и на плошали Петли IV.

Альтернативно два лотока можно трактовать как круговой ввездный поток, если не вращение всей Петли I вокруг оси, перпендикулярной линии вертексов. Наклон линии вертексов к плоскости Галактики либо такой же, как Пояса Гулда, либо немного больший. В этой трактовке пунктирные векторы вероятно относятся к передней стороне оболочки Петли I, а сплошные тонкие векторы-к обратной стороне. Об этом говорят отсутствие вгорого потока на больших широтах и большая, чем у первого потока, поверхностная плотность (в предположении одинаковой объемной плотности). Если тот же поток погибает с обратной стороны и более далекую Петлю IV, пересекающуюся с Петлей I, то он уже не наблюдаем по ярким звездам. Еще один аргумент к единому потоху-отсутствие заметных отклонений от вличисов у краевых площадок петан (точки на рис. 2), т. к. вдесь вращение происходит по лучу эрения, а не в картичной плоскости. В площадках, близких к краевым, векторы $|\Delta \delta_p|_I$ и $|\Delta \delta_p|_{II}$ могут быть не противоположно направленными, если ось вращения немного наклонена к картиной плоскости.

Поток Скорпиона-Центавра, связанный с ассоциацией, по всей вероятности, находится внутри петли, в плоскости ее симметрии.

Круговой поток не противоречит и обстановке в близких окрестностях петель. В [14] показано, что очень плоский локальный комплекс рассеянных эвездных скоплений, принадлежащий Поясу Гулда, окружает вону пстель I+IV, равно как вону петель II+III, и еще одной—третьей воны. В самих петаях скоплений нет. Скопления комплекса движутся вдоль уэких коридоров между вонами, преимущественно в одном направлении (в сторону уменьшения долгот). Если некоторое скопление пересечет гранишу воны и окажется внутри приливного радиуса массивной петаи (М≈ 10⁶ М_☉), то будет раврушено [15]. Освободившиеся ввезды присоединятся к оболочке петаи и будут двигаться потоком в ее гравитационном поле. Такой процесс может создавать и самою ввездную составляющую петель, и регулярные движения в ней. В нашем случае вто может быть крутовой поток в направлении пунктирных векторов на ближней стороне оболочки. Совокупность наблюдательных фактов совместима и с другими вариантами, например, тоже с крутовым потоком, но вдоль меридианов петли, если ее полюса совпадают с вертексами.

Выбор между данными трактовками затруднителен, пока обработаны собственные движения лишь одного полушария Петли I или 1/4 неба. Ведь для привнания универсальности «надэллипсоидальной» фигуры скоростей наличие встречных потоков (поевдопотоков) и равенство

$$(L_r, B_r) \approx (l_v, b_v) \tag{28}$$

должны иметь место во многих областях неба.

А в нашем распоряжении, кроме половины Петли I, только Петля IV и малый участок поля на $l=30^{\circ}+75^{\circ}$. К тому же $(l_{v},\ b_{v})$ в этих областях не одинаковы. В области поля по 7 площадкам с $l>30^{\circ}$ получено

$$l_v = 9^{\circ}.8 \pm 6^{\circ}.8, \quad b_v = 5^{\circ}.3 \pm 8^{\circ}.1,$$
 (29)

в отличие от (27) для Петли I. Однако здесь не выполняется (28) для потока из табл. 3. На рис. 2 есть несколько более горизонтальных некторов, возмежно более подходящих, но их мало для надежного определения радианта. Лишь у 2—3 площадок видим встречный поток.

Для Петли V встречный поток, если намечается, то лишь за счет части потока (пунктирного) Петли I. А условие (28) выполняется при (1, b,) по (29), но последнее относится к полю.

Конечно, наряду, с псевдопотоками возможны и настоящие потоки звезд, что создает трудности в их разделении и для признания «надвланисондальной» гипотезы.

Для второй трактовки— кругового потока—подтверждений из других областей не требуется, коль скоро имеется в виду локальная кннематика. Локальность же в области Петли I вырисовывается на рис. 2 и в табл. 3. Она сочетается с локальным карактером всех параметров в той же области на рис. 1. Весьма существенно, что локальная кинематика коррелирует с локальной структурой и совместима с представлениями о происхождении звездной составляющей петель.

Если со временем подтвердится первая трактовка (с псевдопотоками), то и тогда сохранится локальность жинематики ввезд области Петли I в виде повернутости фигуры скоростей относительно аналогичной фигуры для окрестного поля. Напомним, что по [2] отношения полуосей вллипсондов в этих областях одинаковы.

Так показано, что фигуры Ковальского—Каптейна могут быть использованы для проверки вллипсоидальности распределения скоростей, для поиска более адекватных наблюдениям прибижений, а также для выделения областей неба с особенностями в кинематике звезд. Однако для получения окончательных выводов исследования следует распространить на все небо или большую его часть.

Выражаю глубокую благодарность Р. Е. Шацовой, соавтору первых двух частей работы, за руководство третьей частью.

ВНИИ "Граднент", Ростов-на-Дону.

THE STELLAR KINEMATICS IN KOVALSKY—KAPTEYN FIGURES. III

G. B. ANISIMOVA

The polar diagrams of stellar proper motions' positional angles over the stars brighter $V=9^m0$ from SAO catalogue are used to check the hypothesis of ellipsoidal stellar velocities' distribution. It is confirmed in the first approximation. Its deflexions have local character and they are connected with the local structure in the Solar vicinity.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Р. Б. Шацова, Г. Б. Анисимова, Астрофизика, 33, 291, 1990.
- 2. Р. Б. Шацова, Г. Б. Анисимова, Астрофизиил, 33, 379, 1990.
- 3. K. Schwarzschild, Nachr. Wissensch. zu Göttingen, 1907, p. 614.
- 4. С. Чандрасскар, Принципы эвездной динамики, ИА., М., 1948.
- 5. К. Ф. Огородников, Динамика звездных систем, Физматгия, М., 1958.

6. Р. Б. Шицова, Астрон. ж., 45, 1254, 1968.

- 7. Smithsoniun, Astrophysical Observatory SAO Catalogue of 253997 stars, Washington, 1984.
- 8. Г. Крамяр, Математические методы статистати, ИА., М., 1948.

9. П. Г. Куликовский, Звездная астрономия, Наука. М., 1985.

10, Р. Б. Шадова, Г. Б. Анисимара, (в печати).

1. A. S. Eddington, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 100, 354, 1940.

- 12. С. А. Кутузов, Элездано скондения и проблемы ввездной вволюции, Сверд-
- 13. Р. Б. Шауова, Г. Б. Анисимова, Ил А. Зенина, Астрофизика, 30, 495, 1989.

. 1 1.

14. Р. Б. Шацова, Г. Б Анисимова, Астрои, циркумяр N 1546, 13, 1990.

15. L. Jr. Spilzer, Astrophys. J., 127, 17, 1958.

АСТРОФИЗ.ИКА

TOM 36

МАЙ, 1993

ВЫПУСК 2

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

YAK 521.388

ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ КОМПОНЕНТОВ КРАТНЫХ ЗВЕЗДНЫХ СИСТЕМ ТИПА ТРАПЕЦИИ. I

При составлении Абастуманского каталога кратных звездных систем типа Трапеции [1] для отнесения кратной звезды к типу Трапеции мы пользевались известным критерием В. А. Амбарцумяна [2], т. е. если в кратной звезде можно было найти хотя бы три составляющие, для которых отношение наибольшего взаимного расстояния к наименьшему меньше трех, то систему считали системой типа Трапеции.

С целью исключения оптических систем были введены верхние границы для расстояний слабых компонентов до главной звезды, а компоненты слабее 12.5 звездной величины исключены вообще. Кроме того, вычислили вероятность попадания звезд фона в круги с радиусами, равными расстояниям слабых компонентов соответствующих звездных величин до главной звезды, и для всей системы значения этих вероятностей суммировали. Таким образом, отбор Трапеций с физически связанными компонентами не был осуществлен на данных о пространственных скоростях составляющих звезд Трапеций, а вто очень важно, особенно для Трапеций с тлавными звездами спектральных классов А, G, F, где ожидается малый процент реальных Трапеций.

В настоящее время можно сказать, что статистические свойства кратных звездных систем типа Трапеции изучены довольно хорошо и их изучение в первую очередь интересно для изучения динамики и кинематики индивидуальных Трапеций.

В наших работах мы неоднократно указывали, что наблюдательные данные составляющих эвезд Трапеций весьма скудны, особенно это касается определения лучевых скоростей и собственных движений.

При работе на прекрасном приборе для измерения лучевых скоростей, разработанном и изтотовленном А. А. Токовининым [3], появилась надежда определения лучевых скоростей компонентов кратных звездных систем типа Трапеции.

Таблице Т **ЛУЧЕВЫЕ** СКОРОСТИ ЗВЕЗД-КОМПОНЕНТОВ КРАТНЫХ СИСТЕМ ТИПА ТРАПЕЦИИ

Homep n [1]	Компонент	V	Sp	JD	Up. RM/O	OU, RM/	
9	A	8.8	G0	47472.299	1.28	+0.96	
14	A	5.0	K0	47470.421	—13.67 .	0.19	
16	A	9.4	-	47471.372	—47.27	0.40	
26	A	9.9	M	47471.404	-19.08	0.44	
27	A	5.9	Ko	47470.446	06.36	0.19	
33	A	3.9	K31b	47470.431	-01.88	0.12	
39	A	7.6	M	47470.453	-13.45	0.43	
46	A	6.8	G5	47472.389	55.65.	0.30	
47	A	9.0	K0	47471.476	17.34	0.35	
	В	9.7	_	47471.483	-19.04	0.55	
50	A	7.1	G5	47472.398	56.82	0.32	
52	A	9.1	F8V	47472.403	62.24	0.32	
	C	10.1	_	47472.413	50.10	0.54	
56	A	9.0	G5	47476.351	-13.67	0.54	
64	A	7.8	K5	47471.492	-07.50	0.30	
96	A	6.6	K0	47471.495	-17.02	0.41	
100	C	10.6	_	47471.507	-15.50	0.98	
341	A	8.0	KO	47473.224	-36,36.	0.47	
342	A	5.2	K3III	47470.211	-24.69	0.16	
353	A	8.7	K2 ·	47480.208	-10.61	0.27	
360	A	6.3	МЗ	47466,197	-25,72	0.44	
362	A	8.1	K0	47470.221	—19.52	0.33	
	E	18.7	_	47470.225	-18.94	0.52	
372	A	10.0	K	47472.263	-74.52	0.37	
374	A	8.3	K0	47472.276	-32.91	0.33	
381	A	9.1	G0	47472,287	16.49	1.04	
397	A	9.0	MO	47466.217	16.42	0:35	
	D	9.7	_	47465.233	-05.56	0.41	
411	A	7.3	K0	47467.296	-29.13	0.29	
	C	9.2		47470.267	-31.64	1.03	
	D	9.4		47470.285	-44.71	0.65	

Первые наблюдения были выполнены в ноябре 1988 с.

Для наблюдения из Абастуманското каталога были выбраны следующие системы: 9, 14, 17, 26, 27, 33, 39, 46, 47, 50, 52, 56, 64, 96, 341, 342, 353, 360, 362, 372, 374, 381, 397, 411. Всего были наблюдены 24 системы с их 31 компонентом. В основном были наблюдены главные компоненты выбранных Трапеций, только в пяти случаях были наблюдены два компонента, а в одном случае три компонента.

Результаты наблюдений приведены в таба. 1. В последовательных столбцах этой таблицы, представлены: номер по каталоту кратных ввездтипа Трапеции, компоненты, их визуманые ввездные величины—V, спектральный класс, время наблюдения, лучевая скорость и ее ошибка.

Radial Velocities of Components of Trapezium Type Multiple Stellar Systems. I. Results of radial velocities' measurements of 31 components, belonging to 24 multiple Trapezium type stellar systems from Abastumani Catalogue, are presented. Observations were carried out on the Abastumani Astrophysical Observatory 125 cm mirror teles pe with the photoelectric radial velocities' meter, designed and constructed by A. A. Tokovinin.

4 октября 1992

Абастуманская астрофизическая обсерватория Государственный астрономический Институт вм. П. К. Штериберга

Г. Ш. Джавахишвили М. В. Павлов Г. Н. Салуквадзе

AMTEPATYPA

- 1. Г. Н. Салуква две, Бюкл. Абастум. Астрофия. обс., 49, 39, 1978.
- 2. В. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюракан. обс., 15, 3, 1954.
- 3. А. А. Токавинин, Астров. ж., 64, 196, 1987.

АСТРОФИЗИКА

TOM 36

МАЙ, 1993

выпуск 2:

YAK 524.337.6, 524.31.082-54

ОБЗОРЫ

ВСПЫХИВАЮЦИЕ. ЗВЕЗДЫ И ЭВОЛЮЦИЯ КРАСНЫХ КАРЛИКОВЫХ ЗВЕЗД

л. в. мирзоян Поступила 3 марта 1992

Обсуждаются результаты эколюционного исследования красими карликовых эвозд, в своге работ, выполженных, главным образом, в обсерва: орзял Бюраканской и Точантиинтал (Моксика). Особое вчимание уделено всиминвающим звездам, представляющим оди из рачинх стадий их эзолюции. Нелоторые из изложенных розультотов в настоящее время яванются дискуссионными.

1. Введение. Одним из выдающихся результатов последних десятилетий в эволюции звезд является установление, на основе непосредственных наблюдений, эволюционного статуса вспыхивающих эвсэд. Оп имел решающее значение для определения стадий эволюции красных карликовых звезд, самых многочисленных в Галактике, и места вспыхивающих звезд в этой эволюшии.

Этот принципиальный фезультат показал, что в одной из рачних стадий эволюции-в стадии, представляемой вспыхивающими звездами, красная карликовая звезда приобретает вспышечную активность, когда наиболее важной ее особенностью становится способность производить, время от времени, вспышки-сильное и быстрое возрастание мощности ввездного излучения и сравнительно медленное его убывание до первоначального уровня.

Общий подход к этой проблеме и некоторые результаты, полученные в этой области, были представлены в докладах Амбарцумяна и автора [1, 2] на Бамбергском коллоквиуме MAC «Новые направления и новые перспективы в исследовании переменных звезд» (1970) и на симпознуме МАС в Москве «Переменные звезды и эволюция эвезд» (1974),. а также в докладе автора [3] на симпозиуме МАС в Бюракане «Вспыхивающие звезды в гвездных скоплениях, ассоциациях и окрестностях Солнца» (1989). Обвор данных о еслыхивающих ввездах содержится в статье автора «Вспыхивающие звезды» [4]. 8-47

Эти исследования основаны на наблюдательном подходе к эволюции ввезд, разработанном в Бюраканской астрофизической обсерватории [5] (см. также [6]), который оказался весьма плодотворным для изучения вопросов происхождения и эволюции звезд и звездных систем.

К ним непосредственно примыкают исследования, выполненные Аро и его сотрудниками (см., например, [7]) в обсерватори Тонанцинтла (Мексика), по изучению ражних стадий эволюции красных карликовых эвеэд.

В настоящее время проблема эволюции красных карликов привлекает внимание исследсвателей. Достигнутые в этой области важные результаты имеют первостепенное значение для всей проблемы эволюции звезд, а выполненная в этом направлении работа, как нам представляется, показывает правильный путь дальнейших исследований.

В настоящей обзорной статье рассматриваются результаты эволюционного изучения вспыхивающих звезд и их место в эволюции красных карликовых эвезд, в свете последних исследований.

2. Эволюционный статус вспыхивающих эвезд. История этого неожиданного оэкрытия необычна.

В 1954 г. Амбарцумян [8], анализируя вопрос о природе непрерывной эмиссии в спектрах звезд типа Т Тельца, составляющих характерное население Т-ассоциаций, высказал идею е ее нетепловой природе и, исходя из молодости этих звезд, пришел к заключению, что она имеет внутризвездное происхождение. В связи с этим он обратил внимание на тот необычный наблюдательный факт, что непрерывная вмиссия появляется также в спектрах ввезд типа UV Кита окрестностей Солнца во время их кратковременных вспышек, которые в этот период приобретают свойства, постоянно присутствующие у звезд типа Т Тельца.

Этот удивительный результат находился в противоречии с общепринятым представлением о том, что звезды типа UV Кита являются старыми образованиями. Несмотря на это, он послужил основанием для заключения, что звезды типов Т Тельца и UV Кита являются родственными объектами.

Вскоре были получены первые наблюдательные свидетельства в пользу эхой точки эрения.

Аро и Мортан [9] открыли несколько вспыхивающих звезд в весьма молодой звездной системе—ассоциации Ориона. Затем более десятка вспыхивающих ввезд были обнаружены Аро и Терразас [10, 11] в ассоциациях Ориона, Единорога (NGC 2264) и Темных Облаков Тельца. После того, как стали известны результаты этих наблюдений, выполненных в обсерватории Тонантцинтла (Мексика), к фотографиче-

ским наблюденням областей звездных ассоциаций, с помощью широкоугольного телескопа, с целью обнаружения и исследования вспыхивающих звезд, подключился Рюзино с сотрудниками [12, 13] в обсерватории Азиаго (Италия). Этими наблюдениями были обнаружены: вовые вспыхивающие звезды.

Открытие вспыхивающих звезд в звездных ассоциациях не толькоподтвердило физическую родственность звезд типа Т Тельца и вспыживающих. Их сосуществование в этих молодых системах показало, чтокроме старых вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнца существуют и молодые вспыхивающие звезды.

Оказалось, что мюлодые вспыхивающие звезды отличаются от звезд типа UV Кита, в частности, более высокими светимостями и тесной связью с диффуной материей, и вначале казалось, что они составляют новый класс вспыхивающих объектов. Однако дальнейшие исследования не подтвердили этого мнения, и эти различия получили естественное объяснение (см. дальше).

Факт сосуществования в звездных ассоциациях эвезд типа Т Тельца и вспыхивающих эвезд выдвинул вопрос об эволюционном статусе последних.

Аро [14, 15] первым понял значение вспыхивающих звезд в ивучении ранних стадий эволюции красных карликовых звезд. Основываясь на наблюдениях по поиску вспыхивающих звезд в эвездных ассоциациях, он высказал идею о том, что в жизни красных карликовых звезд существует стадия вспыхивающей звезды, которая наступает после стадии, соответствующей звездам типа Т Тельца.

Для подтверждения этой принципиально важной идеи решающее вначение имело случайное открытие Джонсоном и Митчеллюм [16] первой вспыхивающей звезды в скоплении Плеяды, имеющем возраст— 7×10^7 дет [17], что на порядок величины превышает возраст ассоциации Ориона—около 10^8 лет [18], и уже не содержащем звезд типа Т Тельца.

Это открытие, сделанное во время: фотометрических наблюдений ввезд скопления Плеяды, инициировало новые, уже фотографические, наблюдения областей звездных скоплений, которые привели к обласружению вспыхивающих звезд не только в Плеядах, но и в более старых скоплениях Ясли (возраст 4×108 лет [17]) и Гиады (возраст 6×108 лет [17]).

Этими открытиями был перекинут мост между вспыхивающими ввевдами типа UV Кита окрестностей Солнца и вспыхивающими звездами, входящими в состав звездных ассоциаций. Они покаали, что вспыхивающие звезды, представляющие определенную стадию эволюции красных карликовых звезд, по крайней мере их некоторой части, встречаются в системах самого равного возраста. Причем, если в молодых

системах—ассоциациях вспыхивающие звезды сосуществуют со ввездами типа Т Тельца, то в более старых системах, где нет ввезд типа Т Тельца, они составляют самое многочисленное население.

Этот наблюдательный факт свидетельствует о том, что средняя продолжительность жизни вспыхивающих звезд, или стадии вспышечной активности, значительно превышает продолжительность стадии типа Т Тельща, что полностью тармонирует с гипотезой Аро [14, 15] о том, что в жизни красных карликовых звезд после стадии эволюции типа Т Тельща наступает стадия вспышечной активности.

В связи с этой гипотезой возникает естественный волрос: является ли стадия вслыхивающей звезды закономерной стадией эколюции, через которую проходят все красные карликовые звезды, или имеются разные пути эволюции этих звезд?

Этот вопрос имеет переостепенное значение для изучения вволюции красных карликов. Его решение было связано с определением относительного числа вспыхивающих звезд в системах разв'ого возраста.

В 1968 т. Амбарцумян [19] разработал простой статистический метод, который позволяет оценить полное число вспыхивающих звезд в какой-либо системе, если в ней уже обнаружено мекоторое число звезд-втого класса.

В втом случае полное число неизвестных вспыхивающих звезд в системе определяется следующей формулой [19]:

$$n_0=\frac{n_1^2}{2n_2},$$

где n_1 и n_2 —числа вспыхивающих звезд, наблюдавшихся во вспышках по одному и по два раза, соответственню.

Применив эту формулу к известным тогда всего 60 вспыхивающим звездам скопления Плеяды, для полного числа вспыхивающих звезд в этой системе Амбарцумян [19] получил значение больше 300. По порядку величины это число близко к числу всех звезд ниэких светимостей этого скопления. На этой основе было получено совершенно неожиданное, однако вполне обоснованное заключение о том, что все или почти все звезды низких светимостей скопления Плеяды являются вспыхивающими.

В свете общего происхождения всех звезд каждой физической системы, в дажном случае скопления Плеяды, это заключение констатирует тот факт, что стадия вспыхивающей звезды (вспышечной активности) представляет србой закономерную стадию вволющии красных карликовых звезд, обязательную для всех звезд этого класса.

Относительно вышеприведенной формулы для оценки полного числа неизвестных в эвездной системе вспыхивающих звезд, основажной на результатах предыдущих наблюдений, следует сделать следующее замечание, усиливающее полученное заключение.

Эта формула была получена при двух предположениях: о случайном распределении вспышек во времени для каждой вспыхивающей ввезды и об одинаковой средней частоте вспышек всех вспыхивающих эвезд данной системы.

Первое из этих продположений, как показывает подробное 'рассмотрение, можно считать вполне обоснованным [20]. Что какается второго предположения, то оно явно не соответствует действительности. В каждой системе имеет место большое разнообразие в значениях средних частот испышек звезд, в зависимости от интенсивности вспышечной активности.

В этом реальном случае, когда средние частоты вспышек эвеэд самые разные, полученная формула соответствует нижнему пределу искомого полного числа вспыхивающих эвеэд в системе [20]. Обычно оно должно быть эначительно больше.

В свете полученного выше результата о большом содержании вспыхивающих звезд в сравнительно молодой системе, скоплении Плеяды, гипотеза Аро [14, 15] об вволюционном статусе вспыхивающих звезд стала закономерностью.

Однако еще оставался вопрос о том, существуют ли и другие пути развития красных карликовых звезд.

Этот вопрос подробно был рассмотрен в работе [21]. В ней было показано, что в эволюции красных карликовых звезд стадии, представляемые звездами типа Т Тельца и вспыхивающими эвездами, следуют друг за другом, и это единственный путь, не противоречащий наблюдениям.

Оба эти результата были настолько важными для вволдции красных карликов, что иниципровали обширные фотографические наблюдения по поиску и исследованию вспыхивающих звезд в областях звездных скоилений и ассоциаций в обсерваториях Азиаго, Бюраканской и Тонантцинтла, а поэже и Абастуманской, Будапештской и Рожен (Болгария), которые привели к обнаружению большого числа новых вспыхивающих звезд и показали их необычное обилие в втих системах.

В табл. 1 представлены соответствующие данные для трех, наиболее исследованных в этом отношении систем.

В табл. 1 после названия системы представлены: эффективное время фотографических наблюдений—T, число открытых вспыхивающих звезд—n и вопышек n', из них число вспыхивающих звезд, у которых были зарегистрированы по одной— n_1 и по две— n_2 вспышки, оценка

полного числа вопыхивающих звезд—N, среднее время открытия одной: вспыхивающей ввезды—t, расстояние системы—r и литературный источник приведенных данных.

Таблива 1°
РЕЗУЛЬТАТЫ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В ОБЛАСТЯХ НЕКОТОРЫХ БЛИЖАЙШИХ СИСТЕМ

Система	Т (часы)	n	n'	n ₁	#2	N	t (часы)	г (парсек)	Литера ту ра
Паряды	3200	546	1495	287	92	995	5.9	125	22
Орион	1600	491	654	380	76	1441	3.3	500	23
TOT	940	102	122	88	9	532	9.2	135	24

Примечание. ТОТ-Темные Облака Тельца.

При рассмотрении данных табл. 1 следует учесть, что представленные системы находятся на неодинаковых фазах изучения: время наблюдений для скопления Плеяды в два раза больше, чем для ассоциации Ориона, и более трех раз больше, чем для ассоциации в Темных Облаках Тельца.

А число открытых вспыхивающих звезд, так же, как и оценка их полного числа в системе, меняется по мере развертывания наблюдений.

Это хорошо видно из таба. 2, показывающей ход изменения этих данных по мере увеличения эффективного времени фотографических набаюдений в области скопления Плеяды (обозначения те же самые, что в таба. 1).

Таблица 2 ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В ОБЛАСТИ СКОПЛЕНИЯ ПЛЕЯДЫ ЗА 1968—1982 Г.Г.

Год	Т (часы)		N
1968	512	155	337
1970	1178	260	467
1973	2260	448	826
1982	3175	546	994

С другой стороны, как показывают данные шестого столбца табл. 1, с увеличением времени наблюдений меняется и относительное число-

повторных вспышек, зарегистрированных у уже известных вспыхивающих звезд.

Этого и следовало ожидать. В началеный период наблюдений, когда все вспыхивающие звезды в системе неизвестны, открытие каждой вспышки означает открытие вспыхивающей звезды. Со временем все чаще наблюдаются повторные вспышки у изевстных вспыхивающих звезд. Наконец, наступает период, когда зарегистрированные вспышки большей частью являются повторными.

Например, в 1980—82 гг. за почти 200 часов фотографических наблюдский области скопления Плеяды были зарегистрированы 53 вспышки и из эих только 7 у новых вспыхивающих звезд [25].

Совершенно иное положение в случае области Темных Облаков Тельца, где почти каждая обнаруженная вспышка наблюдалась у новой вспыхивающей эвезды, то есть означала открытие новой вспыхивающей звезды.

В этом отношении ассоциация Ориона занимает промежуточное положение.

Рассмотренный фактор наблюдательной селекции непосредственно сказывается на данных восьмого столбца табл. 1 о среднем времени открытия одной вслыхивающей звезды в данной системе. Однако не только одним этим объясняются различия в приведенных данных. Несомненно, что средняя частота вслышек в разных системах эначительно отличается вследствие ряда причин, например возраста соответствующей системы.

Затем, следует привнать, что представленные в табл. 1 данные, относящиеся к разным системам, непосредственно не сравнимы, так как эти системы расположены на разных расстояниях, имеют разные возрасты, содержат вспыхивающие звезды разного распределения, светимостей и т. д.

Наконец, данные табл. 1 неоднородны. Они были получены совместными усилиями наблюдателей разных обсерваторий, использующих разные телескопы, разные области спектра и разные экспозиции. Это определенным образом повлияло на полученные результаты.

Например, при фотографических наблюдениях на 1-м телескопе системы Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории (с экспоэнциями 5 мин для получения одното изображения звезды, в цепочке)
одна вспышка регистрировалась за 1—2 часа [26]. Между тем, при
использовании 53-см телескопа системы Шмидта (с экспозициями, обычно, 10 мин) одна вспышка в этой области регистрировалась, по крайней мере, в 2—3 раза реже, у доступных для наблюдения звезд. А
вспышки звезд предельной яркости для 1-м телескопа, 53-см телескопом,
естественно, не регистрировались.

Различна и средняя частота вспышек при использовани различных областей спектра.

Несмотря на влигние наблюдательной селекции в данных, представленных в табл. 1, несомненно имеется необычно высокое обилие вспыхивающих звезд в рассматриваемых системах. Эта особенность характерна и для других, менее изученных звездных систем.

Следовательно, наблюдаемое обилие вспыхивающих эвеэд в ввездных скоплениях и ассоциациях можно рассматривать как решающий факт, потверждающий эволюционный статус вспыхивающих звезд, представляющих закономерную стадию эволюции красных карликовых ввезд.

Недавно было получено [27] новое, причем совершенно независимое свидетельство в пользу эволюционного статуса вспыхивающих эвсэд.

В 1980 г. Штауффер [28] исследовал 34 красные карликовые ввезды скопления Плеяды, которые еще не достигли равновесного состояния. На диаграмме Гершпирунга—Рессела эти звезды расположены дальше от тлавной последовательности (pre — main sequence stars). Этот факт дает основание предполагать, что указанные красные карлики находятся на стадни эволюции, предпествующей равновссным состояниям, соответствующьм главной последовательности. С этой точки врения было интересно обнаружить у них венышечную активность.

При банзком ознакомаении с этими звездами выяснилось [27], что большинство из них (27 из 34) входят в каталог Аро и др.[29] вспыхивающих свезд скопления Плеяды, причем 23 звезды наблюдались во вспышках по несколько раз.

С другой стороны, известно [19], что в этом скоплении все наи почти все звезды низких светимостей являются вспыкивающими, причем около половины из них (табл. 1) еще не наблюдались во вспышках.

Эти факты дают основание заключить, что все звезды скопления Плеяды, исследованные Штауффером [28], обладают вспышсчной активностью.

Отсюда следует, что все звезды списка Штауффера [28], которые ва диаграмме Герцшпрунга-Рессела еще не достигли главной последовательности, оказались вспыхивающими вследствие того, что 'являются срасинтельно молодыми образованиями, что подтверждает их эволюционный статус.

Следует добавить, что исследования вспыхивающих эвеэд в других эвеэдных сксплениях и ассоциациях, выполненные Янковичем (Ясли [30]), Цветковым и Цветковой (Лебедь [31, 32]) и другими, находятся в полном согласии с этим заключением.

Заслуживает особого упоминания распространение фотографических наблюдений вспыхивающих звезд в областях звездных систем на южное небо, где имеются и довольно близкие. Первые результаты этих

наблюдений, начатых под руководством Зайттера [33], представляются многообешающими.

3. Происхождение вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнуа. В свете образования вспыхивающих звезд в звездных скоплениях и ассоциациях существование звезд типа UV Кита окрестностей Солнуа может иметь два возможных объяснения.

Согласно первому из них, предложенному Амбарцумяном [34], эти ввезды образовались в системе, существующей до сих пор. Иначе говоря, ввезды типа UV Кита окрестностей Солица составляют в настоящее время физическую систему.

Второе объяснение, выдвинутое Хербигом [35], предполагает, что ввезды типа UV Кита образовались в системах, ныне уже распавшихся и оказались в окрестностях Солида случайно, после распада «материнских» систем, благодаря своим пространственным движениям.

Выбор между этими объяснениями можно сделать на основе пространственного распределения звезд тиша UV Кита в окрестностях Солнца. При справедливости первого объяснения должно наблюдаться падение пространственной плотности этих звезд с удалением от Солеца, а при справедливости эторого объяснения—почти равномерное их распределение, не зависящее от расстояния до Солнца.

Обоснование первого объяснения, исходящее из отого коитерия, содержится в исследованиях Аракеляна [36] и Герибджаняна [37]. В
них показано, что допущение о равномерном распределении вспыхивающих звезд тища UV Кита в Галактике, в галактическом звездном поле,
противоречит результатам массовых фотографических наблюдений разных участков неба с помощью широкоутольных телескопов. При равномерном распределении звезд тища UV Кита в пространстве, в любой
области неба, сотласно их исследованиям, было бы обнаружено значительно больше звезд, чем было обнаружено даже в областях звездных
скоплений и ассоциаций, где имеет место концентрация вспыхивающих
ввезд. На этом основании авторы указанных работ [36, 37] пришли
к заключению, что пространственная плотность вспыхивающих эвезд
типа UV Кита убывает с удалением от Солнца. Отсюда следует, что
наблюдения подтверждают первое объяснение.

Однако вто заключение трудно было сотласовать с наблюдательными данными относительно параметров звезд тима UV Кита. В частности, оно находилось в промиворечии с большим разнообразием возрастов и кинематических характеристик втих звезд [38, 39]. В связи с втим, ваключение о том, что звезды типа UV Кита окрестностей Солица составляют физическую систему, вызывало определенные сомнения.

Этот вопрос заново был рассмотрен недавно, с привлечением современных наблюдательных данных, причем был использован тот же метод.

Новое рассмотрение вопроса [40] не подтвердило существования системы эвезд типа U♥ Кита вокруг Солнца. Как выяснилось, это заключение было получено вследствие переоценки в работах [36, 37] числа вспышек, ожидаемых при фотографических наблюдениях различных областей неба, вроизводимых звездами типа UV Кита талактического звездного поля.

В работе Аракеляна [36], например, не была учтена зависимость относительной вопышечной активности эвеэды от ее светимосми. В этой работе всем велыхивающим звездам типа UV Кита, независимо от их светимости, была прилисана относительная велышечная активность, наблюдаемая у звезд 16—18 абсолютной звездной величины.

Между тем, фотовлектрические наблюдения Моффетта [41] вопыхивающих звезд типа UV Кита, овидетельстечнот, что существует обратная зависимость между средней частотой вспышек (относительной вспышечной активностью) и светимостью звезды [42]. Неучет влияния: втого фактора в работе Аракеляна [36] и привел к сильной переоцемкечисла вопышек, ожидаемых от вспыхивающих звезд типа UV Ките, так: как в этой оценке основную роль играют абсолютно более яркие звезды...

В конечном счете это и обусловило его заключение о падении пространственной плотности врезд типа UV Кита с удалением от Солица.

При новом рассмотрении указанното вопроса было показано [40],. что фотографические наблюдения вспыхивающих звезд широкоутольными телескопами, как в областях эвездных скоплений и ассоциаций, так и в галактическом звездном поле, не противоречат представлению о том, что распределение ввезд типа UV Кита практически остается постоянным с удалением от Солица. Основываясь на этом результате, можнопринимать, в согласии с объясней см Хербига [35], что звезды типа UV Кита окрестностей Солица действительно представнляют собой население общего звездиото поля Галактики..

Этот новый результат можно рассматривать как важное свидетельствов пользу образования звезд типа UV Кита окрестностей Солида, и вообще всех вспыхивающих звезд галактического поля, в ззездных скоплениях и ассоциациях. Повтому, следует очитать, что в настоящее время они составляют звездное население галактического поля вследствие того, что их «материнские» системы уже распались. Иначе говоря, благодаря своим пространственным движениям в любом объеме галактического поля, имеются вслыхивающие звезды разных систем. Этим и обусловлено разнообразие параметров вспыхивающих звезд поля (светимость, возраст и т. д.).

Это представление о генезисе вопыхивающих звезд галактического поля вытекает из наблюдений и позволяет наметить путь оволюции: красных карликовгх звезд.

4. Вспыхивающие ввезды в системах и окрестностях Солнца—единый класс вспыхивающих объектов. Выше были рассмотрены наблюдательные данные, свидетельствующие об общности вспыхивающих звезд в скоплениях и ассоциациях и вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнца. Это дает основание допустить, что все обм составляют единый класс звезд, обладающих общей особенностью—вспышечной активностью [43].

Артументы в пользу физического сходства звезд типа UV Кита и вспыхивающих звезд, наблюдаемых в системах, были недавно подробно рассмотрены в работе Амбаряна и автора [42].

Они свидетельствуют, что многие параметры вспыхивающих звезд втих двух разновидностей практически мало отличаются, а серьезные различия, существующие между ними, можно успешно объяснить различиями в их возрасте, то есть эволюцией вспыхивающих звезд.

На серьезные различия, существующие между вопыхивающими звездами, открытыми Аро и сотрудниками [9-11] в звездных ассоциациях и звездами типа UV Кита окрестностей Солица, впервые обратил внимание Хербит [44-45]. В тот период эти различия казались принципиальными и предполагалось, что вспыхивающие звезды, наблюдаемые в звездных скоплениях и ассоциациях, представляют новый класс вспыхивающих объектов.

Однако, как выяснилось поэже, все эти наблюдаемые различия имеют довольно простое объяснение.

Именню, различие светимостей вслыхивающих ввезд в системах и галактическом звездном поле (окрестностях Солица) является следстствием различия темпов их эволюции, в зависимости от масс звезд (см. дальше). Вспыхивающие звезды более высоких светимостей (больших масс) прекращают вспышечную активность раньше и поэтому встречаются только в молодых системах. Вспыхивающие же звезды более ниэжих светимостей (меньших масс) сохраняют вспышечную активность дольше и входят в состав старых систем и в галактическое звездное поле [42].

Что касается различия в отношении связи вспыхивающих звезд с диффузной материей, то оно также обусловлено различием возрастов соответствующих звезд. Дело в том, что тесная связь (сосуществование) с диффузной материей характерна лишь для молодых звезд. По мере старения звезды, в результате рассеяния диффузной материи, вта связь постепенно исчезает. Это наглядно видью при сравнении звездных систем разного возраста. Если в звездных ассоциациях вспыхивающие звезды всетда связаны с большими массами диффузной материи, то её значительно меньше в сравшительно старых звездных скоплениях и почти нет в галактическом поле, где имеется много вспыхивающих звезд.

Наконец, отмеченное Хербигом [44, 45] отсутствие эмиссионных линий в слектрах вспыхивающих звезд, входящих в состав элездных скоплений и аксоциаций, в отличие от звезд типа UV Кита окрестиостей Солнца, в спектрах которых наблюдается много эмиссионных линий, как выяснилось, было следствием наблюдательной селекции. На щелевых спектрограммах вспыхивающих звезд физических систем эмиссионные линии всегда присутствуют.

На рис. 1 представлены две записи спектров вспыхивающих звезд, подтверждающие вто заключение. Одна из них заимствована из каталога Петтерсена и Хаули [46] и принадлежит звезде типа UV Кита окрестностей Солнца СW UMa. Другая запись принадлежит вспыхивающей авезд FSP 394 скопления Плеяды [27]. Простое срависние этих записей показывает их совпадение, по общему виду.

О практически полном совпадении спектров звезд типа UV Кита окрестностей Солнца и вспыхивающих звезд стопления Плеяды свидетельствуют и результаты их количественной юбработки.

Оказывается, наример, что зависимости спектральных индексов скиси титана—ТіО от показателя цвета R-I и от абсолютной величины, полученные Штауффером [28] и Петтерсеном и Хаули [46], соответственно, для звезд типа UV Кита, полностью совпадают с таковыми, определенными в работе [27], для вспыхивающих звезд скопления Плеяды.

Следовательно, результаты спектрального иссфледования вспыхивающих звезд скопления Плеяды можно рассматривать как дополнительный аргумент в пользу общей физической природы вспыхивающих звезд, наблюдаемых в составе звездных скоплений и ассоциаций, и звезд типа UV Кита окрестностей Солнца.

Эволюционные изменения вспыхивающих звезд четко прослеживаются и в изменениях их внергетических спектров. На это обстоятельство впервые обратил янимание Гершберг [47]. Он, в частности, показал, что между энергетическими спектрами и светимостями вопыхивающих звезд пмеется определенная корреляция, которая в последующем была подтрерждена Лейси и др. [48], для эфезд типа UV Кита окрестностей Солнца, и Краснобобцевым и Гершбергом [49]—для вспыхивающих звезд ассоциации Ориона. Эта корреляция свидетельствует, что с увеличением светимости вспыхивающей звезды уменьшается вклад в сё суммарное внертовыделение частых, но маломощных вспышек.

Вопрос об энергетических спектрах вспыхивающих звезд в окрестностях Солица и в эвездных системах был подробно исследован в работе Коротина и Краснобабцева [50]. Ими было показано, что энергетические спектры вспыхивающих звезд в эвездных скоплениях и ассоциациях являются продолжением энергетических спектров эвезд типа UV

Кита окрестностей Солица, в область больших энергий. При этом с возрастом системы вспыхивающих звезд энергетические спеттры последних становятся все более пологими.

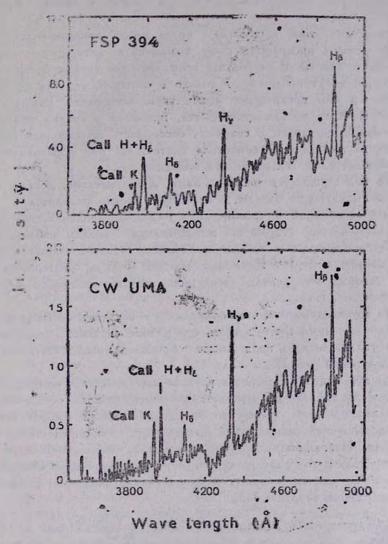


Рис. 1. Записи спектров всимхивающих экезд FSP 394 сполления Плеяды ис CW UMa, тита UV Кита окрестностей Солига. По работам [27, 46].

Пространственное распределение вспыхивающих звезд в Галактике в свете их единства, с физической точки эрения, имеет следующее естественное объяснение.

Все вспыхивающие звезды образуются в системах. Однако продолжительность живни ввезды в стадии вспышечной активности или время пребывания в этой стадии зависит от ее массы (светимости): чем выше светимость, тем короче это время (см. раздел о темпах эволюции звезд).

Вследствие этого абсолютно более яркие вспыхивающие звезды должны раньше прекращать свою вспышечную активность, чем абсолютно более слабые. В результате вспыхивающие звезды более высоких светимостей могут наблюдаться только в системах, так как до распада этых систем они прекращают вспышечную активность. Вспыхивающие же звезды более низких светимостей, пребывая в стадии вспышечной активности очень долго и сохраняя способность производить вспышки, даже после распада «материнских» систем, где они образовались, могут наблюдаться в галактическом чвездном шоле.

Это подтверждается наблюдениями. Действительно, достаточно молодые вспыхивающие звезды в настоящее время находятся в составе ввездных ассоциаций и сравнительно молодых скоплений, где они образовались. Более старые же вспыхивающие звезды наблюдаются в сравнительно старых и старых скоплениях. А очень старые вспыхивающие звезды типа UV Кита окрестностей Солица, «материнские» системы которых уже успели распасться, почти равномерно заполняют галактическое поле.

Это обусловлено тем, что вспыхивающие эвезды в системах обладают тем более высокими светимостями, чем моложе система, а вспыхивающие ввезды галактического поля имеют наиболее ниэкие светимости (см. дальше, а также рис- 3).

Все это подтверждает, что вспыхивающие звезды, входящие в системы, и вспыхивающие звезды галактического поля составляют единый класс красных карликовых звезд, обладающих общей особенностью—вспышечной активностью, проявляющейся в определенной стадии вволюции. Наблюдаемые же между ними различия полностью объясняются различием их возрастов. Такие же различия, в меньшем масштабе, наблюдаются и между вспыхивающими эвездами, входящими в системы разного возраста [42].

5. Переход между стадиями вволюции типов Т Тельца и UV Кита. Опизическое сходство между звездами типа Т Тельца и вспыхивающитми звездами типа UV Кита окрестностей Солица*), наглядно проявив-

^{*)} В пользу родственности звезд типов Т Тельца и UV Кита сравнительно недавно Аро [51] нашел новое свидетельство. Он показал, что на щелевых спектрограммах некоторых вспыхивающих звезд скопления Плеяды наблюдается линия поглощения лития \(\lambda\) 6707, характерная для звезд типа Т Тельца.

ОБЗОРЫ 291:

шееся во время вспышек последних [8], и сосуществование звезд этих двух классов в звездных ассоциациях [6-8] явились вескими свидетельствами в пользу их родственности и послужили основанием для выдвижения идеи об эволюционной связи между ними [14, 15].

Эта идея получила бильную поддержку благодаря открытию Арои Чавира [52] и Розицо [13] вспишек у некоторых звезд пипаТ Тельца ассоциаций Ориона и Единорога (NGC 2264). Это примечательное открытие показало, что в ассоциациях существуют звезды, которые обладают одновременно особенностями звезд типов Т Тельца и UV Кита..

Существование звезд, показывающих активность типа Т Тельца и вспышечную одновременно, свидетельствует о том, что эволюционные стадии красных карликовых звезд, щредставляемые этими звездами, взаимно перекрываются во времени. Иначе говоря, звезда типа Т Тельца ступает в стадию вопышечной активности, не прекращая активность типа Т Тельца. Некоторое время она, наряду с изменениями, хаактерными для звезд типа Т Тельца, проявляет и вспышечную активность.

Это дает оси осиление считать, что красные карлижовые звезды после вволюционной стадии типа Т Тельца, прежде чем вступить в следующую стадию вспыхивающей звезды, в определенное время пребывают в состоянии когда они являются одновременно и звездами типа Т Тельца, и вспыхивающими.

Продолжительность периода, когда звезда проявляет обе эти активности, определяется относительным числом звезд типа Т Тельца, обладающих вспышечной активностью, среди всех звезд типа Т Тельца в данной системе.

Это число для звезд типа Т Тельца ассоциации Ориона, показавших вспышки с фотографической амплитудой больше одной звездной величины, было определено Амбарцумяном [21]. Было показано, что только четвертая часть вчих эвезд способна показать вспышки, доступные для фотографических наблюдений. Отсюда следует, что продолжительность периода, когда звезда является, одновременно, типа Т Тельца и вспыхивающей, равна одной четверти продолжительности стадии типа Т Тельца.

Приведенное определение является ориентировочным. Более повдние исследования, например Нацилишвили [53], показывают, что относительное число звезд тима Т Тельца, обладающих испышечной активностью, среди звезд типа Т Тельца ассоциации Ориона, возможно и других ассоциаций, межет быть несколько больше. Однако для нашего рассмотрения существенно, что не все звезды типа Т Тельца обладают вспышечной активностью.

Можно поэтому констатировать, что звезды типа Т Тельца, облалающие одновременно вспышечной активностью, должны быть в сред-- нем более старыми, чем вневды, еще не вступившие в период перекрывания стадий актиенски типа Т Тельца и вспышечной.

В свяди с тем, что красная карликовая свезда после стадии эволюции типа Т Тельца вступает в стадию вспыхивающей эвезды*, то есть вспыхивающие звезды являются пост—Т Тельца звездами, трудно объяснять полное замалчивание этого принципиального результата в статье Хербига [54], посвященной поиску пост—Т Тельца звезд. Это тем более удивительно, что среди 8 свезд—кандидатов в пост—Т Тельца, представленных Хербигом, 5 либо обладают вспышечной активностью, либо являются эруптивными переменными [55]. Здесь речь идет о вспышках значительно белее мощных, чем спокойное излучение эвезды.

Повтому работу Хербита [54] можно рассматривать как дополнительное свидетельство в пользу заключения о том, что эспыхивающие ввезды представляют собой пост-Т Тельца стадию вволюции красных карликовых эвезд.

6. Наблюдаемия последовательность стадий вволющий красных кармиковых ввезд. Установление статука вспыхивающих явезд, как одной
из стадий оволющии красных кермиков, и генетическая связь втих
ввезд со ввездами типа Т. Тельща сделали возможным определить путь
их развития.

Постепенный переход из стадии типа Т Тельца к стадии вспыхивающей звезды сотласно Аро [56] представляется в следующей последовательности.

- 1. Звезды типа Т Тельца, у которых вопышки налагаются на харамгерные для них неправильные изменения яркости. Это звезды типа Т Тельца, обладающие вспышечной активностью.
- 2. Кармиковые звезды поздних спектральных классов, в спектрах которых особенности, характерные для звезд типа Т Тельца, значительно ослаблены. Изменения яркости этих звезд, в основном, связаны со вспышками.
- 3. «Чисто» вспыхивающие звезды, у которых практически отсутствуют особенности і звезд типа Т Тельца, по крайней мере период более наш менее постоянного минимума блеска.

^{*)} Для определения возможности такого перехода необходимо знашее масс соответствующих звезд. К сожалению, массы звезд типа Т Тельца непосредственно не определены. Однако, судя по сестамостям, такой переход вполне возможен для звезд достаточно низхих светимостей. Для звезд более высоких светимостей втот вопрос нуждается в дальнейшем исследования.

В эту последевательность со входят эвезды типа Т Тельца, которые обладают вспышечной активностью Однако, как показывает исследование вопроса Амбарцумянсы [21], в ассоциации Ориона, например, около трех четвертей звезд типа Т Тельца, не способны производить фотографические вспышки с амплитудой около одной звездной величины или больше. Возможно, для эвезд, способных производить вспышки, среди звезд типа Т Тельца в этой ассоциации ческолько больше [53]. Но не подлежит сомнению, что существуют звезды типа Т Тельца, которые не обладают вспышечной активностью. Такие звезды типа Т Тельца в аначительсям количестве существуют и в других ассоциациях (см., например, [57]).

Существование звезд типа Т Тельца, не способных производить вспышки, свидстельствуєт ю том, что последовательность стадий эволюции красных карликовых звезд на самом деле начинается со стадии жчистых» звезд типа Т Тельца, которые еще не приобрели способность производить вспышки.

Поэтому, последовательность обновных стадий эволюции красных карликовых звезд следует представить следующим обравом:

Звезды типа Т Тельца («чистые») Вспыхивающие звезды Нормальные невспыхивающие звезды постоянного блеска.

В этой последовательности последняя стадия оволюции наступает уже после достижения звездой равновесного состояния, котда она на диаграмме Герцппрунга—Рессела находится на главной последовательности.

Если первые две стадии соответствуют начальной вволюции ввезды, то последняя стадия является стадией поздней ее оволюции.

В этой последней стадии физическая нестационарность, карактерная для первых двух раньях стадий эволюции и итрающая важную роль в этой эволюции, практически отсутствует, и эволюция эвезды протекает под действием, по-видимому, термоядерных реакций [58], когда вся энергия, генерируемая эвездой, уходит на ее спокойное излучение.

Время пребывания красной карликовой звезды в каждой из этих стадий вволюции зависит от ее массы (см. раздел о темпах зволюции). Чем больше масса (выше светимость) звезды, тем короче соответствующее время. Вследствие этого, например, можно допустить, что вспыхивающие звезды сравичтельно высоких светимостей раньше кончают вспышечную активность, чем звезды более низких светимостей, и в результате со старевием звездной системы в ней встречаются вспыхивающие звезды все более низких светимостей [42].

Для знеэды же данной светимости время пребывания в этих стадиях сильно возрастает к более поэдним стадиям.

Как было отмечено выше, красная карликовая эвезда из неиболее равней стадин вволюции, из стадин типа Т Тельца, переходит в стадию вспышечной активности не сразу, завершив активность пипа Т Тельца. Некоторое, сравнительно недлительное время она проводит в состоянии, когда, оставаясь звездной типа Т Тельца, приобретает вспышечную активность.

Следует, наконец, добанить, что благодаря разнообразию масс (светимости) и, кледовательно, темпюв аволюции звезд, в звездных ассоциациях наблюдаются красные карликовые звезды, находящиеся на всех отмеченных выше стадиях аволюции.

7. Состав вспыхивающих ввезд в системах разного возраста. Наблюдения ложавывают, что со старением системы, содержащей испыхивающие мезды, в ней остаются лишь вспыхивающие более низких светимостей, причем растей доля женыхивающих звезд среди всех красных карликов.

Эти изменении можно было бы шредсказать, исходя из статуса вспыхинающих янезд и их вволющим со старением.

Для более подросного рассмотрения копроса об изменениях доли вспыхивающих внезд среди всех красных карликовых звезд в системах разного возраста были ныбраны следующие три выборки вспыхивающих звезд, которые наиболее представительны на сегодняшний день, с втой точки зрения: ассоциация Ориона, скопление Плеяды и звезды типа UV Кита окрестностей Солнца [59].

Все необходимые данные для определения относительного числа вспыхивающих звезд среди всех красных карликов в этих выборках для разных светимостей заимствованы из литературных источников.

В таба. З приведены результаты вычислений. В ней в последовательных столбцах представлены: интервал абсолютных фотографических величин $M_{\rho g}$, число всех красных карликов—N, из них вспыхивающих звезд— N_F (при вычислении этого значения учитывалось число потенциальных вспыхивающих звезд, по формуле Амбарцумяна [19]) и отиссительное число вспыхивающих звезд— N_F/N .

Рассмотрение табл. 3 повеоляет допустить, в сотласии с отмеченшыми в предыдущих разделах результатами изучения вволюции красных карликов, что отнессительное число еспыхивающих звезд среди последних, в какой—либо системе, возрастает при переходе к звездам более низких светимостей. При этом, в зависимости от возраста си-

стемы, вспыхивающие внеяды в ней встречоются начимая с определенной светимости, которая уменьщается при переходе к более старым системам

Таблица 3

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЧАСЛО ВСПЫХИВЛЮЩИХ ЗВЕЗД СРЕДИ КРАСНЫХ КАРЛИКОВ В АССОЦИАЦИИ ОРИОНА, СКОПЛЕНИИ ПЛЕЯДЫ И В ОКРЕСТНОСТЯХ СОЛНЦА [57]

		N			N _F			N _F /N		
M _{pg}	1	П	III	1	И	ш	I	11	III	
4.5-5.5	73	_	-	2	_	_	0.03	-	0 -	
5.5-6.5	115	_	-	10	-	-	0.03	· -	-	
6.5-7.5	143	_)	26	_		0.18	16-14	_	
7.5-3,5	194	34	50	79	14	1	0.76	0.41	9.02	
8.5-9.5		55	100		37	3		0.67	0.03	
9.5—10.5		64	131	•	40	7		0.63	0.05	
10.5-11.5		73	67		58	10		0.79	0.15	
<11.5		٥	113	•	¢	47			0.42	

При мечания: I—Орнов, II—Плеяды, III—опрастности Солици. Чарточка означает отсутствие велыкивающих ввезд, а ваевдочка—отсутствие соответствующих данных.

Обе эти закономерности являются следствием этого общеновникого представления, что темпы эволюнии звелд завноят от их масс (опетимостей), возрастая вместе с ними.

Что жасается убывания относительного числа веплинанильни явезд среди всек красных карликов, наблюдеемого для интервала светимостей $M_{\rm eff} = 7.5 - 8.5$ и намечаемого для более нивких светимостей, то втот ход, по-видимому, нарушается для очень нивких светимостей.

Дело в том, что в старых системах все красные карликовые эвезды, как свидетельствуют данные табл. 3, должны быть вспыхивающими. Повтому, в случае низких светимостей, начиная с определенного значения, относительное число вспыхивающих звезд среди всех красных карликов должно быть тождественно равным единице.

8. Групповое происхождение вспыхивающих авезд. О групповом происхождении красных карликовых звезд свидетельствует, прежде всего, большой процент двойных среди эвезд типа UV Кита окрештностей Солица. Согласно статистике [38], более половины известных

эвезд этого типа входит в состав двойных или кратких систем. Сам прототип вспыхивающих эвезд, эвезда UV Кита, является двойной: эвездой.

С точки врения рассматриваемого вопроса представляет интерес гот факт, отмеченный Родоно [60], что двойные системы среди вопыхивающих звезд встречаются чаще, чем среди других звезд. Иногда всиышечной активичестью обладают оба компонента двойной системы.

Сотласно Эвансу [61] среди ближайших вспыхивающих звезд процент двойных систем составляет около 85%.

Ярким свидетельством группового происхожения красных карликовых звезд является обилие систем типа Трапеции, состоящих иззвезд типа Т Тельща и испыммающих.

Первые кратные звезды, содержащие звезды тила Т Тельца, были обнаружены Закировым [62]. В дальнейшем втим вопросом занимался Салуквадзе [63], который в Т-ассоциациях выделил большое числократных звезд тила Трапеции.

С точки зрения эволюции красных карликовых звезд значительный. интерес представляют исследования кратных звезд типа Трапсции, состоящих исключительно из звезд типа Т Тельца и вспыхивающих.

В ассоциации Орнона Амбарян [64] обнаружил кратные звъздытила Тралеции, которые состоят либо из ввезд типа Т Тельце, либо из вспыхивающих, либо из их смеси. При этом в некоторых из этих кратных звезд были найдены признаки динамической неустойчивости.

Сравнением размеров этих егратных ввезд, состоящих из ввезд типа Т Тельща и, состветственно, и вопыхивающих звезд, Амбарян и А. Л. Мирзоян [65] показали, что первые из них значительно более-компактные, чем вторые.

Этот результат иллюстрируется на рис. 2, где для большей статистики приведены гистограммы распределения вваимных расстояний компонентов, в проекции на карлинную плоскость. Это находится в согласии с представлением о том, что кратные системы чипа Трапеции динамически пеустойчивы, вследствие чего в настоящее время они расширяются.

Приведенные наблюдательные фекты являются новым подтверждением общепринятого представления о групповом образовании звездвообще, и красных карликов в частности.

9. Распределение вспыхивающих ввезд в Галактике. Итак, наблюдательные данные однозначно свидетельствуют, что вспыхивающие звезды в Галактике встречаются как в составе звездных систем—скоплений и ассоциаций, так и в общем эвездном аюле. Причем, имеется прямая зависимость между средней светимостью вспыхивающих звезд,

вжодящих в данную систему, и ее возрастем. (рис. 3). Можно допустить, что эта зависимость является естественным следствием эволюции красных карликсвых эвезд со старением. В согласии с этим в галактическом звездном поле наблюдаются вспыхивающие звезды, в среднем, самых незких светимостей.

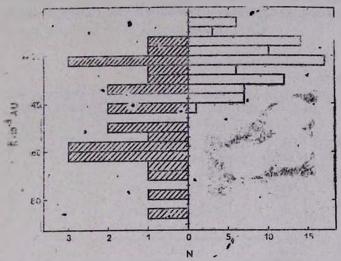


Рис. 2. Сравнение размеров кратных ввезд типа Транеции, состоящих из звезд типа Т Толода (n-21)—справа и велыхивающих (n=7)—слева. По работе Амбаряна в А. А. Мирзояна [45].

Именно эволюцией красных карликов, образовавшихся в ассоциациях и скоплениях, при зависимости темпов эволюции от масс (светимостей) звезд (см. дальше), можно объяснить их пространственное распределение в Галактике: наиболее молодые вспыхивающие звезды— в звездных ассоциациях, более старые—в сравнительно старых скоплениях, а очень старые вспыхивающие звезды типа UV Кита—в галактическом звездном поле.

Существование большего числа вспыхивающих звезд в галактическом поле приводит к тому, что среди вспыхивающих звезд, открываемых во время фотографических наблюдений в областях звездных скоплений и ассоциаций, определенную долю составляют вспыхивающие звезды этого поля. Оценка этой доли представляет практический интерес.

Необходимая для такой оценки функция светимости вспыхивающих звезд талактического поля была определена в работе ;[40] по данным каталога ближайщих эвезд Гливе и его дополнения [66, 67], в сфере

вокруг Солица, где нолноту наблюдательного материала можно считать обеспеченной [68].

Функция светимости вспыхивающих эвеэд типа UV Кита окрестностей Солнца была определена [40] с помощью функции светимости эмисскойных красных карликовых звезд. Основанием для этого служило сходство этих двух классов эвеэд. Свидетельства в пользу этого допущения были рассмотрены ранее Швесткой [69] и Аракеляном [70].

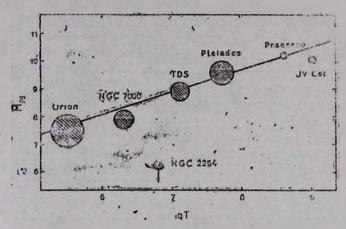


Рис. 3. Зависимость средней светимости вспыхивающих звезд от везраста системи, в состав которой они входят. M_{ρ_d} — средняя абсолютная фотографическая величина, T—возраст системы, в годах, По работе Амбаряна и автора [42].

Как важное подтверждение этой точки эрения можно рассматривать табл. 4. Она была составлена по данным каталога ближайших звезд Глизе [66, 67] и содержит следующие данные: абсолютная визуальная эвездная величина— M_{V} , число эмиссионных красных карликовых эвезд соответствующих светимостей— N_{e} , среди них звезд типа UV Кита— N_{UV} и относительное число этих звезд— N_{UV}/N_{e} . Данные табл. 4 показывают, что среди красных карликов с эмиссионными линиями в споктрах сраенительно низких светимостей подавляющее большенство является известными вспыхивающими звездами типа. UV Кита.

Полученная функция светимости вспыхивающих взезд типа UV Кита показала [40], что в поле 1-м телескопа системы Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории (около 4°×4°) доступны наблюдениям более 4 000 вспыхивающих ввезд абсолютной ввездной желичины 9.5—15.5, в фотометрической полосе В. Предельная ввездная ве-

авчина, достигаемая этим телескопом, при экспозиции 5—10 минут равна около 17 m 5. При этом только абсолютно самые яркие звезды ($M_B = 9.5$ —10.5) могут быть обнаружены на расстояниях до 500 пк, при вспышках с амплитудой, равной 1^m 0. Это предельное расстояние быстро убывает со светимостью вспыхивающих звезд. Например, для вспыхивающих звезд с $M_B = 14.5$ —15.5 это расстояние составляет всего 50 пк, при вспышках той же амплитуды.

Таблица 4
ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО ЗВЕЗД ТИПА UV КИТА СРЕДИ
ЭМИССИОННЫХ КРАСНЫХ КАРЛИКОВЫХ ЗВЕЗД
В ОКРЕСТНОСТЯХ СОЛНЦА [40]

M_V	N.	Nuv	N _{UV} N _e (%)
<10.0	100	12	12
>10.0	70	49	70

Из-ва ограниченных условий обнаружения, из более 4000 велыхивающих звезд, находящихся в поле 1-м телеокопа, лишь немногие могут быть обнаружены при фотографических наблюдениях втим телескопом, методом звездных целочек.

Табл. 5, составленная с помощью функции светимости вспыхивающих звезд типа UV Кита окрестностей Солнца [40], подтверждает это ваключение. В ней приведены числа вспыхивающих звезд типа UV Кита сооответствующих светимостей, в фотометрической полосе В. которые доступны наблюдению во время вспышек с амплитудой 0^m5 и 1^m0, втим телескопом.

Табл. 5 показывает, что из более чем 4000 вспыхивающих звезд галактического поля 1-м телескопом системы Шмидта, фотографическими наблюдениями, методом цепочек (в фотометрической полосе В), могут быть обнаружены всего 85, при вспышках с амплитудой, равной 0.5, и 169— с амплитудой 1.70,

Число всимхивающих эвеэд галактического поля, которые могут быть обнаружены при фотографических наблюдениях, естественно, должно расти с увеличением амплитуды вспышек. Однако, как покавал аналив фотовлектрических наблюдений вспышек звезд типа UV Кита окрестностей Солица, выполненных Моффеттом [41], фотографи-

ческие вспышки больших амплитуд у этих внезд практически не наблюдаются [40].

Таблаца 5

ВСПЫХИВАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ПОЛЯ, КОТОРЫЕ МОГУТ БЫТЬ ОБНАРУЖЕНЫ ПРИ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ 1-М ТЕЛЕСКОПОМ СИСТЕМЫ ШМИДТА БЮРАКАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕВРАТОРИИ, МЕТОДОМ ЦЕГОЧЕК [71]

-	Число вспыхивающих звезд				
M_B	0 ^m 5	170			
9.510.5	33	66			
10.5-11.5	24	48			
11.5-12.5	18	36			
12.5-13.5	7	14			
13.5—14.5	2	4			
14.5—15.5	0.6	1.2			
Bcero	~85	~169			

Данные табл. 5 можно использовать для оценки доли вспыхивающих звезд галактического поля среди вспыхивающих звезд, открываемых в областях звездных скоплений и ассоциаций, во время фотографических наблюдений.

Например, согласно втим данным, 1-м телескопом системы Шмидта в любой области неба, в том числе в областях, где нет звездных скоплений и ассоциаций, можно открывать до 170 вспыхивающих эвезд галактического поля. Между тем, в области скопления Плеяды имеется не менее 1000 вспыхивающих эвезд и из них уже обиаружено 546 (табл. 1). Отсюда следует, что доля вспыхивающих звезд, открываемых в этой области, синьше 20%. Если же учесть, что фотографическая вспышечная ективность эвезд поля в несколько раз ниже, чем у вспыхивающих звезд Плеяд [40], то эта доля должна быть значительно меньше, по крайней мере меньше 10%.

Эта доля должна быть еще меньше в области ассоциации Ориона, где полное число вспыхивающих звезд, доступных фотографическим наблюдениям методом цепочек, оценивается больше 2000 [53].

В общем случае доля вспыхивающих эвезд поля среди вспыхивающих звезд, открываемых фотографическими наблюдениями, с помощью широкоутольных телескопов, зависит от шолного числа вспыхивающих звезд в данной области неба. Это означает, что в тех областях, где

нет звездных скоплений и ассоциаций, эта доля, близко к единице, то есть почти все открываемые в этих областях эспыхивающие звезды принадлежат галактическому звездному полю.

Эти оценки полностью подтверждаются результатами фотографических наблюдений по поисму вспыхивающих звезд в областях галактического поля*. Такие наблюдения были выполнены в Бюрекане 1-м телескопом системы Шмидта. За почти 200 часов наблюдений была обнаружена всего одна вспышка [73]. Между тем, во время аналогичимх наблюдений области скопления Плеяды одна вспышка обнаруживалась за 1-2 часа [27].

Следовательно, средние пространственые плотиости вспыхивающих звезд в звездном поле Галактики и в скоплении Плеяды, сотласно этим оценкам, отличаются почти на три порядка.

Можно допустить, что это отношение не сильно отличается от отношения для более далеких систем.

Вспыхивающие звезды низких светимостей могут быть обнаружены только на небольших расстояниях. Вследствие этого вспыхивающие звезды низких светимостей, составляющие значительную часть звездных систем, остаются обычно не обнаруженными.

Поэтому данные о полном, числе и средней пространственной плотности вспыхивающих звезд в системах, находящихся на разных расстояниях, не одинаково обоснованы. Это существенное ограничение, которое может привести к значительным ошибкам в определейии их пространственной плотности. Попытаемся оценить отношение пространственных плотностей вспыхивающих звезд в окрестностях Солнца и в одной из ближайших систем—скоплении Плеяды.

В настоящее время в окрестностях Солнца, в сфере радиусом: 20 пк, известно сколо 100 вспыхивающих звезд типа UV Кита [38]. Их средняя пространственная плотностью равна около 0.003 пт⁻³.

В скоплении Плеяды в сфере радиусом 5 пк имеется порядка 1000 вспыхивающих эвезд [74]. Их средняя пространственная плотность неменее 2 $\,\mathrm{mk}^{-3}$.

Следовательно, средние пространственные плотности вспыхивающих звезд в звездном поле Галактики и в скоплении Плеяды, сотласноэтим оценкам, отличаются почти на три порядка.

Можно допустить, что это отношение не сильно отличается от этогозначения, для более далеких систем.

^{*)} Аро и Чавпра [72], оценив другим методом вклад вслыдивающих эзезд поляв результате фофографических наблюдений области слопления Плеяды, заключили, что среди открываемых в ней вспыхивающих звезд не менее одной пятой части является звездами галахтического поля. Однако позме Аро [7] высказал сомнение относительно этого результата.

10. Полное число красных карликовых ввезд в Галактике. Известно, что красные карлики составляют основное звездное население Галактики. Имеющиеся в настоящее время наблюдательные данные о вспыкивающих ввездах позволяют грубо оценить их полное число.

Прежде всего определим отношение вспыхивающих и невопыхивающих красных карликовых звезд, в Галактике. Для определения этого отношения для красных карликов в окрестностях Солица, воспользуемся каталогом ближайших эвезд с дополнением Глизе [66, 67] и каталогом ввезд типа UV Кита окрестностей Солица Н. И. Шаховской (см. [38]).

Табл. 6, основанная на данных этих каталогов, дает представление об этом отношении для эвезд разных светимостей.

В соответствующих столбцах табл. 6 вриведены: интервал абсолютных фотографических величин— M_{pg} , число красных карликов спектральных классов K и M— N_G , среди них непыхивающих эвезд типа UV Кита— N_{UV} и относительное число вспыхивающих эвезд— N_{UV}/N_G .

Таба. 6 естественно начинается с тех светимостей, которые встречаются у звезд типа UV Кита. Для абсолютно более врких звезд это отношение 'равно нулю, но число втих звезд чюбольшое и не может существенно повлиять на дальнейшие расчеты.

Таблица 6
ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО ЗВЕЗД ТИПА UV КИТА СРЕДИ
БЛИЖАЙШИХ КРАСНЫХ КАРЛИКОВЫХ ЗВЕЗД
СПЕКТРАЛЬНЫХ КЛАССОВ К И М [59]

Mpg	N _G	N _{UV}	N _{UV} N _G
7.5-8.5	50	1	0.02
8.5-9.5	100	3	0.03
9.5-10.5	131	7	0.05
10.5-11.5	67	10	0.10
>11.5	113	47	0.42
Bcero	461	68	0.15

Данные табл. 6 [показывают, что относительное число вспыхивающих эвеэд среди красных карликов спектральных классов K и M ретулярно растет с убыванием светимостей эвеэд. Это относительное число для всех эвеэд—красных карликов равно 0.15, то есть 15% всех K—M карликов окрестностей Солнца, исключая эвеэды абсолютно ярче $M_{pg} = 7.5$, составляют эвеэды типа UV Kита.

Тах как ввезды типа UV Кита, в силу вышеприведенных свидетельств, могут быть рассмотрены как изселение галактического звездного поля, то отношение полных чисел вспыхивающих и всех карликовых звезд, полученное для звезд окрестностей Солнца, можно считать приемлемым и для общего звездного голя Галактики.

Исходя из пространственной плотности звезд типа UV Кита в окрестностях Солнца 0.003 пк⁻³ и распространяя её на галактическое звездное поле, для полного числа вспыхивающих звезд типа UV Кита в Галактике получим 5×10⁸. Очевидно, что вто нижний предел искомого числа. Действительное число вспыхивающих звезд, с учетом их функции светимости, в галактическом поле должно быть на порядок больше—около 5×10⁸.

Для получения оценки полного числа невспыхивающих красных карликовых эвезд воспользуемся вышеприведенным отношением вспыхивающих и невспыхивающих красных карликов. Это отношение было получено только для красных карликов спектральных классов К и М. Учет красных карликов спектральных классов F и G увеличит их полнос число примерно в два раза.

В результате, полное число всех красных карликовых звезд в Γ алактике должно быть не менее 5×10^{10} , по порядку величины, что близко к полному числу всех ввезд в втой системе.

Несмотря на довольно произвольные предположения при получении втой оценки, она дает правильную цифру и согласуется с оценкой Оорта [75].

11. Диаграмма Герципрунга—Рессела вспыхивающих эвевд. В настоящее время не выбывает сомнения, что наиболее длительный период своей жизни явеяды проводят в равновесных состояниях, представляемых гланой последовательностью, на диапрамме Герципрунга—Рессела.

Что касается звезд, не достигших равновесных состояний, то они на этой диаграмме, как показывают наблюдения, расположены около главной последовательности, выше и ниже её.

Для орионовых переменных эвезд, в подавляющем большинстве случаев оказавшихся эвездами типа Т Тельца, первую такую диспрамму построил Паденаго [76] еще в 1954 г. На этой диаграмме эти эвезды заполняют полосу вокруг главной последовательности.

Диаграмму Герцшпрунга—Рессела для вспыхивающих звезд, входящих в звездные скопления и ассоциации, исследовали Аро и Чавира [52]. Они можазали, что на диаграммах, построенных для звездных систем разного возраста, вспыхивающие эвезды находятся в полосе, охватывающей главную последоательность с обеих сторон. При этом ширина этой полосы, то есть разбрюс точек относительно главной последовательности, для всех систем фастет в сторону звезд поздних спектральных классов, следовательно низких светимостей. Что касается начала указанной полосы, соответствующего самой яркой и самого раннего спектрального класса вспыхивающей гоезде в системе, то оно перемещается в сторону звезд ниэких светимостей и поздних спектральных классов, при переходе к более старым системам.

Первая диаграмма Герцшпрунга—Рессела для вспыхивающих звезд ассоциации Ориона была построена Эндрюсом [77], на основе фотографической фотометрин этих звезд.

Повже аналогичные днаграммы были построены для волыхивающих эвезд скопления Плеяды Чавушяном и Гарибджаняном [78] и Парсамян и Отанян [79], ассощиации Ориона—Нацваниввили [23], ассощиации Темных Облаков Тельца—Ходжаевым [27] и т. д. Все они, ва исключением работы [79], основываются на фотографической фотометрии вспыхивающих эвезд. Только в последней работе были испольвованы спектральные классы ввезд, определенные из наблюдений спектров с объективной призмой. Все построенные диаграммы подтверждают результаты Аро и Чавира [52]. С точки эрения эволюции красных кар-Анков определенный интерес представляет дистрамма красных караиковых звезд ассоциации Ориона, построенная Нацваншвиан [53]. На ней разброс точек относительно главной последовательности, в среднем. растет при переходе от вспихивающих эвезд к эвездам типа Т Тельца. типа Т Тельца, обладающие вспышечной а эвезды отношении ванимают промежуточное положение. н следовало ожидать, исходя из эволюцьюнной последовательности: ввезды типа Т Тельца («чистые»)—звезды типа Т Тельца, обладающие вспышечной активностью - вспыхивающие звезды.

Необходимо подчеркнуть, что наблюдениями было установлено существование молодых эвезд, расположенных на диаграмме Герцшпрунга—Рессела ниже главкой последовательности. Это серьезное, возможно непреодолимое затруднение, как впервые отметили Аро и Чавира [52], для современных теорий эволюции звезд, исходящих из гипотезы гравичационной жонденсации диффузной материи в звезды. Дело в том, что в них все треки молодых звезд до достижения главной последовательности проходят выше неё.

Сравнительно недавно втот вопрос еще раз был обсужден Аро [80], который пришел к выводу о реальности существования молодых ввезд, расположенных ниже главной последовательности.

Попытки объяснения этото явления влиянием различных факторов, переместивших молодые звезды из «реальных» их положений на положения выше гавной последовательности, трудно считать вполне обоснованными [39].

А недавнее объяснение Гётца [81] нахождения звезд типа Т Тельда ниже тлавной последовательности влиянием диффузной материи, связапной с имми тенетически, не может быть принято в случае вспыхивающих звезд, которые лишены втой материи.

12. О темпах эволюции звезд. Наблюдения вспыхивающих звезд в звездных скоплениях и аосоциациях разного возраста, а также в общем галактическом поле, привели к многочисленным свидетельствам в пользу общепринятого представения о прямой зависимоссти темпов эволюции звезд от их масс (сметимостей).

Приведем неокторые итоги этих наблюдений-

- 1. Еще в начальный период исследования вспыхивающих звезд в звездных скоплениях и ассоциациях Аро и Чавира [52] показали, чтов каждой звездной системе наблюдается определенная граница светныем (массы), которая разделяет вспыхивающие звезды от невспыхивающих. Все звезды системы ярче втого граничного значения являются: не вспыхивающими, слабее—вспыхивающими. Рассмотрение вспыхивающих звезд галактического поля подтверило эту закономерность.
- 2. Продолжительность жизни вспыхивающей звезды, или время еёпребывания в стадии вспышечной активности, растет с уменьшением: её светимости. Например, в одной из наиболее молодых систем вспыживающих звезд, в ассоциации Ориона, возраст которой порядка 108. лет, наблюдается много ярких невспыхивающих красных карликовых звезд. Очевидно, что они уже завершили стадию вспышечной активности*. Следовательно, для них стадия вспыхивающей звезды продолжалась не более чем 108 лет. Между тем, в более старых системах типа скоплений Плеяды или Гиады существует много вспыхивающих: ввезд, для которых стадия вспышечной активности еще продолжается. Это означает, что для них продолжительность пребывания в этой стадии больше возраста соответствующих систем и составляет десятки и сотни миллионнов лет, соответственно. Еще больше время пребывания в стадин вспышечной активности для вспыхивающих звезд галактического поля. По расчетам Кункеля [82] для звезды с визуальной абсолютной величиной M=15 и слабее продолжительность этой стадии сравнима с возрастом самой Галактики, порядка миллиардов лет..
- 3. Прямым следствием возрастания продолжительности стадии вспышечной активности красной карликовой звезды при переходе к звез-

^{*)} Предпола что у нях эволюционной стадии вспышячной активности не было мало вероятно, так как уже упомянутые работы, прежде всего Аро [7] и Амбарцумяна (см., налример, [1]) свядетельствуют, что эта стадия—закономерная оволюцеонная стадия, через которую проходят все красные карачковые звезды.

дам более нияких светимостей является зависимость средней светимости вспыхивающих систем от возраста соответствующих систем (рис. 3).

Можно привссти и другие соотношения, основанные на имблюдениях вспыхивающих явезд и свидетельствующие в пользу рассматриваемого представления. Все они, вместе с указанными, показывют, что темпы вволюции засед, действительно, примо зависят от масс (светныстей) звезд.

13. Зездные и солнечные вспышки. В последнее время среди специалистов, в особенности теоретиков, очень распространено мнение, что ввездные вспышки имеют по физической природе полное сходство с солнечными.

Однако вто мнение не вполне обосновано.

Дело в том, что весь комплекс наблюдательных данных о вспытивающих звездах показывает, что вспышки у красных карликовых ввезд начинаются, в ранних стадиях эволюции, а сама вспышечная активность в этот период являетя наиболее выдающейся особенностью ввезды. Иначе говоря, эта активность характеризует определенную стадию зволюции звезды. Следовательно, следует допустить, что появляющаяся в этой стадии способность производить время от времени вспышки является внутренней особенностью звезды.

С этой точки эрения попытки отождествлять звездиме вспышки с солнечными представляются не правомерными. Действительно, вспыхивающие звезды, как видно из нашето изложения, находятся на одной из ранних стадий эволюции красных карликов. Их вспышечная активность в этой стадии эволюции приводит к изменениям мощности и состава излучения, существенно меняющих в периоды вспышек спокойное излучение чнезды. Между тем, Солице давно завершило эту стадию эволюции, находится в равновесном состоянии, а вспышки не оказывают заметного влияния на его спокойное излучение.

Следовательно, различие между вспыхинающими звездами и Солнцем имеет глубокий, эволюционный характер, и трудно считать обоснованным допущение, что это различие не сказывается качественно на природе вспышек: эвездных и солнечных.

В этой связи уместно отметить, что еще в 1982 г. на коллоквиуме МАС, посвященном активности красных карликовых звезд, в Катании (Италия), были высказаны некоторые сомнения относительно правомерности отождествления звездных и солнечных вспышек. Например, Лински [83] по этому поводу отмечал, что «в этом подходе, однако, имеется опасность, так как аналогия с Солндем может оказаться пложим гидом для объяснения явлений на звездах, которые имеют параметры, сильно отличающиеся от параметров Солнца». А Симнетт [84], ваключая, что для красных карликовых эвезд «механизм вспышех мо-

жет быть весьма отличным», чем в случае солнечных вспышек, считал, что «переход от солнечных вспышек к вспышкам красных карликов может быть неуместным в худшем случае, гругным—в лучшем случае».

О сорьезных различиях между звездными и солнечными вспышками сридетельствует и недавнее исследование Ланга [85]. На основе обсуждения наблюдений радновспышен на явездах и на Солнце им был получен јемеод о том, что вспышки на красных карликовых звездах резко отличаются от солнечных вспышен по своей физической природе.

Таким бразом, можно констатировать, нто эвездные велышки отличаются от солнечных не только по масштабам, но и по физической природе. Эдесь речь идет о вспышках, энергии которых значительно превышают внертию спокойного излучения красной карликовой эвезды, за тот же шериод, характери зующих вволюционную стадию, через котоую Солнце уже прошло.

Можно полагать, что изучение разнообразных проявлений извездных вспышек в звездных скоплениях и ассоциациях, которые гораздо мощнее не только солнечных, но и вспышек звезд типа UV Кита, представляет более благоприятную возможность для решения допроса о фивической природе звездных вспышек.

Не исключена возможность того, что полное понимание природы солнечных вспышек будет достигнуто только после вскрытия природы эвездных вспышек. В связи с этим интересно отметить, что наблюдения дают основание допустить, что вспышечная активность звезд, подобно солнечной, имеет циклический характер [86].

. 14. Вспыхивающие звезды и природа дозвездной материи. Исследование вспыхивающих звезд может оказаться важным и для вскрытия природы дозвездной материи. Рассмотрим некоторые результаты исследования звездных вспышек, которые представляют определенный интерес с этой точки зрения.

Следуя Амбарцумяну [8], будем считать, что внутри красных карликов возможно еще сохранились стустки доявездной материи, из которой сни образовались. Допустим далее, что вта материя сверхплотная, имеющая значительные запасы внутренней энертии (см., например, [87]). В этом случае выход стустков этой дозвездной материи—носителей внутризвездной энертии в поверхностные слои звезды и освобождение там этой энертии могут привести к различным наблюдаемым изменениям изулчения звезды, в зависимости от тлубины слоев эвезды, тде осовобождается внутризвездная энертия.

В частности, вспышки могут происходить только в тех случаях, когда освобождение энергии происходит в атмосфере звезды или выше нее. В этом случае, в зависимости от глубины слоев, должны наблю-

даться различия во времени воэгорания вспышки, в цвете вспышечного излучения и средней частоте соответстующих вспышек.

Например, время возгорания вспышки может принимать разные значения, то есть должно меняться непрерыгным образсм, при достаточной статистике. Фотовлектрические наблюдения вспыхивающих звезд типа UV Кита подтверждают вто. Причем, как и следвало ожидать, при справедливскти сделанного допущения, время возгорания для подавляющего большиества вспышек весьма небольшое: порядка нескольмих секунд. Освобождение внутризвездной энергии в этих случаях происходит во внешних слоях хромосферы или еще выше, над этими слоями. Чем глубже слои, где освобождается внергия, тем больше должно быть время возгорания вспышки.

С глубиной соответствующих слоев должна уменьшаться и средняя частота таких вольшеск. Дело в том, что шри спонганном характере освобождения внутризвездной внергии, вероятность того, что на данном отревке пути носителя внергии произойдет вольшка, пропорциональна длине втого отрезка, которая резко убывает с глубиной слоев. Очевидно, что при достаточно большой тлубине слоев, где освобождается внутризвездная внергия, всеме не могут произойти вспышки.

Важным подтверждением этого представления явилось открытие Аро [56]. Разделив все наблюденные фотографические вспышки на лве группы по времени возгорания, «быстрые» и «медленные», он по-казал, что размичия между их параметрами (время возморания, средняя частота, цвет вспышечного излучения) находится в полном согласии с ожидаемыми для еспышек, имевших место на разных глубинах атмосферы звезды, по указаниюму сценарию.

Правда, с самото начала Аро [88] предполагал, что «быстрая» или «медленная» природа вспышек зависит от параметров звезды, на которой кроисходят вспышки. Однако после тото, как на звездах, по-казавших «медленные» вспышки, были наблюдены и «быстрыс» вспышки [39], выяснилось, что это предположение не вполне соответствует действительности. На самом деле время воэторания вспышки зависит, тлавным образом, от тлубины клосов атмосферы звезды, тде происходит вспышка. Наглядным подтверждением является фотографическое наблюдение сложной вспышки на вспыхивающей звезде № 73 в ассоциации Ориова, представляющей собой комбинацию двух кривых вспышек: «быстрой» и «медленной», произошедших одна за друтой [43].

Вместе с втим, наблюдения ывездных вспышек в системах разногововраста коказывают, что относительное число «медленных» вспышек среди всех вспышек зарегистрированных в каждой из них, неодинаковое- «Медленные» вспышки чаще наблюдаются, по-видимому, в более-

молодых системах, по есть у еспыхивающих эвева более высоких светимовтей (табл. 7).

С этим заключением согласуется и тот наблюдательный факт, что у вопыхивающих звезд типа UV Кита существует прямая зависимость между временем возгорания вспышки и светимостью (рис. 4).

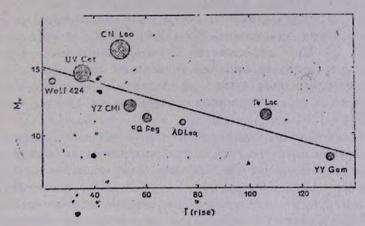


Рис. 4. Зависимость времоти возгоратия встышля от светимости взему и для звему типа UV Кита окрестностей Солица, построенная по далими фотовлектрических наблюдений Моффетта [41]

Таблица 7 ДОЛЯ "МЕДЛЕННЫХ" ВСПЫШЕК СРЕДИ ВСЕХ ВСПЫШЕК, НАБЛЮДЕННЫХ В ВЫБОРКАХ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЭВЕЗД РАЗНОГО ВОЭРАСТА (8°)]

Выборяа	Число набаюденных еспышеч	Из них с г = 10 м иг.	Относительное число "медлечных" всимшек (%)
Оргон	455	23	5.1
Паряды	1273	91	1.6
UV Kuta	275	2	0.7

Прижечание. t-время возгорания всиштии.

Результаты наблюдений звездных вспышек с различной продолжительностью периода возгорания, в частности «быстрых» и «медленных» по классификации Аро [88] находятся в полном согласии с представлением о тем, что наблюдаемые между ними раличия являются следствием того, что эти вспышки происходят на разных тлубинах атмосферы звезд: Следуст отметить, что наиболее прудной задачей, с наблюдательной точки врения, явилось выявление изменений цветов вспышечного излучения, с изменением времени возгорания вспышек. Тем не менее, эта задача была успешно решена. Сначала Аро [56] удалось наблюдать спектры жбыстрой» и «медленной» вспышек с домощью объективной призмы и пожавать значительное усиление красното континуума во время «медленной» вспышки. Затем колориметрические наблюдения ввездных вспышек, как точных фотоэлемтрических (в случае вспышек звезд типа "UV Кита окрестностей Солнца), так и менее точных фотографических (в случае вспышек в звездных скоплениях и ассоциациях) подпвердили пскраснение, в среднем, вспышечного излучения, вознижающего в период вспышек, с возрастанием времени возгорания вспышек [89-91].

Совпадение даблюдаемых особенностей эвездных вспышек с различными временами возторяемя с предсказанными на основе вышеизложенното представления, кажется дает нам основание предполагать, что звездные вспышки происходят, на самом деле, иследствие выхода из недр в наружные слои красной карликовой звезды инпотетических носителей внутризвездной энергии, в виде сгустков сверхплотной довездной материи и освобождения этой энергии на различных тлубинах их атмосфер.

15. Заключение. Установление эволюционного статуса вспыхивающих звезд имело решающее значение для исследования многих вопросов эволюции и физики красных карликовых звезд.

В свете втого открытия по-новому были рассмотрены вспросы, относящиеся прежде всето к вволюции втих звезд. В частности, оказалось возможным определить путь вволюции красных карликов на основе исключительно наблюдательных данных.

Данные, полученные с помощью исследования вопыхивающих звезд в ввездных скоплениях и ассоциациях, позволили по-новому поставить и решать вопросы, относящиеся с существоваестю звезд липа UV Кита в окрестностях Солнца, и вообще распределению краоных карликовых звезд в Галактике.

На основе наблюдательных данных удалось показать, что всевспыхивающие ввезды, как в звездных окоплениях и ассоциациях, так: и в галактическом поле, составляют единый класс объектов, обладающих общей особенностью—вспышечной активностью.

Соотношения между параметрами вспыхивающих звезд, полученные из исследования этих звезд в физических системах, предоставили свидетельства в пользу общепринятого представления о зависимоститемпов зволющии звезд от их масс (светимостей).

. Рассмотрение распределения вспыхивающих эвеэд среди всех красных карликов в звездных системах разного возраста и для различных
светимостей, показало, что доля вспыхивающих звезд среди всех карликов в каждой системе растет к звездам более низких озетимостей,
а средняя светимость вспыхивающих звезд убывает со старонием системы.

Были получены свидетельства в пользу группсвого происхождения красных карликовых звезд, а также динамической неустойчивости кратных систем типа Трапеции, состоящих из ввезд типа Т Тельца и вспыхивающих исключительно.

Имеются довольно обоснованные аргументы против отождествления ввездных вспышек с солнечными, по физической природе.

Наконец, различия средней частоты вспышек, цвета вспышечного излучения и времени воэторания для разных вспышек, например «быстрых» и «медленных», объясняются с помощью представления отом, что соответствующие в'спышки происходят на различных глубинах атмосферы ввезды. Совпадение параметров вспышек с ожидаємыми, согласно этому представлению, можно рассматривать как свидетельство в польву типотезы сверхплотных протозвезд.

Принципиальные результаты, изложенные в настоящей статье, показывают необходиместь дальнейших наблюдений вепыхивающих звезд более севершенными методами и по возможности синхронно в разных областях спектра, для решения многих, еще нерешенных вопросов физики и эволющии звезд, в частности природы звездной активности.

Бюраланская астрофизическая обсерватория

FLARE STARS AND EVOLUTION OF RED DWARF STARS

L. V. MIRZOYAN

The results of the evolutionary study of red dwarf stars are discussed, in the light of the investigations, carried out mainly in the Byurakan and Tonantzintla (Mexico) observatories. A special attention is paid to fiare stars, representing one of the early stages of their evolution. Some of the mention results are at present debatable.

ЛИТЕРАТУРА

- V. A. Amaartsumtan, L. V. Mirzogan, in "New Directions and New Frontiers In Variable Star Research". IAU Colloquium No. 15, Veroff, Bamberg Obs., 9, Nr. 100, 98, 1971.
- 2. V. A. Ambartsumian. L. V. Mirzoyan, in "Variable Stars and Stellar Evolution",
 IAU Symp. No 67, e.s. V. Sherwood, L. Plaut, Reidel, Dordrecht, 1975, p. 3.

- 3. L. V. Mirzogan. in "Flare Stars in Star Clusters, Associations and Solar Vicinity", IAU Sump. No 137, eds. L. V. Mirzoyan, B. R. Pettersen, M. K. Tsvetkov, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-Lendon, 1990, p. 1.
 - 4. L. V. Mirzoyan, Vistas in Astronomy, 27, 77, 1984.
 - В. А. Амбардумян, Научные труды. ред. В. В. Соболев, т. 2, 1959; т. 3, 1989
 Изд-во АН Армении, Ераван.
 - 6. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Astrophys. Sp. Sci., 84, 317, 1982.
 - 7. G. Haro, Bol. Inst. Tonantzintla, 2, 3, 197.
 - 8. В. А. Амбарцумян, Сообщ. Бюракап. обс., 13, 1954.
- 9. G. Haro, W. Morgan, Astrophys. J., 118, 16, 1953.
- 10. G Huro, L. R. Terrazas, Bol, Obs. Tonantzitla, No 10, 3, 1954.
- 11. G. Haro, Bol. Obs. Tonantzintla, No. 11, 11, 1951.
- 12. R. Rosino. Contr. Asiago Obs., No. 69, 1956.
- 13. R. Rosino. in "l.».-Luminosity Stars", S. S. Kumar eds. Gordon and Breach Science Publishers. New York-London-Paris, 1469, p. 181.
- G. Haro, in "Non-Stable Stars", IAU Symp. No. 3, ed G. H. Herbig, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1957, p. 25.
- G. H. ro, in "Symposium on Stellar Evolution" ed. J. Sahade, Astron., Observ. Nat. Univ. La Platta, 1962. p. 37.
- 16. H. L. Johnson, R. I. Mitchell, Astrophys. J., 128, 31, 1958.
- 17. К. Алави, Астрофизические воличины, Мир. М., 1977.
- 18. A. Sandage, Astrophys J., 125, 435, 1957.
- В. А. Амбарцумян, в ки.: "Звезди, туманьости, галактики", Изд-во АН Армении, Ереван, 1969, стр. 283.
- В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирволн, Э. С. Парсамян, О. С. Чавушян.
 Л. К. Ерастова, Астрофизика, 6, 3, 1970.
- 21. В. А. Амбарцуман, Астрофизика, 6, 31, 1970.
- А. В. Мирзоян, Г. Б. Отанян, Вспыхывающие звезды и родственные объекты, ред. А. В. Мирзоян, Изд-во АН Армении, Еревал, 1986, стр. 68.
- 23. R. Sh. Nateviltshvill, in "Flare Stars in Star Clusters, Associations, and Solar Vicinity", eds. L. V. Mirzoyan, B. 2. Pettersen, M. K. Tsvetkov, IAU Symp. No. 137. Kluwer Acad. Publish., Dordrecht-Boston-London, 1990, p. 101.
- 24. А. С. Ходжава, Нестационарные звезды в области Темных Облаков Тольца, Кынд. диссертация. Бюраканская астрофизическая обсердатория, 1935.
- В. В. Амбарян, в кн., "Вспыхивающие звезды и родственные объекты". род.
 А. В. Мярзови. Изд-во АН Арменяи, Ереван, 1985, стр. 120.
- 26. Л. В. Мирзоян, О. С. Чавушян, Сообщ. Бюракан. обс., 42, 17, 197 1.
- 27. Л. В, Мирзоян, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян, Астрофизика, 33, 5, 1990,
- 28. J. R. Stauffer, Astron. J., 85, 1341, 1980.
- 29. G. Haro, E. Chavtra, G. Gonzalez, Bol. Inst. Tonantzintla, 3, No. 1, 1982.
- И. Янкович, Веныхивающая активность красных карликовых звезд в области открытого скопления Ясли, Канд-диссертация, Ереванский университет, 1975.
- 31. М. К. Цветков, Исследование нестационирных звезд в области туманностей NGC 7000 и IC 50:8—70 в созвездии Лебедя, Канд. диссертация, Ереванский упиверситет, 1976.
- 32. M. K. Tsvetkov, K. Tsvetkova, in "Flare Stars in Star Clusters, Associations and Solar Vicinity", eds. L. V. Mirzoyan, B. R. Pettersen, M. K. Tsvetkov IAU Symp. No 137, Kluwer Acad. Publish., Dordrecht-Boston-London, 1990. p.
- 33. R. Artol, H. W. Duerbeck, W. C. Settter, M. K. Tsvetkov, ibid, p. 85,

- 34. В. А. Амбарцумян, в кн. "Нестационарные звезды", ред. М. А. Аракеляп, изд-во АН Армении, 1957. стр. 9.
- G. H. Herbig. in "Symposium, on Stellar Evolution", ed. J. Sahade, Astron.
 Obs. Nat. Univ. La Platta, 1962, p. 45.
- 36. M. A. Arakeltan, in "Non-Periodic Phenomena in Vaziable Stars", ed. L. Detre, IAU Colloquium No. 4, Acad. Press, Budapest. 1969, p. 161.
- 37. А. Т. Гарибджанян, Сообщ. Бюракан. обс., 49, 63, 1976.
- 38. Р. Е. Гершберг, Вспыхивающие звезды малых масс, Наука, М., 1978.
- А. В. Мирзоян, Нестационарность и эволюция эвезд, Из-во АН Армении, Ереван, 1981.
- Л. В. Мирзолн, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджаняя, А. Л. Мирзолн, Астрофизика, 29. 44, 1988.
- 41. T. J. Moffett, Astrophys. J., Suppl. Ser. 29, 1, 1974.
- 42. Л. В. Мирзоян, В. В. Амбарян, Астрофизика, 28, 375, 1988.
- А. В. Мирвоян, Раниме стадии эволюции звезд, Изд-во АН Армении, Ереван, 1991.
- 44. G. H. Herbig. in "Stellar Populations". ed. D. J. K. O. Connell. Specola Astron. Vaticana, Recherche Astron., 5, 127, 1958.
- 45. G. H. Herbig, Astrophys. J., 135, 736, 1968.
- 46. B. R. Pettsersen, S. L. Hawley, Astron. Astrophys., 217, 187, 1989.
- 47. R. E. Gershberg, Astrophys. Sp. Sci., 19, 75, 1972.
- 48. C. H. Lacy, T. J. Moffett, D. S. Evans, Astrophys. J. Suppl. Ser. 30, 85, 1976.
- В. И. Краснобабцев, Р. Е. Гершберг, Изв. Крымской астрофиз. обс., 53, 154, 1975.
- 50. С. А. Коротин, В. И. Краснобабцев, в кн. "Всимхивающие звезды и родственные объекты", ред. А. В. Мирзоян, Изд-во АН Армении, 1 реван, 1985, стр. 147.
- 51. G. Maro, Rev. Mex. Astron. Astrophys., Special Issue, 7, 183, 1983.
- 52. G. Haro, E. Chavira, Vistas in Astronomy, 8, 89, 1966-
- Р. Ш. Нацелишении, Вспыхивающие звезды в Орионе и Плеядах, Канд. диссертация. Бюракаяская астрофизическая обсерватория, 1988.
- 54. G. H. Herbig, in "Problems of Physics and Evolution of the Universe", ed. L. V. Mirzoyan, Acad. Sci. Armenia, Yerevan, 1978, p. 171.
- Л. Н. Холопов и др., Общий каталог переменных звезд. 4-е издание, Наука, М. 1985—87.
- 56. G. Hare, in "The Galaxy and The Magellanic Clouds", eds. F. J. Kerr, A, W Rodgess, IAU-URSI Symp. No 20, Australian Acad. Sci., Canberra, 1964, p. 30.
- 57. A. S. Hojaev, in "Flare Stars in Star Clusters, Associations and Solar Vicinity"-eds. L. V. Mirzoyan, B. R. Pettersen, M. K. Tsvetkov, IAU Sump. No. 137, Kluwer Acad. Publish., Dordrecht-Boston-London, 1990, p. 81.
- 58. Я. Б. Зельдович, И. Новиков, Ролятивистская астрофичика. Наука, М., 1967.
- Л. В. Мирзоян, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян, А. Л. Мирзоян, Астрофизика, 31, 259, 1989.
- 60. M. Rodono, Flare Active Binary Systems, Catania Obs. Prepr., 1979.
- 61. Д. С., Эванс, в ин. "Вспыхивающие звезды", ред. Л. В. Мирзоян, Изд-во АН Армении, Ереван, 1977, стр. 40.
- 62. М. М. Закиров, в сб., "Исследование экстремально молодых звездных комплексов."
 Изд-во ФАН, Ташкент. 1975, стр. 95.
- 63. Г. Н. Салукадзе, Астрофизика. 16, 505, 687, 1980.
- 64. В. В. Амбарян, Астрофизика, 28, 149, 1988.
- В. В. Амбарян, А. Л. Мирвоян, Астрофизика, 35, 27, 1991.

- 66. W. Glison, Veroff. Astron. Rochen Inst. Heidelberg, No. 22, 1969.
- 67. W. Gliese, H. Jahreiss, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 38, 423, 1979.
- R. Wielen, H. Jahreiss, R. Krüger, in "The Nearby Stars and Stellar Luminosity Function", eds. A. D. Philip, A. R. Urgren, IAU Colloquium No. 76, Davis Press, New York, 1983, p. 168.
- 69. Z. Sveetka, Bull. Astron. Inst. Czechoslovakia, 5, 4, 1954.
- 70. М. Л. Аракодян, Сообщ. Бюракан. обс., 41, 56, 1970.
- 71. Л. В. Мирзоян, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян, А. Л. Мирзоян, Астрофизмии, 29, 531,1998.
- 72. G. Haro, E. Chavtra, Bol. Obs. Tonantzintla, 5, No. 31, 23. 1969.
- О. С. Чазушян, Исследование вспыхивающих звезд в области агрегата Пленды, Канд. диссертация, Бюраканская астрофизическая обсерватория, 1979.
- 74. А. А. Мирзоян, Астрофизика, 19. 588, 1983.
- 75. J. H. Oort, in "Stallar Populations", ed. D. J. K. O' Connel Specola Astron. Vaticans, Recharche Astron., 5, 419, 533, 1958.
- 76. П. П. Паренаго, Труды ГАИШ, 25, 1964.
- 77. A. D. Andrews, Bol. Ints. Tomentzintle, 5, No. 34, 195, 1970.
- 78. О. С. Чаедшян, А. Т. Гарибджанян, Астрофизика, 11, 565, 1975.
- 79. Э. С. Парсамян, Г. Б. Озанян, Астрофизика, 29, 220, 1988.
- 80. G. Haro, Astrofizika, 29, 18, 1988.
- W. Götz, in "Flare Stars in Star Clusters, Associacions and Solar Vicinity" eds. L. V. Mirzoyan, B. R. Pettersen, M. K. Tsvetkov, IAU Symp. No. 137, Kluwer Acad. Publish. Dordrecht-Boston-London, 1990, p. 215.
- 82. W. Kunkel, in "Variable Stars and Stellar Evolution", ees. V. Shervood, L. Plaut, IAU Symp. No. 67. Reidel, Dordrecht, 1975, p. 15.
- 83. J. L. Linsky, in "Activity in Red Dwarf Stars", eds. P. B. Byrne, M. Rodono, IAU Colloquium No. 71, Reidel, Dordrecht-Boston-Lancaster, 1983, p. 39.
- 84. G. M. Stmnett, ibid, p. 289.
- 85. K. Lang, in "Flare Stars in Star Clusters, Associations and The Solar Vicinity", IAU Sumposium No. 137, eds. I. V. Mirzoyan, B. R. Pettersen, M. K. Tsvetkov, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-Loadon, 1990, p. 125.
- 86. Л. В. Мирвоян, Г. Б. Озинян, Астрофизика, 13, 561, 1977.
- 87. В. А. Амбаридмян, Г. С. Саанян, Астрофизика, 1, 7, 1965.
- 88. G. Maro, in "Stars and Stallar Systems", ed. B. M. Middlehurst, L. H. Aller Vol. S, Univ. Chicago, Press, Chicago, 1968, p. 141.
- 89. А. В. Мирзови, Н. Л. Медикин, в кв. "Всимкивающае ввезды и родственные объекты", ред. А. В. Мирзови, Изд-во АН Армении, Ереван, 1986, стр. 153.
- 90. О. С. Чинушин, И. Д. Меликин, в км. "Вспыхивающие звезды", ред. Л. В. Мярзолн, Изд-во АН Армении, Ереван, 1977. стр. 74.
- Л. В. Миряоян, О. С. Чавушян, Р. Ш. Нацелишенли, Г. Б. Отанян, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян, Астрофизика. 17, 197, 1981.

CONTENTS

The distribution of hot stars and absorbing matter in Carina	
H. M. Toumassian, R. Kh. Houhannessian, R. A. Epremian, D. Huguenin 16	65
Spectrophotometric investigation of faint Carbon stars at high galactic latitudes. II. Spectrophotometric data for 21 Carbon stars	*
	81
	89
Interstellar absorption in the galactic plane	-
	95
M. H. Eritstan, A. M. Mickaelian 20	03
Spectrophotometry and morphology of the galaxies with UV excess. IX.	
	11
Spectrophotometry of one Seyfert type galaxy , . M. A. Kazarian 21	17
On the study of isotropic scattering in the plane slab. The method of separated	
linear integral equations	25
	45
	51
NOTES	
Radial velocities of components of Trapezium type multiple stellar systems. I	
D 01 D. 11 1 1 1 1 - 1 - 1	73
REVIEWS	
Flare stars and evolution of red dwarf stars L. V. Mirzoyan 27	77