

25. Johnson H. L. Praesepe: Magnitudes and colors. *AphJ.* 1952, 116, 640.
26. Neckel H. The distribution of BD M-Type stars along the galactic equator, *AphJ.* 1958, 128, 510.
27. Nassau J. J., Morgan W. W. A finding list of F-stars of high luminosity, *AphJ.* 1952, 115, 475.
28. Hill S. J., Schilt J. Photographic magnitudes of 55700 stars in the zones $+10^\circ$ to $+20^\circ$ and $+30^\circ$ to $+50^\circ$. Contr. from the Rutherford obs. of Columbia Univ. 1952, № 32.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СПЕКТРАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ И СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ ЗВЕЗД ПОЗДНИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ КЛАССОВ

Г. Н. ДЖИМШЕЛЕЙШВИЛИ

Вопросы классификации и фотометрии непрерывного спектра поздних звезд рассматриваются в настоящее время многими астрономами [1, 2, 3]. Вопросы, которые возникли и не были решены при изучении фотографического и визуального участков спектра, исследователи пытались уточнить или решать привлекая данные, полученные в красных, в близких инфракрасных, ультрафиолетовых лучах [4, 5, 6, 7 и др.]. Отклонения от зависимостей, нормальных для спектров большинства звезд, в последнее время удачно были объяснены различием в химическом составе [8, 9, 10, 11, 12]. Так называемый «эффект населенности» также проверяется данными различных участков спектра [13, 14]. Для решения подобных вопросов желательно иметь как можно больше наблюдательных данных в различных участках спектра, полученных для самых разнообразных объектов.

Нашей целью было распространение классификационной работы на слабые поздние звезды и рассмотрение особенностей спектров в визуальном участке и близких ультрафиолетовых лучах.

Так как наша работа ведется параллельно и отчасти совместно с плановой работой Абастуманской астрофизической обсерватории, то частично она опубликована или сдана в печать [14—17]. Мы здесь при ведем данные, касающиеся главным образом С-звезд, а также поздних звезд эквивалентных спектральных классов.

Наблюдения поздних звезд различных типов проводились в основном осенью 1966 г. на большой призмной камере Абастуманской обсерватории с 8°-призмой (умеренная дисперсия, звезды до 10.5 визуальной звездной величины); обрабатывались визуальный, фотографический и близкий ультрафиолетовый участки спектра. Данные наблюдений соответственно перечисленным участкам приведены в таблицах 1, 2, 3, 4, 5. Фотоматериалом служили в основном пластинки Кодак ОаF. Если использовались другие сорта эмульсии Кодак I-N, OPBO ZU-1, Илфорд HP-3, об этом указано в шестом столбце таблицы. Нами использован

Таблица 1

Дата	№№ пластинок	Координаты центра		Время выдержки в мин.	Звезда	Примечания
		α_{1900}	δ_{1900}			
12. II. 1956	115	$07^h 23^m$	$+21^{\circ} 07'$	30	13, 14	Ильфорд НР-3
27. VI. 1966	5600	18 27	36 48	60	21	
1. VII.	5610	19 45	32 33	40	29	
8. VII.	5619	20 30	38 30	40	42, 43	42—налож.
10. VII.	5628	20 04	35 50	40	34, 36, 39	34, 39—негод.
12. VII.	5631a	17 10	42 15	30	20	
12. VII.	5632	18 39	36 51	30	21, 22	
13. VII.	5635	20 16	47 35	30	35, 38, 40, 41	
18. VII.	5638	22 00	20 34	30	50	
19. VII.	5641	20 00	39 00	60	31, 37	
20. VII.	5642	20 16	47 35	60	33, 35, 38, 40, 41	
20. VII.	5643	21 32	34 18	25	48	
26. VII.	5649	20 00	39 00	40	31	
19. VIII. 1966	5693	20 16	47 35	30	35, 38, 40, 41	
20. VIII.	5696	23 56	59 48	30	58	
20. VIII.	5699	21 55	$+50^{\circ} 10'$	40	49	
23. VIII.	5703	18 45	$-08^{\circ} 01'$	20	23, 24, 25, 26	25—негод.
23. VIII.	5704	19 18	$-10^{\circ} 53'$	20	27	
23. VIII.	5705	21 06	$+23^{\circ} 13'$	30	46	
24. VIII.	5708	01 10	25 14	30	1	
26. VIII.	5714a	19 25	76 23	27	28	
26. VIII.	5716a	21 38	35 03	20	48	
27. VIII.	5720	20 45	45 52	30	44, 45	
27. VIII.	5721	22 40	61 12	30	53, 54, 55	45—негод.
18. IX.	5781	02 15	56 09	20	3	54—
21. IX.	5809	23 58	59 55	90	58	55—перед.
21. IX.	5810	01 12	25 20	90	1	58—перед.
IX.	5817	22 45	60 00	90	52, 53, 54, 55	Кодак I—N
23. IX.	5820	21 55	50 10	90	49, 51	Кодак I—N
23. IX.	5821	01 41	53 35	30	2	55—перед.
27. IX.	5823	21 42	35 40	30	48	
3. X.	5840	21 36	78 10	40	47	
3. X.	5841	21 42	34 00	40	48	
19. XI.	5982	04 16	27 55	60	5	
19. XI.	5988	20 10	20 18	30	30, 32	
20. XI. 1966	5997	23 23	47 12	100	56, 57	
21. XI.	6010	04 45	23 18	60	6	
21. XI.	6012	08 53	17 45	30	15, 17	
22. XI. 1966	6014	03 52	12 00	90	4	
3. II. 1967	6103	05 50	29 00	90	7, 8, 9, 10	
3. II.	6104	07 26	21 00	60	13, 14	
3. II.	6105	07 14	69 55	30	11, 12	
5. II.	6106	07 12	69 00	60	11, 12	
5. II.	6107	08 54	51 55	40	16, 18	
19. II. 1967	6159	14 00	33 00	50	19	

Таблица 2

Дата	№№ пластинок	Координаты центра		Время выдержки в мин.	Звезда	Примечания
		α_{1900}	δ_{1900}			
23. XII. 1965	5325	$00^h 12^m$	$+43^{\circ} 27'$	60	59	ОРВО ZU—1
23. XII. 1965	5330	06 37	40 44	40	60, 61	
27. VIII. 1966	5717a	21 38	35 03	60	48	ОРВО ZU—1
20. XI. 1966	5989	19 33	33 15	10	29	Кодак ОаО
17. II. 1967	6140	12 28	02 00	60	64	ОРВО ZU—1
18. II.	6145	09 00	$+33^{\circ} 00'$	20	62	
19. II.	6157	10 35	$-11^{\circ} 50'$	15	63	
20. II. 1967	6175	10 35	$-11^{\circ} 50'$	10	63	ОРВО ZU—1

Таблица 3

Дата	№№ пластинок	Координаты центра		Время выдержки в мин.	Звезда	Примечания
		α_{1900}	δ_{1900}			
23. VI. 1966	5590	$19^h 22^m$	$+50^{\circ} 03'$	15	9	Кодак ОаF
26. VI.	5598	17 55	44 21	25	3	"
27. VI.	5509	18 08	32 30	25	4, 5	"
27. VI.	5601	20 38	40 00	60	11	"
1. VII.	5610	19 45	32 33	40	10	"
18. VII.	5637	19 00	39 00	60	7	"
19. VIII.	5696	23 56	$+59^{\circ} 48'$	30	13	"
23. VIII.	5703	18 45	$-08^{\circ} 01'$	20	6	"
23. VIII.	5704	19 18	$-10^{\circ} 53'$	20	8	"
24. VIII.	5708	01 10	$+25^{\circ} 14'$	30	1	"
23. IX. 1966	5820	21 55	50 10	90	12	Кодак ОаF
5. II. 1967	6107	08 54	51 55	40	2	

Таблица 4

Дата	№№ пластинок	Координаты центра		Время выдержки в мин.	Звезда	Примечания
		α_{1900}	δ_{1900}			
9. VII. 1966	5624	$17^h 55^m$	$04^{\circ} 33'$	90	3	Кодак ОаО + УФС—6
19. XI.	5990	23 28	30 12	21	5	"
19. XI.	5992	01 05	54 42	15	1	"
20. XI.	5997	23 23	47 12	100	4	"
14. IV. 1967	6253	14 00	10 31	15	2	"

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6			7	8
			h, m						
28	UX Dra	183556	19 25.1	+76 22'	R	N0	C6,4; C7,3	SRb	WS706, D309
29	TT Cyg	186047	19 37.1	32 23		N3e	C5,4e; C6,4e	SRb	WS289, D213
30	BF Sge	190048	19 58.0	20 49		N3	C2,4	Ib	D139
31			19 58.1	39 42		N3	C6,4	SR	WS460
32	X Sge	197606	20 00.7	20 22		N3	C4,5		D140
33			20 00.7	47 53	R	N:	C3,4		D318
34			20 05.6	34 55		N:	C4,4		WS202
35	SV Cyg	191738	20 06.5	47 35		N3	C5,5	Ib?	D319
36	RY Cyg	191783	20 06.5	35 39	R3	N	C4,4	Ib?	D216
37	RS Cyg	192443	20 09.8	38 26		N0pe	C8,2e	SRa	WS25
38			20 10.0	48 25			C1	Ib	[26]
39	V 432 Cyg		20 11.8	36 43	R		C7,2; C9,2e	WS206, D218	
40	U Cyg	+49 3238	20 13.3	49 36	R	Npe		D320	
41		193680	20 16.5	47 35				D321	
42			20 23.0	37 57	R			WS210	
43	V Cyg	+47 3167a	20 33.8	36 29		N	C7,4	WS640, D222	
44	DS Cyg	198681	20 38.1	47 17	R2, R3	Npe	C	WS468, D327(39)	
45		201626	20 46.9	45 03	R	N	C5,4	WS215, D330	
46	S Cep	206362	21 05.7	26 13		N8e	C7,4e	CH—звезда, K2	
47	V 460 Cyg	206570	21 37.8	35 03		N1	C6,3; C6,5	D336	
48	LW Cyg	208512	21 51.1	50 01			C4,2	WS517, D343	
49		209621	21 59.7	20 34	R		C3p,2	WS671, D346	
50	CT Lac		22 02.7	47 58		N	C	WS253, D72	
51			22 28.5	58 09	R8	Nb	C6,4	WS27, D348	
52	DG Cep	215484	22 40.4	61 12	R	N		WS28	
53		+59 2564	22 41.4	59 03				WS258	
54			22 42.4	59 03				D358	
55	EU And		23 15.3	46 13	R			D359	
56	EV And		23 18.6	44 53				WS29	
57	WZ Cas	224855	23 56.2	59 48		Np	C9,1e		
58									

Примечание к табл. 6 и 7: буквами D и WS обозначены номера из списков звезд обсерватории Дирбори и Уорнер и Суэйзи.

Таблица 7

№ п/п	Звезда	HD	α_{1900}	δ_{1900}	m_e (m_i)	С п е к т р			Тип	Примечания
						R	N	C		
59	SU And	225217	h, m 00 02.1	+43° 22'	8.0—8.5		Nb	C5,3	Ib	D365
60	RV Aur	46321	06 27.6	42 35	8.4	R	N		SRb	D290
61	UU Aur	46687	06 29.7	38 32	6.5		N3	C5,3	SRb	D192
62		76846	08 53.6	34 09	9.2	R, R0, R2				D199
63	U Hya	92055	10 32.6	—12 52	7.9—9.2p		Nb, N2	C7,3	Ib	HR463
64	SS Vir	108105	12 20.1	+01 19	6.0—9.9v		Ne	C6,3e	M	D108
29	TT Cyg	186047	19 37.1	32 23	(6.3)	R	N3e	C5,4e; C6,4e	SRb	WS289, D213
48	V 460 Cug	206570	21 37.8	35 03	(5.2)	R	N1	C6,3; C6,5	Ib	D222

Таблица 8

№ п/п.	HD	α_{1900}	δ_{1900}	m_v HD	С п е к т р		Примечания
					HD	[лит.]	
1	7725	$h\ m$ 01 11.9	$+25^{\circ}46'$	9.30	Ma		
2	78049	09 01.0	53 39	8.60	K0		
3	164646	17 57.1	45 30	5.92	K2	gM0	
4	167006	18 08.1	31 23	5.02	M2	gM3	
5	167063	18 08.5	$+33^{\circ}15'$	7.12	K5	gM0	
6	172768	18 36.9	$-07^{\circ}26'$	7.12	Ma		
7	178770	19 04.8	$+39^{\circ}00'$	7.55	Mb	gM6	
8	181312	19 14.9	$-10^{\circ}44'$	7.34	Ma		
9	182917	19 21.9	$+50^{\circ}03'$	7.07	Mb	gM7	CH Cyg
10	187796	19 46.7	32 40	var	Md	M8e, S10e	γ Cyg
11	195728	20 26.0	39 23	9.60	Mc	gM5	
12	210014	22 02.3	49 48	7.57	K5	K5	
13	224364	23 52.2	60 28	7.01	Ma	Ma	

Таблица 9

№ п/п.	HD	α_{1900}	δ_{1900}	m_v HD	С п е к т р	
					HD	[лит.]
1	6497	$h\ m$ 01 00.9	$+56^{\circ}24'$	6.58	K0	K2111
2	122563	13 57.6	10 11	6.12	G0	K2—K4111
3	165195	17 59.6	03 48	7.90	G5	K2—K4111
4	219962	23 15.0	47 50	6.35	K0	K2111
5	221170	23 24.6	29 53	8.20	K0	G21V

Таблица 10

№ п/п.	HD	α_{1900}	δ_{1900}	m_v HD	С п е к т р		Примечания
					HD	[лит.]	
1	76294	$h\ m$ 08 50.1	$+06^{\circ}20'$	3.30	K0	K0111—, 4150"	ζ Нуа
2	104998	12 00.3	31 46	8.10	K0	K0111CN+3	
3	112127	12 49.0	27 19	7.10	K2	K2111CN+3	

спектра около длин волн 5190, 5670 и 6150 — второго признака для определения температурного класса углеродных звезд по Кинану-Моргану [5]). Мы здесь должны отметить, что для применения С-системы в наших условиях, нам пришлось несколько видоизменить определения признаков первого и второго параметров классификации. Это сделано следующим образом. 1 признак 1-го параметра — это определение абсолютной интенсивности D линий Na. В нашем случае, для определения интенсивности NaD мы поступали следующим образом. По измеренным нами, остаточным центральным интенсивностям $I_0 = \frac{I}{I_0}$, где I — интен-

Таблица 11

1 Звезда срав- нения HD	2 m_v HD	3 С п е к т р		4 № пластинок	5 С—звезда
		HD	Абастум.		
7300	7.92	K0	g(c:)K0	5708	
7825	8.60	K0	g K0	5810	1
11847	8.40	K0	g K0	5821	1
13737	8.40	K0	g K0	5781	2
25186	7.52	K0	g K0	6014	3
					4
27933	8.00	K0	g K0	5982	5
31039	6.65	K0	g K0	6010	6
38803	7.29	K0	g K2	6103	7, 8, 9, 10
56168	8.30	K0	g K0	6105, 6106	11, 12
58920	9.40	K0	g K0	115	13, 14
58990	8.00	K0	g K0	6104	13, 14
75913	8.60	K0	g(G8—K0)	6107	16, 18
76573	7.80	K0	(g—c)K0	6012	15
77174	8.40	K2	g K2	6012	17
123783	8.90	K2	g K2	6159	19
155784	6.87	K2	g K2	5631a	20
170896	7.60	K0	g K0	5600	21
172206	7.52	K0	g K2	5632	21, 22
172656	8.90	K2	g K2	5703	23, 25, 26
174109	7.26	K0	g K2	5703	24
181860	8.08	K0	g K0	5704	27
183051	7.12	K0	g K0	5714a	28
186859	8.50	K2	g(c:)K0	5610	29
191045	7.03	K2	g K2	5641	31, 37
191814	6.26	K0	g K0	5988	30, 32
192041	7.96	K2	g K2	5649	31
192223	9.10	K2	g K2	5635; (5642); [5683]	35, 38, 40, 41; (33, 35, 38, 40, 42); [33, 35, 38, 40, 41]
192556	8.70	K2	g K2	5628	34, 36, 39
197074	8.10	K2	g K0	5619	42, 43
199394	7.09	K0	g K0	5720	44, 45
205395	7.34	K0	g K0	5840	47
205880	7.27	K0	g K0	5643, 5761a, 5823	48
206696	8.50	K2	g K2	5705	46
207088	6.60	K0	g K0	5841	48
207945	8.30	K0	g K0	5699; (5820)	49; (49, 51)
209599	8.10	K0	g K0	5638	50
215533	8.00	K2	g K2	5721	53, 54, 55
216103	8.11	K0	g K0	5817	52, 53, 54, 55
221024	8.00	K5	g K5	5997	56, 57
224519	8.11	K2	g K2	5696; 5809	58

Таблица 12

Звезда сравнения	m_v HD	Спектр HD	№ пластинок	C-звезда
1659	8.70	K0	5325	59
47099	7.72	K5	5330	60
47572	7.38	K0	5330	61
77659	8.90	K0	6145	62
91434	6.85	K0	6175	63
92034	6.93	K0	6157	63
108874	7.38	K0	6140	64
185288	7.80	K0	5989	29
207088	6.60	K0	5717a	48

Таблица 13

Звезда сравнения	m_v HD	С п е к т р		№ пластинок	Звезда табл. 8
		HD	Абастум.		
7300	7.92	K0	g K0	5708	1
78049	7.33	K0	g K0	6107	2
165566	7.49	K0	g K0	5598	3
165683	5.92	K0	g K0	5599	4,5
174109	7.26	K0	g K2	5703	6
176410	7.47	K0	g K0	5637	7
181020	7.40	K0	g K0	5590	9
181860	8.08	K0	g K0	5704	8
185999	7.11	K0	g K0	5610	10
198456	7.90	K0	g K0	5601	11
207945	8.30	K0	g K0	5820	12
224784	6.37	K0	g K2	5696	13

Таблица 14

Звезда сравнения	m HD	Спектр HD	№ пластинок	Звезда табл. 9
7600	8.41	K2	5992	1
122548	7.24	K0	6253	2
163132	6.63	K2	5624	3
219688	6.55	K2	5997	4
220538	8.11	K2	5990	5

Таблица 15

Звезда сравнения	m HD	Спектр HD	№ пластинок	Звезда табл. 10
76311	7.70	K2	6249	1
106278	8.60	K0	6251	2
115541	6.89	K0	6252	3

сивность в центре бленды (при использованной дисперсии линии D сливаются в одну бленду), а I_0 — интенсивность в этом же месте на уровне непрерывного спектра бленды NaD. Для стандартных звезд (т. е. звезд

из таблицы 2, общих с таблицей 1 Кинана-Моргана [5] была построена зависимость (g_0 , I_{NaD}). Эта зависимость была уточнена с помощью вторичных стандартов в нашем случае тех углеродных звезд, для которых известны спектральные классы в C-системе. Первичные и вторичные стандарты и данные для них приведены в таблицах 16 и 17.

Таблица 16

Звезда табл. 6	Звезда	С п е к т р		
		Й е р к с	Й е р к с	Б у и г
1	Z Psc	NO	C7,3	C5,3
12	RU Cam	KO—RO	C0,1;C3,1	—
15	X Cnc	N3	C5,4	C5,2
20	156074	R1	C1,2	C1,0
21	T Lyr	N3	C6,5	C3,0
24	S Set	N3	C5,4	C4,7
28	UX Dra	N0	C7,3	C5,6
41	U Cyg	Npe	C7,2;C9,2	C8,2
47	S Cep	N6e	C7,4	C5,0
48	206570	N1	C6,3	C5,7
50	209621	R3	C3p,2	C1,5
53	DG Cep	Nb	C6,4	C5,6
58	WZ Cas	N1p	C9,1	C8,5

Таблица 17

Звезда табл. 6	Звезда	С п е к т р		
		[л и т.]	[л и т.]	Б у и г
17	T Cnc	R5—R6;N3	C4,5	C3,8
22	HK Lyr	Nb	C6,2;C6,4	—
26	T Set	N3	C5,3	C5,3
27	182040	R0;R2	C1,2	C3,2
29	TT Cyg	R;N3e	C5,4e;C6,4e	C4,5
32	X Sge	N3	C4,5	C4,5
35	SV Cyg	R3;N3	C5,5	C5,5
36	RY Cyg	N	C4,4	C4,4
37	RS Cyg	N0pe	C8,2e	C8,3
44	V Cyg	Npe	C7,4e	—
49	LW Cyg	R2;R3	C4,2	C4,2

Зависимость (g_0 , I_{NaD}), где интенсивность дается в десяти балльной шкале, приведем в виде таблицы 18.

Таблица 18

I_{NaD}	g_0	I_{NaD}	g_0
0	938—880	7	620—568
1	880—830	8	568—517
2	830—778	9	517—460
3	778—725	10	460—410
4	725—670		410—358
5	670—620		
6	620—568		

Отклонения от средней зависимости, кроме ошибок измерений, могут быть вызваны тем неизбежным обстоятельством, что часть звезд меняет спектры со временем. В нашем случае отклонение по I_D координате составляет 2 подкласса. Отклонение от средней кривой по g_0 координате (средняя квадратичная ошибка) следующее: $s_n = 0.048$. По измеренным остаточным интенсивностям, из зависимости (g_0 , I_{NaD}), т. е. из таблицы 18, были определены I_{NaD} в десятибальной шкале для всех исследованных углеродных звезд. Результаты приводятся в таблице 19.

Таблица 19

Звезда табл. 6	Дата	J-D	Спектр Абастумани		Эквивалентные классы по спектрам		Цвет	5635 5585	CN Красные полосы	6269
			C	R,N	ли- нейч.	непр.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	24.VIII.1966	2439361.518	C3,2	Na	3	M1—M2 G8	—3	4	4	s
1	21.IX	386.520	C8,3	Na	6	M5 M5—M8	+2	5	3	s
2	21.IX	391.519	C2,4	R3	2	G4—G6 G0—G5	—3	1	2	s
3	18.IX	386.532	C3,5		5	G—F	—4	2	3	s
4	22.XI	451.427	C2,2	R	3	K3—K4 G0—G5	—3	0	0	w
5	19.XI	448.511	C4,4	R3	5	G8—K0 K0	—1	0	0	s
6	21.XI.1966	450.535	C6,4	Nb	4	K5—M0 M2—M5	+1	4	3	s
7	3.II.1967	524.333	C4,4		4	G—F	—4	1:	2:	w
8	3.II	524.333	C4,2	Nb	2	M3—M4 M2—M5	+1	1	0	s
9	3.II	524.333	C4,4	Nb:	4	K2—K5—M0	0		2	m
10	3.II	524.333	C4,4		4		0:	1	1	w
11	3.II	524.456	C3,4	Nb:	3	K0	—1	1	1	w
11	5.II.1967	2439526.369	C4,5	Na:	3	K5—M0: M2—M5	+1	1	1	w
12	3.II	524.456	C2,2	R3	0	G8—K0 G8	—2	0	0	w
12	5.II.1967	2439526.369	C1,2	R0	0	G4—G6 G8	—2	0	0	w
13	12.II.1956	2435516.308	C2,4	R3	1	K3—K4 K0	—1	1:	0	w
13	3.II.1967	2439524.396	C2,3	R0	2	K3—K4 G—F	—4	2	2	w
14	12.II.1956	2435516.308	C2,4	R3	2	K3—K4 K0	—1	1:	0	w
14	3.II.1967	2439524.396	C1,3	R0—R3	0	K3—K4 G0—G5	—3	2	1	m
15	21.XI.1966	450.606	C6,5	Nb:	6	M3—M4		2	0	w
16	5.II.1967	526.410	C1,2		0	G4—G6 K0	—1	2	0	w
17	21.XI.1966	450.606	C4,4		3	M2—M5	+1	4	1	w
18	5.II.1967	526.410	C3,4	R3	2	K3—K4 K2—K5—M0	0	0	0	m
19	19.II.1967	540.496	C2,2	R0	0	G8—K0 K2—K5—M0	0	2	1	w
20	12.VII.1966	319.308	C1,2	R0	1	G4—G6 G0—G5	—3	0	0	w
21	27.VII.1966	308.425	C5,4	Nc	4	K5—M0 M5—M8	+2	4	1	w
21	12.VII	318.343	C6,5	Nc	5	M5—M8	+2	3:	1	s
22	12.VII	318.343	C6,4	Nc	6	M1—M2 K2—K5—M0	0	4	3	m
23	23.VIII.1966	2439361.251	C5,4	Nb	5	K5—M0 K2—K5—M0	0	3	2	s
24	23.VIII	361.251	C6,4	Nb	5	M1—M2 M5—M8	+2	4	1	w
25	23.VIII	361.251	C0,4	Nc	0	G0—G5	—3	1	2	s
26	23.VIII	361.251	C6,4		7	K3—K4 M2—M5	+1	4	3	s
27	23.VIII	361.270	C2,2	R0	2	G4—G6 G8	—2	0	0	w
28	26.VIII	364.278	C5,3	Na:	4	M3—M4		4	0	m
29	1.VII	307.473	C6,4	Nb	6	K5—M0 M2—M5	+1	2	1	m
30	19.XI	449.199	C3,4		0	K5—M0 K2—K5—M0	0	2	3	w
31	19.VII	325.441	C6,4		6	M2—M5	+1	5	4	s
31	26.VII	332.381	C5,4	Nb	5	K2—K5—M0	0	4	3	s
32	19.XI	449.199	C4,4		4	K3—K4 K2—K5—M0	0	2	1	w
33	20.VII	326.485	C3,4	R0—R3	4	K3—K4 G0—G5	—3	2	2	s
34	10.VII	316.459	C4,...		6	G—F	—4	1:	2	m

Продолжение таблицы 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
35	13.VII	319.479	C6,5	Nb	6 M1—M2	M2—M5	+1	1	1	w
35	20.VII	326.485	C5,4	Na	6 M1—M2	K0	—1	2	2	m
35	19.VIII	357.332	C6,4	Nb—Nc	6 M3—M4	M2—M5	+1	1:	3	s
36	10.VII	316.459	C4,4	RN:	3 K5—M0	K0—K2—M0	0:	1	1	m
36	19.VII.1966	2439325.441	C8,2	Nb	9 M3—M4	M5—M8	+2	5	4	s
37	13.VII	319.479	C4,4	Nc	4	K0	—1	2	2	s
38	20.VII	326.485	C3,4	Nc:	3 K5—M0	G8	—2	1	2	s
38	19.VIII	357.332	C3,4	Nb:	3 K3—K4	G8	—2	2	3	m
38	10.VII	316.459	C5,...		6	K2—K5—M0	0	1:	2	m
39	13.VII	319.479	C3,4	Nc	4 K3—K4	G0—G5	—3	0	1	s
40	20.VII	326.485	C4,4	Nb	4 K3—K4	K2—K5—M0	0	1	1	s
40	19.VIII	357.332	C4,4	Nc	3 M1—M2	K2—K5—M0	0	1:	0	s
41	13.VII	319.479	C6,3		6 K5—M0	K2—K5—M0	0	4	4	w
41	20.VII	326.485	C7,2		8	K2—K5—M0	0	4	4	s
41	19.VIII	357.332	C4,2	Nc	4 K3—K4	K2—K5—M0	0	1	0	s
42	8.VII	314.471	C3,...		2	K2—K5—M0	0	налож.	2	s
43	8.VII	314.471	C5,5		5	K0; M5—M8	—1; +	2:	1	s
44	27.VIII	364.372	C6,4	Nc:	5	M2—M5	+1	4	3	w
45	27.VIII	364.372	C3,2		4	G0—G5	—3	1	2	s
46	23.VIII	361.298	C1,2		0	G4—G6		0	0	w
47	3.X	402.310	C6,4	Nc	6 M1—M2	M5—M8	+2	2	2	m
48	20.VII.1966	2439326.522	C4,4	Na	4 K3—K4	G—F	—4	5	налож.	налож.
48	26.VIII	363.396	C4,4	Na	4 K5—M0	G—8	—2	4	3	m
48	27.IX	395.339	C4,3	R5—Na	4 M2—M4	K2—K5—M0	0	1	2	w
48	3.X	401.350	C5,4	Nb	5 K5—M0	K2—K5—M0	0	4	3	m
49	20.VIII	357.410	C7,5	R5	7 K5—M0	M5—M8	+2	2	1	w
49	23.IX	391.467	C6,5		5 M1—M2	M5—M8	+2	2	2	s
50	18.VII	324.499	C2,2		1 G8—K0	K2—K5—M0	0	1	4	s
51	23.IX	391.467	C7,4	Nc	7 K5—M0	M5—M8	+2	2	3	s
52	21.IX	390.428	C4,5		3	K2—K5—M0	0	1	3	w
53	27.VIII	364.417	C6,4	Nb	5 M3—M4	M5—M8	+2	4	1	m
53	21.IX	390.428	C4,4		3 M1—M2	G8	—2	5	3	s
54	27.VIII	364.417	C6,2		7	M2—M5	+1	1:	1	s
54	21.IX	390.428	C4,...		4			налож.	2	w
55	27.VIII	364.417	C3,4		4	G—F	4	налож.	2	w
55	21.IX	390.428	C5,...		5		3:	2	3	w
56	20.XI	449.396	C3,4	Nb	1 K5—M0	K2—K5—M0	0	2	3	m
57	20.XI	449.396	C5,4	Nb—Nc	4 M3—M4	K2—K5—M0	0	2	3	s
58	20.VIII.1966	2439357.530	C9,3	Nc	9 M5	M5—M8	+2	5	5	m
58	21.IX.1966	2439386.450	C8,2	Nb	9 M5	M2—M5	+1	5	4	s

В основном это определяет первый параметр классификации в С-системе [6]. II признак: определение относительной интенсивности непрерывного спектра около длин волн: 5190, 5670 и 6150, наименее искаженных полосами поглощения C_2 и CN в оранжевом участке. Приказанных полосами поглощения C_2 и CN в оранжевом участке —4, —3, —2, чем в работе [5] цвет калиброван в семибальной системе —4, —3, —2, —1, 0, +1, +2, где —4 соответствует наиболее голубому и +2 самому красному цвету. Эти данные мы использовали для определения цвета следующим образом. Для всех звезд из списка 2 в визуальном участке спектра были построены зависимости $\left(\lg \frac{I}{I_0} \lambda^{-1}\right)$ где I и I_0 — интенсивности непрерывного спектра при длине волны λ для углеродной звезды и звезды сравнения KO, соответственно. В том случае, когда звездой сравнения служила звезда gK2 с помощью поправки $(\lg I_{K2}/I_{K0}, \lambda^{-1})$, вычисленной для других пластинок, все зависимости приведены к звезде

gK0. Для всех спектров для базиса $\Delta\lambda^{-1}=1.63-1.93$ ($\Delta\lambda=6150-5190$) были вычислены значения $\Delta y = \lg(I/I_{\lambda 0})$. Наряду с этими измерениями, аналогично были обработаны спектры вспомогательных звезд в интервале спектральных классов: F8—M8; F8; G0—G5, G8; K0; K2—K5—M0; M2—M5. Данные для этих звезд приведены в таблице 8. Все измерения были приведены также к звезде gK0. Для каждого интервала спектра были вычислены средние значения $\Delta y = \lg(I/I_{gK0})$. По идее Кинана-Моргана С-система представляет температурную последовательность, так что каждому подклассу С-звезд соответствует промежуток классов звезд кислородной последовательности с соответствующей эффективной фотосферической температурой: G4—G6—G0 (Тэфф. 4500), G7—G8—C1 (Тэфф. 4300) и т. д. Если мы прокалируем Δy , вычисленные для этого промежутка спектральных классов аналогично [5] в семибальной системе —4 —+2, так чтобы —4 соответствовало самому голубому, а +2 — наиболее красному цвету, то, думается, мы получим две идентичные последовательности: интервал спектра (С или эквивалентный спектральный класс) и соответствующие значения цвета (в работе [5] «средний цвет»), а в нашем случае интервал Δy .

Таблица 20

С-звезды			Звезды кислородной последовательности				
С-классы [5]	Стандарты [5]	Цвет [5]	Цвет [5]	Δy по экв. классам	Эквивалентный класс	С-классы	
C0	C1	—4	—4	+0.150 — +0.200	F—G	C0	
C1		—3	—3	+0.050 — +0.150	G 0—G 5	C0—C1	
C2		—2	—2	0.000 — +0.050	G 8	C2	
C3—C5		—1	—1	0.000 — —0.050	K0	C3	
C6—C7	C7	0	0	—0.050 — —0.150	K2—K5—M0	C4—C5—C6	
C7—C9		+1	+1	—0.150 — —0.250	M2—M5	C6—C7	
		+2	+2	—0.250 — и больше	M5—M8	C7—C9	

И хотя наши промежутки эквивалентных спектральных классов, не совпали с аналогичными из работы [5], полученную зависимость (таблица 20) мы можем использовать для калибровки цвета исследованных углеродных звезд. В таблице 19 приведены значения цвета в упомянутой выше семибальной шкале, взятые из таблицы 20 по измерениям для каждой звезды значениям Δy . В таблице 19 приводим также «эквивалентные спектральные классы», определенные вышеописанным образом. В таблице они обозначены как эквивалентные классы, определенные по цвету. III признак: определение относительной интенсивности колебательных полос λ 5635 и λ 5585 системы Свана C_2 , т. е. градиент интенсивности полос внутри системы полосы. При уменьшении температуры полоса поглощения λ 5635 больше полосы поглощения λ 5585. Применение в наших условиях этого признака в случае использования для классификации только желтого участка, описано в работе [14]. В данном случае оценка производилась по следующей шкале. Были про-

смотрены все спектры углеродных звезд, особо тщательно звезды, имеющие определения спектрального класса в С-системе. Были выделены шесть различных случаев, когда относительная интенсивность полос в группе C_2 5635 с уменьшением температуры меняется заметным образом. Соотношения интенсивности для каждой группы и соответствующие спектральные подклассы приведены в таблице 21.

Таблица 21

0	Обе полосы слабы	C0—C1
1	5635=5585, одинаковы по виду	C2—C3
2	5635=5585, не одинаковы по виду	C4—C5
3	5635=2×5585	C5—C6
4	5635=(3—5)×5585	C6—C7
5	5635=6×5585	C8—C9

IV признак: определение относительных интенсивностей атомных линий, расположенных в фотографическом участке спектра.

Эти данные были совершенно необходимы при обосновании С-системы, так как давали возможность установить нуль-пункт системы и последовательность эквивалентных спектральных классов кислородной последовательности. В работе [6] этот признак считается необходимым для определения спектрального класса. Трудности возникают из-за невозможности наблюдать синий конец спектра звезд позднее C6. В нашем случае, как уже отмечалось в работе [14], эквивалентные спектральные классы можно определять по блендам атомных линий, общих со спектрами звезд G, K, M (5175, 5209, 5250-70). Действительно, по данным Санфорда [27] в С-звездах в визуальном участке спектра имеются следующие полосы и атомные линии (таблица 22).

В работе Буйга [28] указывается также на бленду TiI полос поглощения: 5210, 5265, 5296, 5325. В этом же участке спектра в звездах гигантах кислородной последовательности gK—gM наблюдается следующие бленды атомных линий (таблица 23).

Таблица 22

Хим. элемент	Длина волны
C ₂	5165.2
MgI	5183.6
TiI	5193.0
CrI	5208.4
Fel	5328.0
Fel	5397.1
Fel	5464.9

Таблица 23

Хим. элемент	Длина волны
Mgb	5183.6
Cr—Fe	5209
Fe—Ti	5252
Fe—Ti	5270

В нашем случае в спектрах углеродных звезд видны следующие бленды линий (таблицы 24). Оказалось, что соотношение интенсивностей, оцененных на глаз, изменяется с уменьшением температуры вдоль последовательности С-системы. Мы смогли выделить шесть подгрупп, со-

Таблица 24

Бленда	Длина волны
Cr—Ti	5206
Fe—Ti—CN	5252—5260—5270
Fe—Ti	5340
Fe—неизв. полоса	5400
Fe—неизв. полоса	5420

ответствующих определенному интервалу спектральных классов кислородной последовательности. Описание подгрупп приводим в таблице 25.

Таблица 25

Интервал шкалы	Экв. спек. классы	C—классы	Описание вида бленд
0	G4—G6	C0	Бленды 1,2 не видны. 5260 хорошо видна. $3 \approx 5260 \approx 4$
1	G8—K0	C1—C3	Бленды почти не видны.
2	K3—K4	C4	Бленды 1,2 появились. 3 хорошо видна. $5 > 4$.
3	K5—M0	C5	1, 2 хорошо видны. 5269 увеличивается. 3 слабая. $5 \approx 4$.
4	M1—M2	C6	1,2 хорошо видны. $3 \approx 5260$. $5 < 4$. Бленда 5 уменьшается постепенно.
5	M3—M4	C7	Бленды 1,2 увеличены. $5260 \cdot 3 < 5260 \cdot 5$ продолжает уменьшаться. $5 < 4$.
6	M5	C8—C9	1,2 очень сильны, 1,2 могут оказаться в крыле полосы $C_2 5165$, $2 > 1 > 3$, 3 хорошо видна. $5 < 4$.

Эквивалентные спектральные классы, определенные по таблице 25, даны в таблице 19 в столбце рядом с эквивалентными классами, определенными по цвету звезды. Расхождения между ними обуславливает не только неточность определения, но в первую очередь трудность подобных оценок вообще и трудность оценок по низкодисперсным спектрам в особенности.

Перечисленные четыре признака по Кинану-Моргану [5] характеризуют температурную последовательность, т. е. первый параметр C-системы. Вторым параметром в C-системе является содержание углерода, определяемое как абсолютная интенсивность свановских полос. При этом в [5] считается, что интенсивность полосы зависит как от температуры, так и от содержания углерода. Так, например, в начале последовательности полосы всегда малы. Интенсивности свановских полос в работе [5] калиброваны следующим образом:

Интенсивность:	Индекс:
0—2	1
3—4	2
5—6	3
7—8	4
9—10	5

Для определения второго параметра мы поступили следующим образом. Для стандартных звезд (см. выше) были измерены значения Δ разрыва у головы полос свановской системы полос 5635:

$$\Delta = \lg \left(\frac{I_{\lambda > \lambda \text{ головы}}}{I_{\lambda < \lambda \text{ головы}}} \right) = \lg \frac{I_{5670}}{I_{5635}}.$$

По этим значениям и известным из литературы данным для второго параметра, была построена зависимость (Δ , параметр содержания), в шкале, приведенной выше. Приведем эту зависимость в виде таблицы 26.

Таблица 26

Параметр	Δ
1	0.000—0.190
2	0.190—0.515
3	0.515—0.650
4	0.650—1.175
5	1.175—1.505

Как и в случае определения I признака I параметра, неточность проведения средней кривой этой зависимости вызвана уже тем обстоятельством, что некоторые стандартные звезды имеют переменные спектры т. е. с течением времени может меняться не только первый, но и второй параметр. Отклонения от средней кривой по координате I_{C_2} составляет одну ступень шкалы, а по координате Δ средняя квадратичная ошибка равна ± 0.450 .

Для остальных звезд, по измеренным на микрофотограммах C—звезд значений плотности почернений около λ 5670 и 5637, с помощью характеристических кривых, построенных для визуальной области спектра, получены соответствующие значения $\lg I$, а затем Δ . С помощью таблицы 26 по измеренным Δ взяты значения 11-го параметра в шкале [5]. Полученные таким образом значения параметра содержания приведены в таблицах 6 и 19 как второй параметр в столбцах 7 и 4, соответственно. Причем в таблице 6 приводится среднее значение, определенное для разных дат по данным таблицы 19.

Сравнение между собой наших данных и данных Йеркской обсерватории для второго параметра стандартных звезд приводим на рис. 1. То же для стандартов приводится на рис. 2. Сравнения результатов классификации по первому параметру с Йеркскими [5] и другими имеющимися данными (таблица 2) приведены на рис. 3, 4, 5. Интересно также привести график изменения интенсивности свановской полосы $C_2 5636$ с увеличением спектрального подкласса в C-системе (рис. 6). Согласие между нашими и литературными данными с учетом переменной спектра рассматриваемых звезд, как для первого, так и для второго параметров хорошее (рис. 1, 2, 5). Как и следовало ожидать, после известных работ Шейна [29] и Кинана-Моргана [5], интенсив-

ность полос C_2 не меняется монотонно с изменением температуры (рис. 6). В каждом подклассе могут быть звезды с полосами различной интенсивности, но максимальное значение полос приходится на подклассы C5 и C6. Кроме оценок интенсивности полос C_2 и blends различных атомных линий, представляет интерес оценка интенсивности полос CN. В нашем случае возможно производить глазомерную оценку интенсивности красных полос циана: CN 6560, 6481, 6333, а также полосы неизвестного происхождения 6260-69. Так как красные циановые полосы в большинстве случаев попадают в область передержек и определение интенсивностей затруднено, мы оценивали их относительные интенсивности сравнением с соседними полосами 6020 и 5730. Описание шкалы мы даем в таблице 27.

Таблица 27

Интервал шкалы	C-классы	Описание красных полос циапа
0	C0—C2	CN — полосы слабы.
1	C4	CN — полосы в два раза слабее 6020.
2	C5	CN — полосы слабее или почти равны 6020.
3	C6	CN — полосы усилились и почти равны 6020.
4	C7	CN — полосы сильнее и почти равны 5730.
5	C8—C9	CN — полосы еще больше усилились и сильнее 5730.

График изменения красных полос циана приводим на рис. 7. Рис. 7 показывает, что если рассмотреть всю группу звезд вместе, то с понижением температуры интенсивность красных полос несколько повышается (средняя кривая). Если считать, что отклонение из-за ошибок определений от средней зависимости по x и y координате не превышает 1.5 подкласса и 2 ступени шкалы, соответственно, то из общей зависимости, кроме звезд типа CN, выпадают звезды 15, 25, 28 и 49. Во всех этих звездах, кроме звезды CN: HD209621, красные CN полосы слабее, чем в обычных звездах. Возможно, что в звездах 15, 25, 28, 49 и 50 красные полосы циана искажены.

Графики изменения цвета и эквивалентных классов звезд с уменьшением температуры С-звезд приведены на рис. 8, 9. Рассмотрение рис. 8 показывает, что с понижением температуры цвет звезды в общем становится краснее. Разброс точек вызван тем обстоятельством, что нами рассмотрена заведомо неоднородная группа звезд. В наш список наблюдений были включены СН и голубые звезды HD 76396, 201626, 209621, RU Sam (тип CW Ser) и инфракрасные звезды с чрезвычайно низкими температурами: Т Спс, Т Луг [29, 30]. U Cyg — у нас оказалось голубее, чем в работе [31], это можно объяснить частично неточностью наших определений цвета, а частично тем обстоятельством, что U Cyg — звезда с переменным спектром. Одна звезда — LW Cyg — по имеющимся определениям спектрального класса R2—R3 и C4,2, т. е. ранняя звезда, по нашим же данным имеет очень красный цвет (+2) и поздний класс C6,5—C7,5. В Общем Каталоге Переменных звезд LW

Суг числится как заподозренная звезда постоянного блеска. Что касается изменения эквивалентных спектральных классов с уменьшением температуры, то здесь по нашим данным (рис. 9) оказалось, что серьезных отклонений от среднего значения нет. Разброс точек от средней зависимости объясняется ошибками измерений и в некоторой степени переменностью спектров исследованных звезд.

Было замечено, что на некоторых микрофотограммах более поздних С-звезд участок спектра около точки 3 с длиной волны ~ 6170 , т. е. участок между полосами 6269 и 6020, несколько понижен. Мы это приписали наличию изотопа ^{13}C . Действительно, в этом участке спектра расположены полосы изотопа C^2 и CN [23], [30, рис. 38в], [33, фото 22 и 28, рис. 9]. Мы просмотрели также те спектры, где хорошо получены фотографические участки. Оказалось, что в некоторых спектрах хорошо заметны также полосы изотопа C_2 и более сильные из полос Санфорда-Меррилла [27, 34]: λ 4866, 4976, 5030. Как известно, полосы SiC_2 сильны в спектрах C4-C7 и вообще в спектрах N_c . По нашим данным полосы изотопа $\text{C}^{12}\text{C}^{13}$ около ~ 6170 и 4752 $\text{C}^{12}\text{C}^{13}$ сильны в спектрах звезд: X Sge, BF Sge, RS Cyg, V 460 Cyg, UX, Dra, WZ Cas, TT Cyg, LW Cyg, S Sct, DG Cep. X Cnc, Z Psc; полоса $\text{C}^{13}\text{C}^{13}$ —4731 в спектрах: Dearborn 244, Dearborn 86, DG Cep, Z Psc, X Cnc, BF Sge; полосы SiC_2 сильны в спектрах звезд: S Sct, Dearborn 244, DG Cep, Z Psc, BF Sge, RS Cyg, LW Cyg, RU Cam, TT Cyg, WZ Cas, SV Cyg, V 460 Cyg, X Cnc, HD 156074, +49°3238.

На рис. 10 мы проводим микрофотограммы двух С-звезд и для сравнения X Спс с обозначением перечисленных полос SiC_2 и изотопа C_2 . Обозначения изотопных полос в последовательности 4737 такие же как и в [33]. Как известно из литературы, при усилении полос SiC_2 должно увеличиться поглощение в области спектра $\lambda < 4500$, что приписывается поглощению трехатомной молекулой C_3 . По нашим спектрам эта зависимость также имеет место.

На рис. 11 и 12 приводим микрофотограммы С-звезд в визуальном участке спектра разных температурных классов (рис. 11) и класса обилия (рис. 12), также двух звезд, известных как звезды с аномальным содержанием CN и CH. Тут же отметим, что усиление (или ослабление) CN (полоса G) по нашим спектрам хорошо заметно для звезд типа CH и звезд с дефицитом водорода; например, HD 209621, 76396, 201626, 156074, 182040 и двух С-звезд Z Psc, U Cyg с эквивалентными классами K5 и M5, соответственное (рис. 13). G полоса, как и следовало ожидать, довольно сильна в спектрах ранних С-звезд C0-C3 (R0-R4), соответствующих эквивалентным спектральным классам G4-K0, с максимумом G полосы у G8-K0. Таковы звезды HD 56167, 58337, 77334 и Dearborn 202.

Для тех углеродных звезд (42 звезды), для которых на хроматическом фотоматериале хорошо видны фотографические участки спектра, нам удалось провести классификацию в системе HD, т. е. R. N. В системе HD (R, N) классифицированы также спектры тех звезд,

которые нами были сфотографированы независимо от упомянутых спектров отдельно в фотографическом участке спектра. Наблюдательные данные для этой серии приведены в таблице 2. Данные восьми исследованных углеродных звезд и соответствующих звезд сравнения K0 приводятся в таблице 7, 13.

Таблица 28

Звезда табл. 7	Дата	I.D.	Спектр Абастумани R,N
29	20.XI.1966	2439449.217	Nb:
48	27.VIII.1966	2439364.440	R3:
59	23.XII.1965	2438117.242	Nb:
60	23.XII.1965	2438117.428	Na
61	23.XII.1965	2438117.428	Na
62	18.II.1967	2439538.339	R0—R3:
63	19.II.1967	2439540.443	R3—R5
63	20.II.1967	2439541.444	R3
64	17.II.1967	2439538.540	Nb

Результаты классификации приведены в таблицах 19 и 28. Сравнение результатов классификации в С и R, N — системах приведены на рис. 14. Разброс точек больше, чем неточности определений, о них можно судить по данным рис. 3 и 5. Большие отклонения частично соответствуют пекулярным спектрам, например, звезде с дефицитом водорода HD 182040 и звезде CN HD76396. Всего для 11-ти N-звезд и 2-х R. Согласно между R и C-системой, как отмечалось многими авторами, лучше, чем между N и C. Несмотря на все старания исследователей расположить R и N звезды по какому-нибудь признаку в одну температурную последовательность, не удается сделать это полностью. Кроме работ [5, 6] Кинана-Моргана имеется определение температурной последовательности Буига [28]. Буиг расположил звезды R и N в последовательность, определяя только интенсивности NaD и вибрационную температуру по полосам CN и C₂. Особое внимание обращалось на выделение двух типов звезд в интервале C0-C6, различающихся значением

отношения интенсивностей полос 6260 и 6206: $R = \frac{6260}{6206}$. В нашем случае это соответствует значениям $s(R > 1)$, $m(R = 1)$, $w(R < 1)$ в столбце 9 таблицы 19. Как указывается в работах [6] и [28], согласие между подклассами Буига и МК в общем хорошее, что указывает на зависимость их подклассов от температуры. В работе [6] отмечается, что следует только улучшить критерии, определяющие подклассы C-системы. Сравнение наших результатов с данными Буига [28] (таблица 17) приведены на рис. 15 и 16.

Рассмотрение рис. 15 и 16 показывает, что по первому параметру для звезд T Cyg и U Cyg между сравниваемыми значениями имеются большие расхождения, вызванные вероятно тем обстоятельством, что наблюдение этих переменных выполнены в разные фазы. По второму

параметру расхождения значительны. Но расхождения объясняются, вероятно, тем обстоятельством, что сравниваются интенсивности различных полос Свана 5636 и 6191. Как отмечается в работе Буига [28], система полос 6191 может искажаться соседними полосами поглощения. В работе Буига [28] указывается также, что в интервале C1-C6 звезды можно разбить на два типа по трем признакам: по интенсивности полосы 6260, по развитию атомных линий (TiI) и изотопных молекулярных полос (последовательность +5CN) и по интенсивности полосы поглощения C₂: 6191. Эти подклассы отличаются от R и N. В интервале C7-C9 по Буигу, наблюдается некоторое увеличение температуры, а в четырех звездах — U Cyg, WX Cyg, RZ Peg, V Sps появление красных полос ZrO: 6210, 6343, 6474 и сильные полосы C₂ в минимуме блеска звезд. В подклассе, где 6260 > 6206, полосы ZrO не видны. В нашем случае изменение температуры, определенной по интенсивности NaD трудно проследить из-за недостатка данных в интервале C7-C9 (рис. 17). Здесь мы должны заметить, что в работе [28] для звезд T Sct и RY Cyg вероятно случайно даны значения второго параметра, непереведенные с интенсивности на индекс, т. е. C5,6 и C4,8 вместо C5,3 и C4,4. Эта ошибка вкралась в ОКПЗ [23].

Приведенные выше данные говорят о том, что по спектрам пока нельзя говорить с полной определенностью об однородности группы обычных C-звезд. Деление углеродных звезд на две группы R, N (или J, M), подкрепляется данными о пространственном движении C-звезд [35—38]. По этим данным группы R и N звезд различны. Как мы видели выше, классификация в C-системе дает возможность выделить звезды с особенностями в спектре. По таблице 19 и рис. 17 по данным для интенсивности полос CN, также как по признакам Буига [28], можно выделить звезды с аномальным содержанием CN, C₂, CN. Обычно, но выделить звезды с аномальным содержанием всей группы рассматриваемых звезд, в данном случае приходится говорить о неоднородности группы звезд, в данном случае приходится говорить о неоднородности углеродных звезд. По нашим данным, кроме CN — звезд, аномальными оказались следующие звезды: 1) ранние C-звезды и HD 156074, RU Cam (типа CW Cep), 2) звезды которые в разное время имели противоречивые значения спектрального подкласса, (из них Z Psc и U Cyg — одновременно имеют усиление полосы G), например, Ro и Nc: (AI Sct), C7,5 и R5: (LW Cyg) и 3) звезды: 5, 15, 24, 28.

Аномалии в линейчатом и полосчатом спектрах естественно отражаются на уровне непрерывного спектра. Но места расположения сильных полос поглощения и блэнд атомных линий в пекулярных и обычных звездах различны. Поэтому уровень непрерывного спектра искажается неодинаково. Это означает, что распределение энергии в различных типах звезд будет неодинаковым. То же самое положение имеет место при рассмотрении обычных звезд и звезд с ультрафиолетовым избытком (звезд II-го типа населения) соответствующих эквивалентных классов, т. е. при рассмотрении разных типов звезд кислородной последовательности. Обычно, при изучении распределения энергии в непрерывных

спектрах звезд, в качестве звезд сравнения стараются выбрать звезды не только тех же спектральных классов, но и однородные, т. е. подобные, например, по химическому составу атмосфер, с основными. В противном случае все особенности звезд сравнения должны быть учтены, или же они отразятся на распределении энергии изучаемых звезд. Между тем, теоретическая оценка влияния особенностей звезд сравнения, например, наличия бальмеровского скачка, непрерывного поглощения водорода, влияния blends атомных линий (покровный эффект или эффект темных полос), чрезвычайно трудная задача. Основываясь на этих соображениях мы решили при фотометрической обработке непрерывных спектров избежать необходимости делать чрезвычайно трудные оценки поправок за влияние покровного эффекта, сравнивая между собой поздние звезды, однородные по химическому составу. По Кинану [8], пекулярные звезды по кинематическим и физическим характеристикам подобны звездам гигантам поздних классов с тем же химическим составом атмосфер. Диаграммы из работ [8, рис. 3] и [1, рис. 1] дают схематически зависимость между группами с различным соотношением обилия элементов. Здесь в зависимости от изменения трех параметров, а именно соотношения углерода к кислороду $\left(\frac{C}{O}\right)$, водорода к сумме из трех эле-

ментов $\frac{H}{C+N+O}$ и элементов тяжелее железа к элементам легче железа

рассматривается все разнообразие пекулярных звезд. Пользуясь диаграммой из работы Кинана [8, рис. 3], мы выбрали звезды сравнения для наших С-звезд с особенностями спектров. А, именно, для звезд СН были выбраны звезды высоких скоростей (HV) [20, 22], для обычных С-звезд — звезды гиганты спектрального класса К, для звезды с дефицитом водорода — звезды с сильными полосами CN (звезды «4150») [6, 21].

К сожалению, непосредственное сравнение между собой перечисленных группировок очень трудно. Они малочисленны и разбросаны по небу. Поэтому мы решили во всех случаях иметь промежуточной звездой сравнения звезды gK0, т. е. сравнивать между собой зависимости $(\Delta I, \lambda^{-1})$, построенные для звезд: 1) С по отношению к промежуточной звезде сравнения gK0 и 2) HV (и «4150» — звезд) с таковой же, иначе говоря, — зависимости $C \rightarrow gK0$ приводить с помощью поправок $gK0 \rightarrow HV$ (и $gK0 \rightarrow$ «4150») к зависимости $C \rightarrow HV$ (и $C \rightarrow$ «4150»).

Изучение непрерывных спектров поздних звезд имеет свой круг вопросов и задач. Непрерывные спектры G-звезд рассмотрены в основном в работах [31, 32, 39], гиганты класса М в работах [31, 40], звезды высоких скоростей или с дефицитом металла и звезды поздних классов G, K, в работах [24, 25, 38, 42]. Здесь рассматриваются обычно следующие вопросы: 1) соответствие С-звезд со звездами эквивалентных классов в различных участках спектра, 2) причина, которая вызывает аномалии в ультрафиолете, именно, депрессию в N-звездах и избыток в

ранних С, СН, HV и поздних гигантах класса М (обычно в переменных типа Миры Кита), 3) причина излома в распределении энергии около длины волны 4800.

Кривые зависимости $(\Delta I, \lambda^{-1})$ для C0—C3, C4—C5, C6—C9 (звезда сравнения gK0) приводим на рис. 18, 19, 20, 21. Их рассмотрение показывает, что в ранних звездах имеется избыток излучения в ультрафиолете и звезды голубее gK0 (рис. 18). Звезды C3-C9 краснее звезд сравнения и постепенно увеличивают наклон, т. е. спектрофотометрическая температура понижается вдоль последовательности (рис. 19—21).

С понижением температуры в звездах N в участке спектра $\lambda < 4400$ возникает и постепенно увеличивается поглощение, вызванное трехатомной молекулой C_3 [31, 39]. Поэтому спектр, нормально экспонированный в визуальном участке спектра, сильно недодержан в близких ультрафиолетовых и синих лучах. Как известно [43], только увеличение выдержки в 30 раз дает возможность получить синие концы спектра. Очевидно, что одновременное экспонирование всего спектра, без искажения красного конца для таких холодных звезд, как звезды Nc (S Cep, например), невозможно. В подобных случаях пользуются данными узкополосной фотометрии. В наших условиях, мы могли получить часть спектров в фотографическом участке спектра, и кроме того, обработать короткие спектры, обрывающиеся около 4240 (Nb-звезды) и около H β (Nc-звезды). Данные для подобных звезд приведены на рис. 22, 23 и 24, соответственно. Во всех случаях, как и следовало ожидать, для звезд Nb и Nc зависимости $(\Delta I, \lambda^{-1})$ сильно понижаются или просто обрываются. В согласии с данными работ [31, 39], искажение (поглощение молекулой C_3) спектра (рис. 22—24) растет, начиная от звезд N2 к звездам Nc и форма кривой поглощения (по тем звездам, для которых синие концы спектров все же получены) подобна лабораторной кривой испускания C_3 [39]. В работе Мак-Келлара и Ричардсона [39] лабораторная кривая испускания C_3 и СН сравнивается с непрерывным поглощением поздних N-звезд, т. е. отклонением кривой $(\Delta I, \lambda^{-1})$ звезд Nb от таковой зависимости, построенной для звезд Na. На рис. 25 приводим аналогичные зависимости, построенные по нашим данным. Очевидна скудность нашего материала для возможности установить причину, вызывающую непрерывное поглощение и распространение депрессии с ультрафиолета на синий участок спектра с переходом от N0 к Nc. По данным узкополосной фотометрии [31], включающей ультрафиолет, для звезд Nc, депрессия с переходом от Na к Nc сильно растет и распространяется на синий участок спектра. Мак-Келлар и Ричардсон обратили внимание на то обстоятельство, что увеличение фиолетового поглощения не соответствует строго уменьшению подкласса в R, N — системе, а именно, переходя от Na к Nb и Nc для звезд с увеличивающимся поглощением в С-системе не соответствует значительное изменение поглощения. Спектры оказываются подклассов C7 (Na), C6-C7 (Nb) и C5-C9 (Nc). Как заключают Мак-Келлар и Ричардсон, сильное фио-

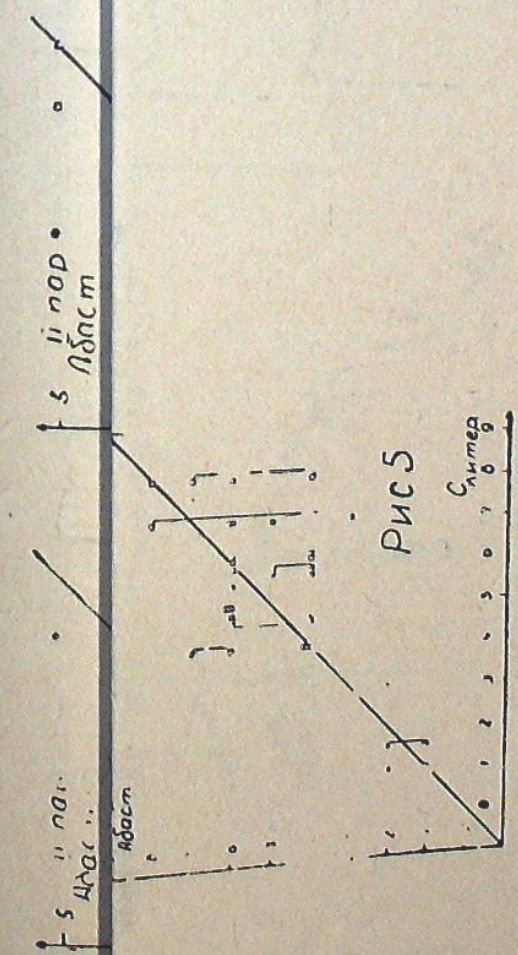
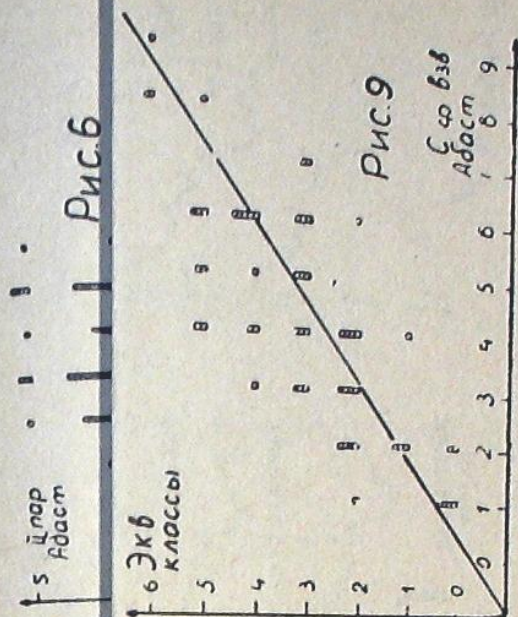
летовое поглощение (так же, как наличие полос Санфорда-Мерилла и 4053) должно зависеть не только от изменения температуры, но также от изменения другого физического параметра. Мы решили проверить изменяется ли фиолетовое поглощение (также полосы SiC_2 4053 и изотопы C_2) аналогично изменению полос C_2 , т. е. нельзя ли использовать его в качестве второго признака при определении параметра содержания. Чтобы освободить его от температурного влияния, мы использовали данные Мендозы и Джонсона [31] следующим образом. На рис 2 из работы [31] для звезд с известными спектрами в С-системе были отсчитаны величины Δu . В точке, соответствующей цвету и были отсчитаны отклонения от кривых, проведенных по точкам V, R, I, J — (Δu). Полученные значения Δu и соответствующие значения спектров приведены в таблице 29.

Таблица 29

Звезда HD	G	Δu или UV — аномалия
182040	C1,2	-0.5
113801	C1,1	0.0
V 460 Cyg	C6,3	+3.4
RY Dra	C4,4	+7.8
T Lyr	C6,5	+7.4

На рис. 26 приводим график изменения Δu в зависимости от второго параметра. Рассмотрение рис. 26 показывает, что для ранних С-звезд имеет место увеличение ультрафиолетового избытка, а в поздних звездах увеличивается ультрафиолетовая депрессия. Можно предположить, что и ультрафиолетовая аномалия (т. е. наличие избытка излучения в ранних и депрессии в поздних звездах) в общем растет с увеличением полос C_2 .

Рассмотрим теперь отдельно пекулярные звезды 12, 16, 20, 27, 47 и 50. Для них, как было сказано выше, нами были выбраны дополнительные звезды сравнения. Они по-возможности должны были иметь одинаковый с пекулярными С-звездами химический состав атмосфер. Зависимости ($\Delta gI, \lambda^{-1}$) для этих звезд приводим на рис. 27 и 28. На рис. 27 три звезды типа СН в синем конце спектра при различном наклоне имеют форму почти одинаковую со звездами НV: HD219962, HD 221170 и HD 122563. Для наглядности на рис. 27 три звезды НV сведены к кривой для звезды СН: HD 201626 (при этом наклон кривой для звезды



10.27

4HV
5HV

N599
4HV

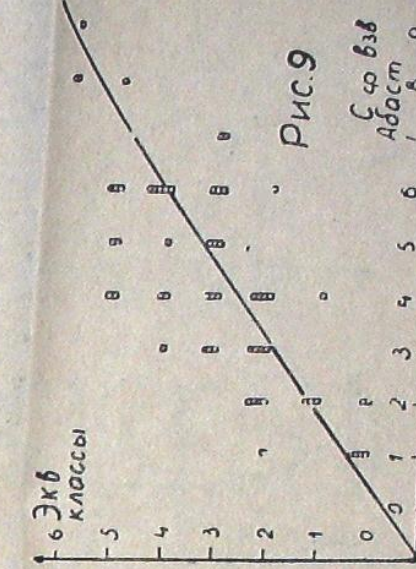
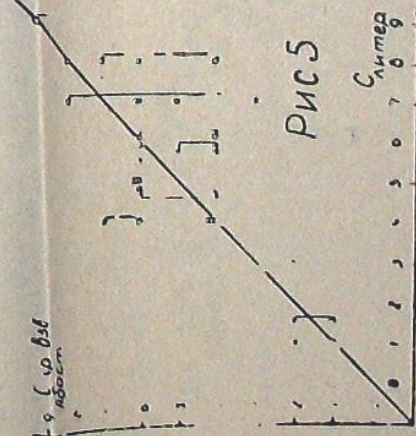
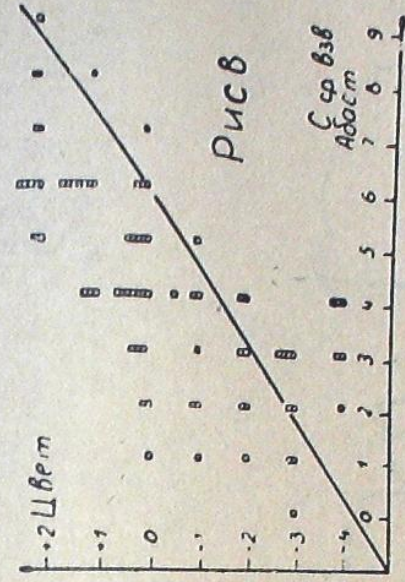
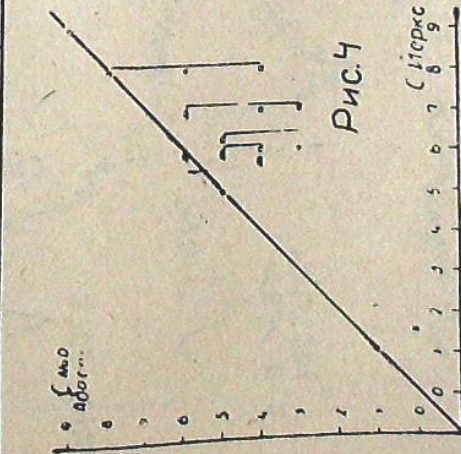
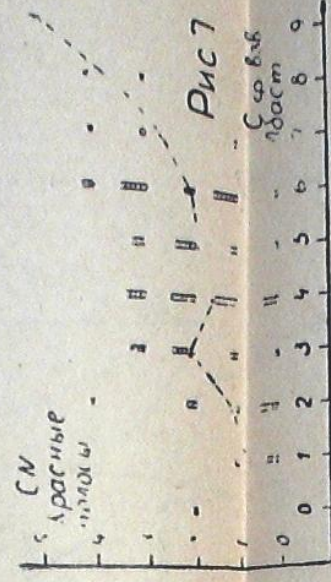
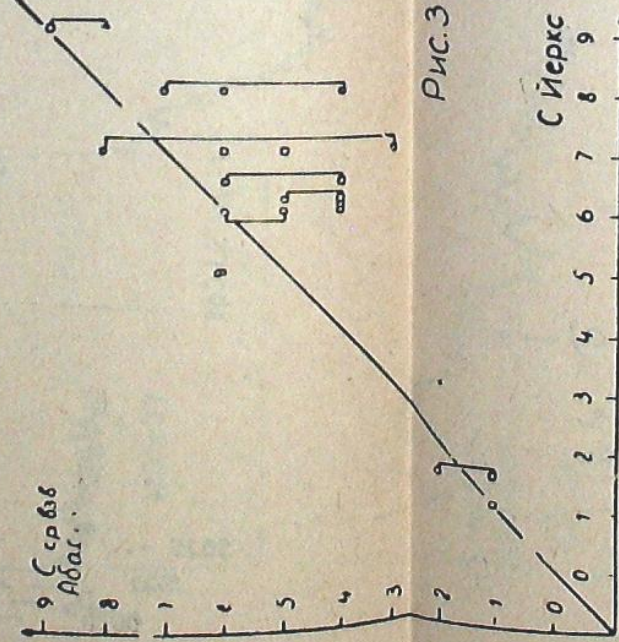
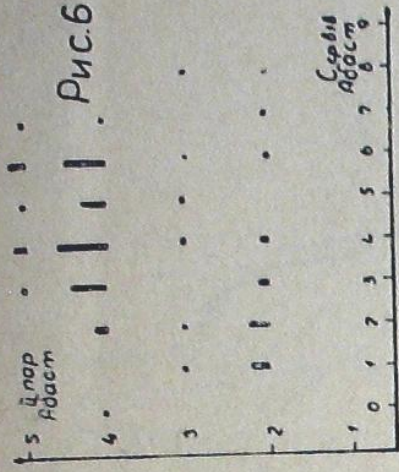
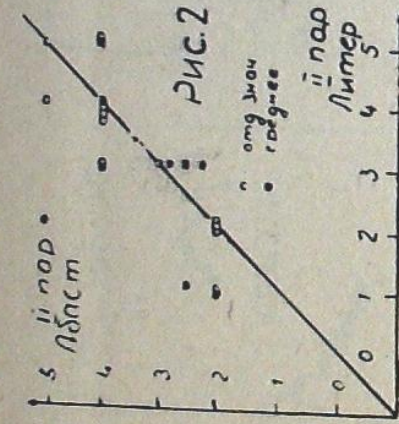
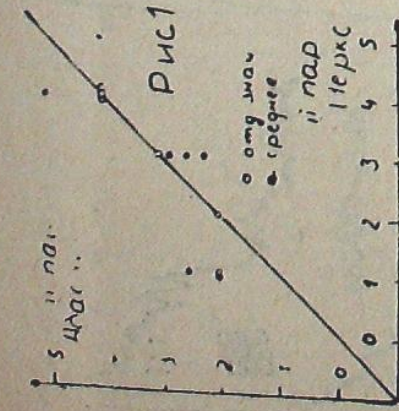
N599
5HV

5107
6C

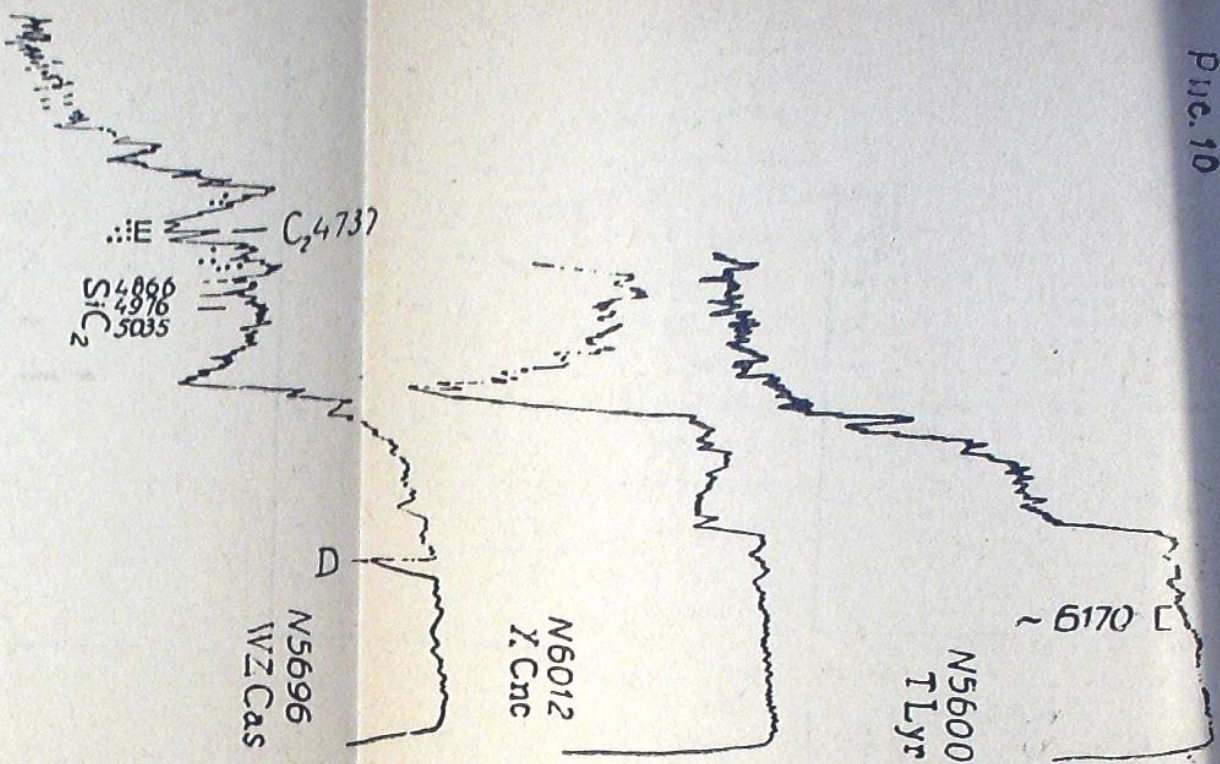
1638
6C

1705
6C

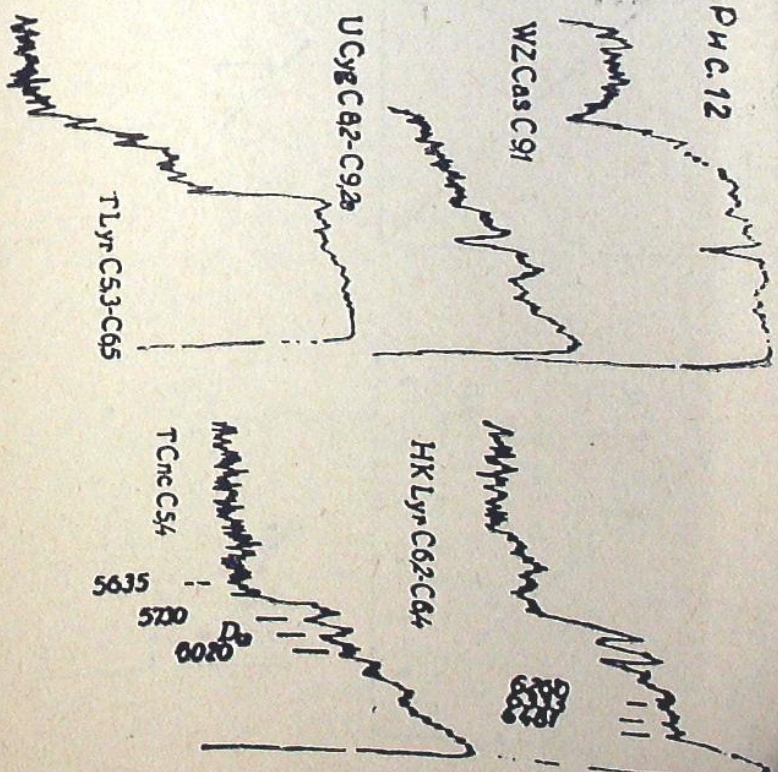
λ'



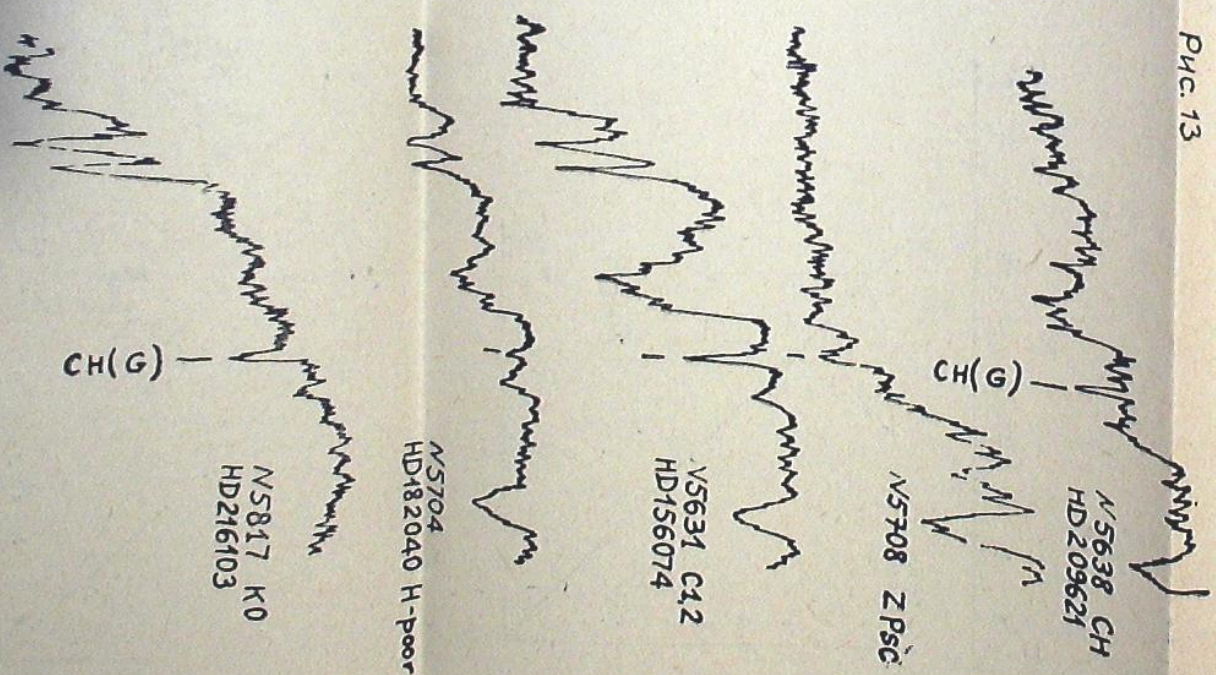
Puc. 10



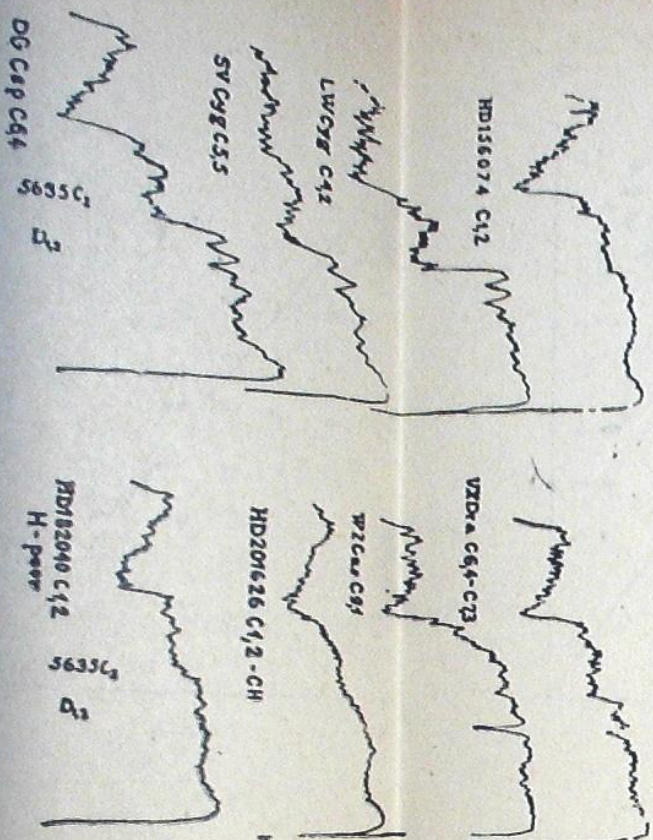
Puc. 12



Puc. 13



Puc. 11



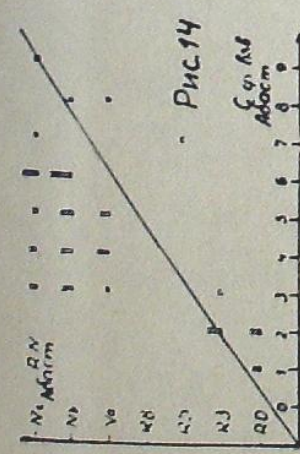
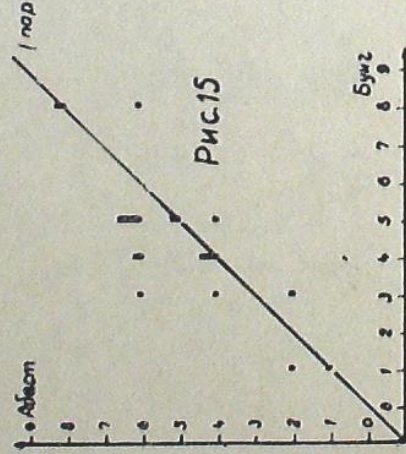


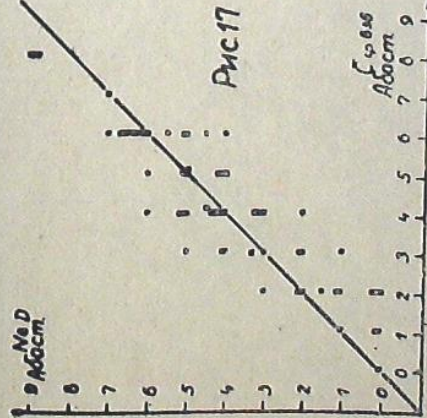
Рис 14



PNC 15



9154



DEC 17

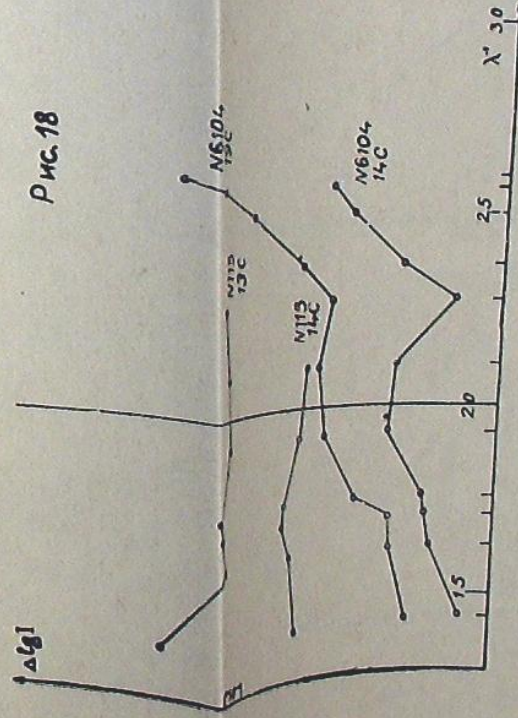


Рис. 18

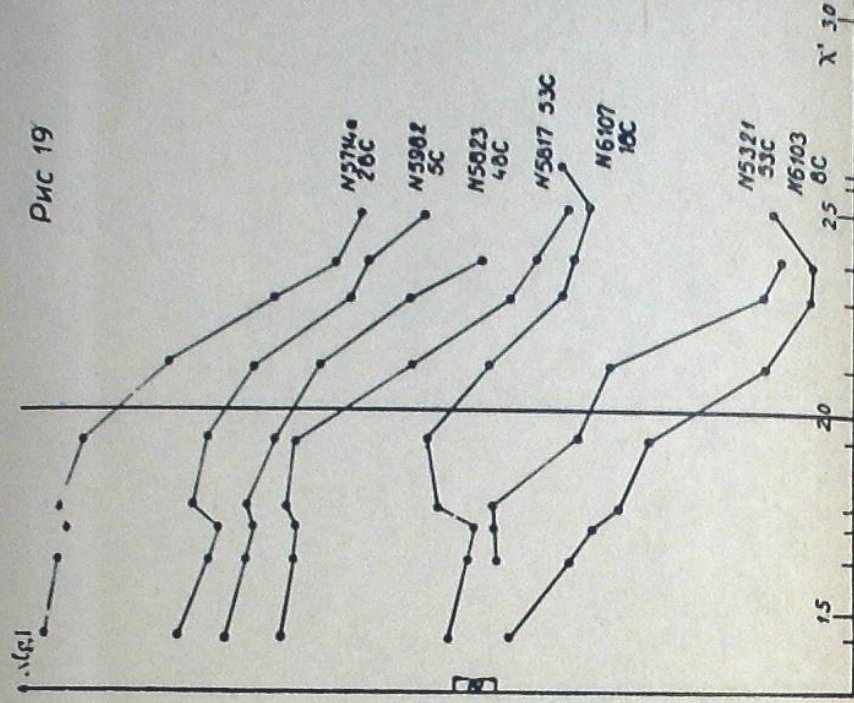


Рис 19

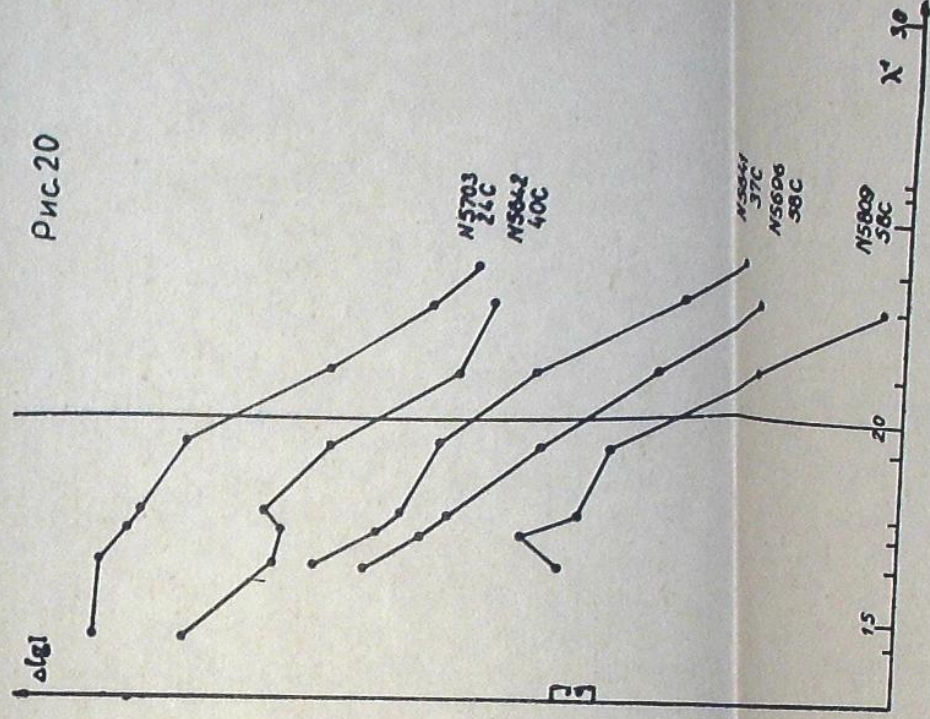


Рис 20

Рис 21

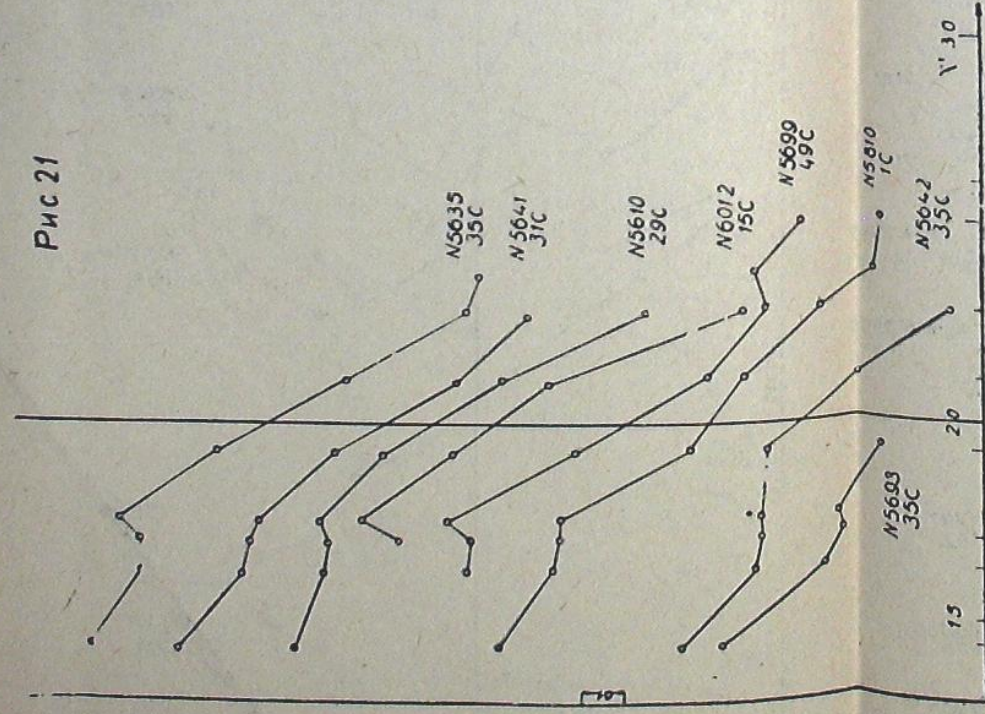


Рис 22

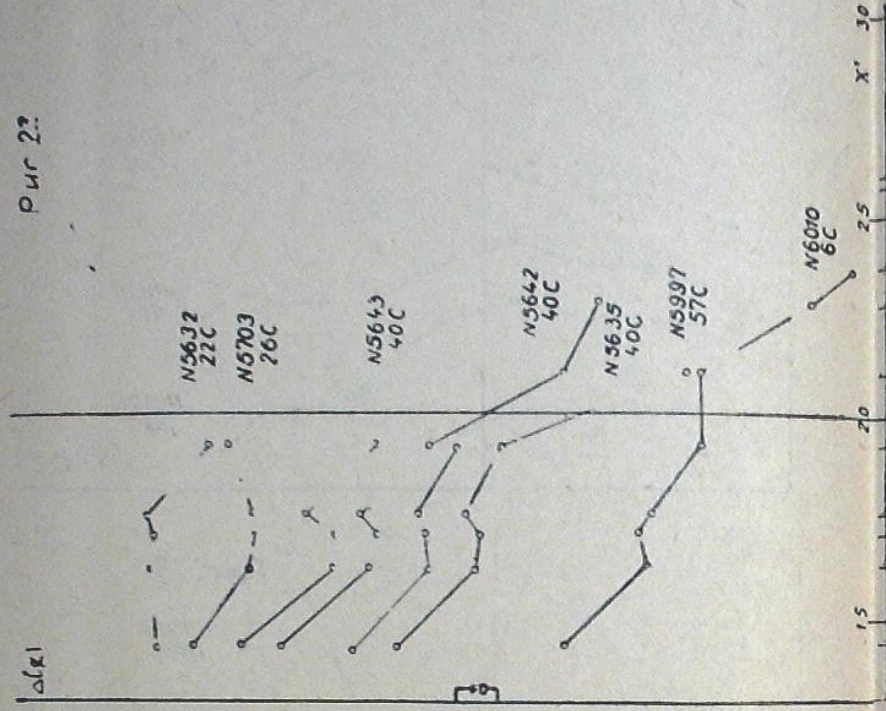


Рис 25

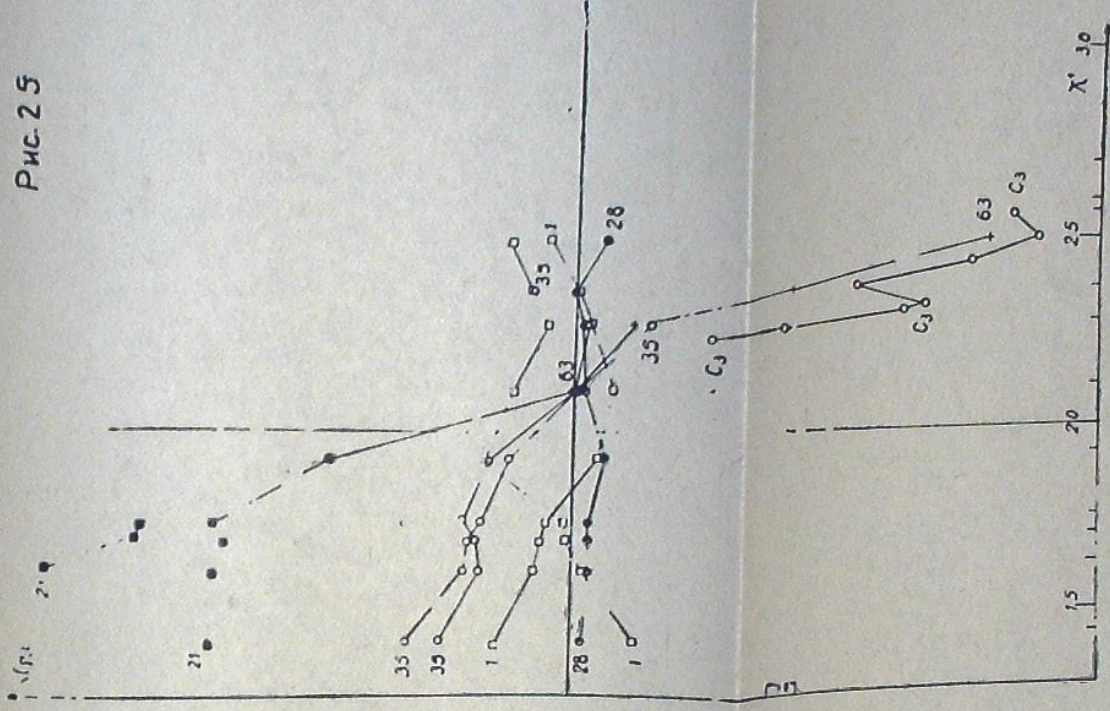


Рис 22

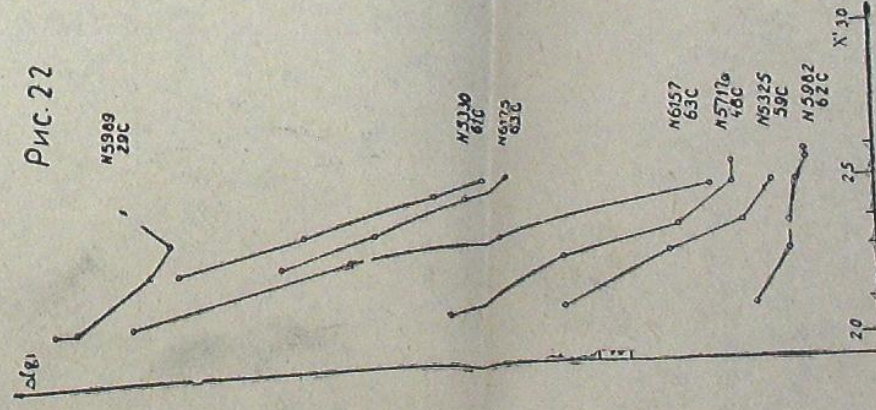
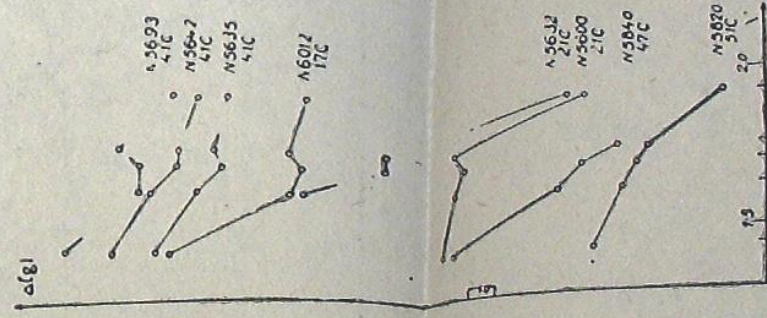
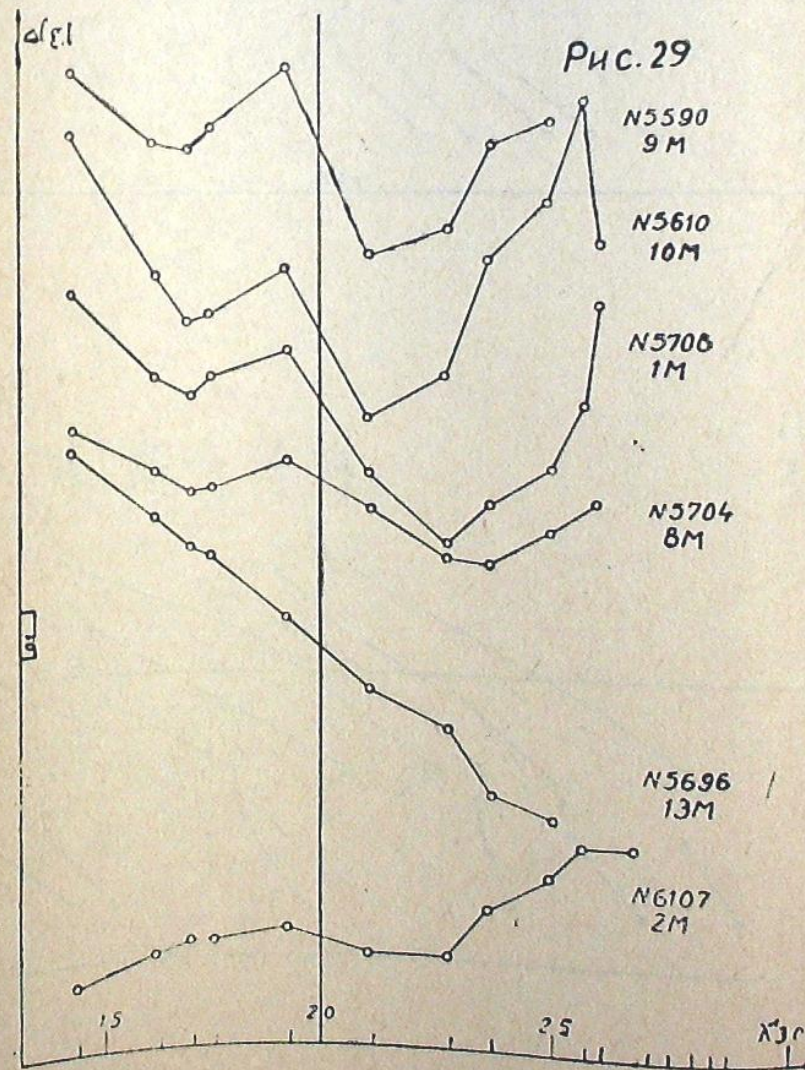
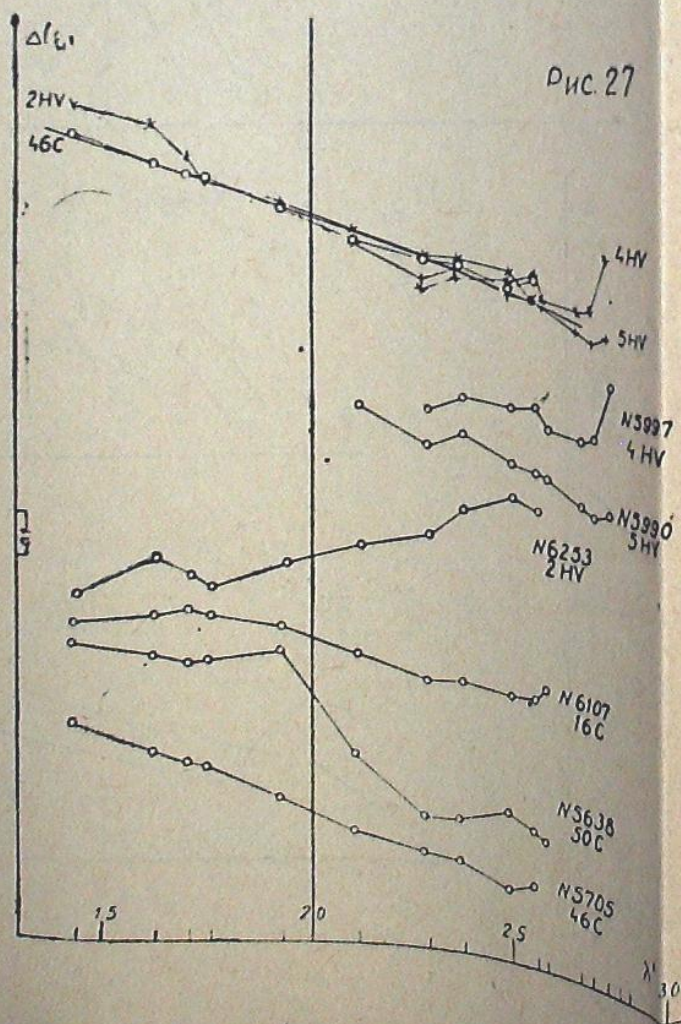
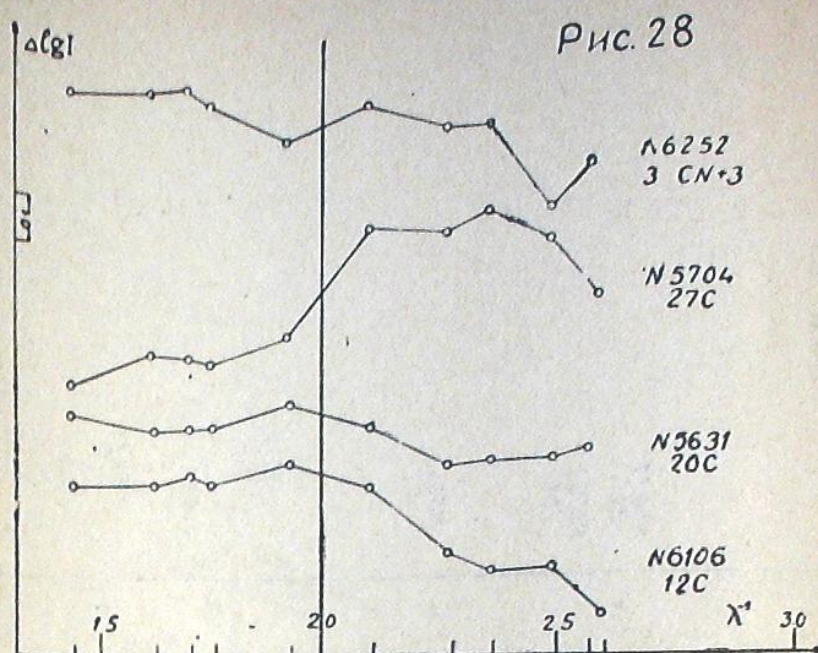
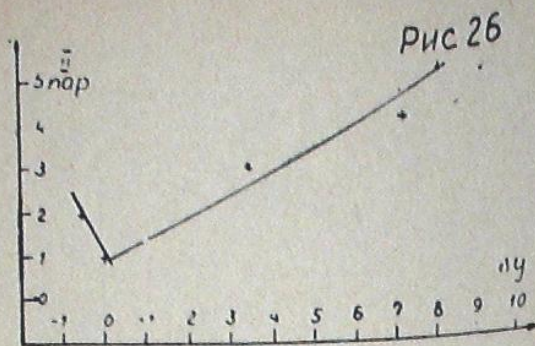
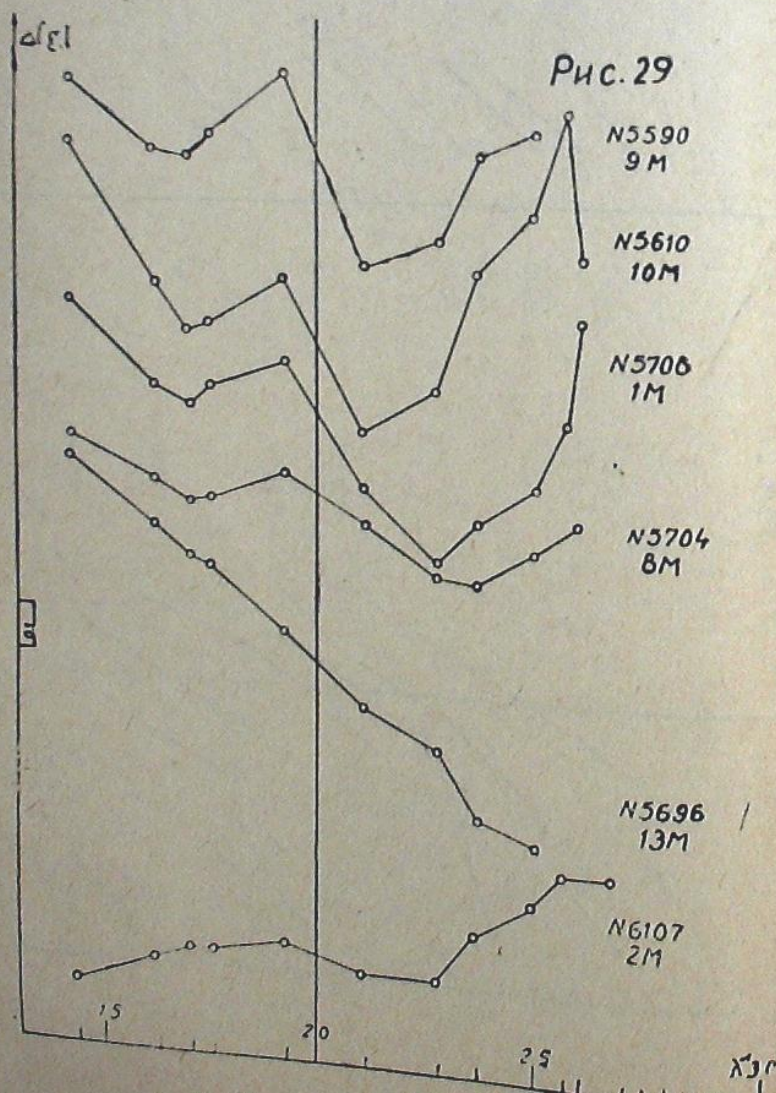
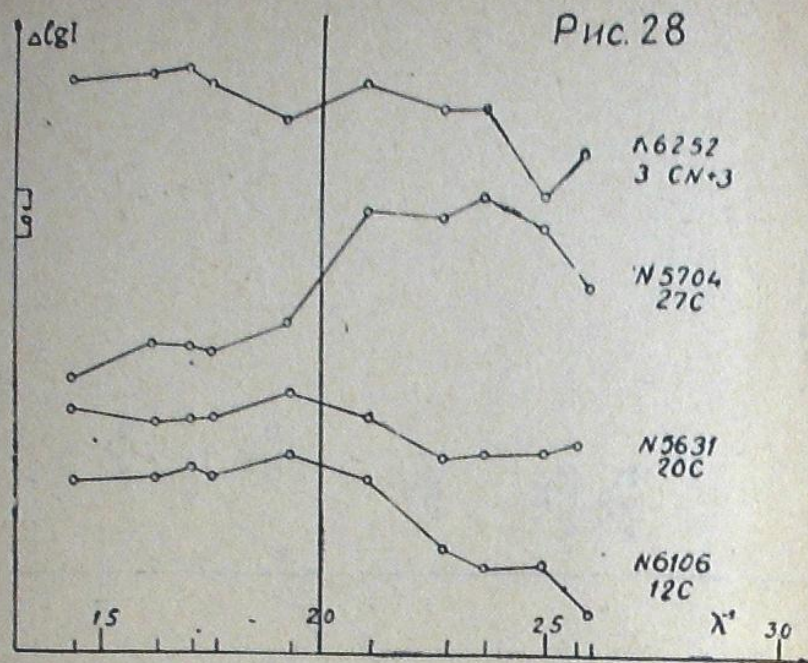


Рис 24







CH: HD 122563 приведен к наклону кривой звезды CH: HD 201626). К сожалению, наши спектры почти обрываются около длины волны 3630 и судить о величине ультрафиолетового избытка по ним трудно.

Звезда с дефицитом водорода, как известно, имеет слабые линии и полосы H, CH и ^{13}C (линии изотопа C_2) [8]. По нашим данным полоса G (CH) действительно слабее, чем в обычных C-звездах. Ослабление G-полосы для подобных звезд обычно объясняется как следствие низкого давления в атмосфере, если звездам приписать $M_v \approx -5$. Аномалия же в линиях водорода пока не имеет своего объяснения. Она коррелирует с дефицитом тяжелого изотопа углерода [8]. В поздних звездах сильны полосы CN и C_2 . HD 182040 имеет ранний спектр, но полосы C_2 (5635) и CN (зеленые и синие) достаточно сильны. При сравнении распределения энергии в ранних звездах H—poor и CN—strong (рис. 28) как будто действительно наблюдается некоторое понижение кривой распределения энергии в участках расположения циановых полос около точек с длинами волн 5190, 4390, 4030, 3890.

Вследствие того, что при выборе звезды сравнения мы использовали диаграмму 3 из работы [8], а не более детальную диаграмму 1 из работы [1], для H—poor звезды выбор оказался явно неудачным. В дальнейшем, мы думаем выбрать другую, более подходящую звезду сравнения.

На рис. 29 для сравнения приведены зависимости $(\Delta \lg I, \lambda^{-1})$ для некоторых стандартных M-звезд. Сравнение рис. 29 с рис. 18—21 показывает, как это было отмечено многими авторами, что особо большие различия между звездами C и поздними гигантами M имеются в синих и ультрафиолетовых лучах. Следует только особо указать на то обстоятельство, что в качестве звезд эквивалентных спектральных классов поздних C-звезд обычно берут звезды типа Миры Кита классов M6—M8. Дело в том, что других переменных типов нет. (Красные полуправильные обрываются около M6—M7). Между тем Мириды имеют ультрафиолетовый избыток, а SRa и SRb — нет. По нашим спектрам (рис. 29) получается, что CH Лебедя (SRa) также имеет усиленный синий участок. Кривая на рис. 29 прерывается около 4000 ангстрем, — дальше спектр значительно ослаблен, недодержан. Необычное усиление синего участка вначале нами было приписано неточности измерений, но оказалось, что CH Лебедя действительно имеет голубой континуум, приписываемый второму компоненту звезды. Поэтому можно думать, что синий избыток может быть следствием реального увеличения непрерывного излучения.

Известно, что в классе М различия в линейчатом и полосчатом спектрах имеются не только для звезд различных типов, но для звезд различных абсолютных величин. Вопросы, связанные с классификацией М-звезд в визуальном участке спектра и вопросы, связанные с «эффектом населенности» в спектрах звезд К2-М0 будут рассмотрены в последующих работах.

В заключение мы должны с благодарностью отметить, что тема настоящей работы была предложена М. В. Долидзе, оказавшей при этом нам руководство в ее выполнении.

Июнь, 1967.

გვიანდელი სპექტრული კლასის ვარსკვლავების სპექტრული
კლასიფიკაციისა და სპექტროფოტომეტრიის
ზოგიერთი საკითხი

ა. ჯიშელეიშვილი

(რეზიუმე)

შესრულებულია სამუშაო, რომელიც შეეხება გვიანდელი სპექტრული კლასის ვარსკვლავების სპექტრულ კლასიფიკაციასა და უწყვეტი სპექტრის ფოტომეტრიას. გამომუშავებულია ნახშირბადის ვარსკვლავების C-სისტემაში კლასიფიკაციის მეთოდი ჩვენი პირობებისათვის.

შესრულებულია 40 ახალი და 24 სტანდარტი ვარსკვლავის რეკლასიფიკაცია. გამოვლენილია შესაძლებლობა პეკულარული C-ვარსკვლავების გამოყოფის ციანის წითელი ზოლების ანომალიის მიხედვით. შესწავლილია ენერგიის განაწილება C-ვარსკვლავებისათვის. C-ვარსკვლავების ულტრაიისფერი ანომალია შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს ქიმიურ შედგენილობის პარამეტრის მეორე ნიშნის სახით. გედის CH ვარსკვლავისათვის გამოვლენილია გამოსხივების ნაკარბი ლურჯ სხივებში.

SOME PROBLEMS OF SPECTRAL CLASSIFICATION AND
SPECTROPHOTOMETRY OF LATE TYPE STARS

G. N. JIMSELEISHVILI

(Summary)

The investigation concerning the spectral classification of late stars and the photometry of their continuous spectrum has been carried out.

The classification method of stars in C-system has been developed for our conditions.

Forty new and twenty-four standard stars have been reclassified. The possibility of selection of peculiar C-stars with cyanogen red band intensity has been revealed.

The ultraviolet anomaly of C-stars may be used as the second criterion of the abundance parameter.

The blue excess has been revealed in CH Cyg.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Наск М. Sky and Tel. 1967, 33, № 2, 74; 1967, 33, № 3, 153.
2. Бусловский В. Г. Вестник ЛГУ. 1964, № 13, вып. 3, 314.
3. Козак П. П. Автореферат. Фотоэлектрическое изучение эффекта линий и полос в фраунгоферовом спектре Солнца. 1965.
4. Добронравин П. П. Изв. Крым. астрофиз. общ. 1950, 5, 59.
5. Keenan P. C., Morgan W. W. AphJ. 1941, 94, 501.
6. Keenan P. C. «Basic Astr. Data», ed. by Strand K. A. 1963, 78.
7. Mc Carthy M. F., Rubin V. C. Ricerche Astr. 1963, 6, № 19, 431.
8. Keenan P. C. Hd der Physik. 1958, 50, 93.
9. Blaauw A. Galactic Structure, ed. By Blaauw A., Schmidt M. 1965, 5, 435.
10. Greenstein J. L., Keenan P. C. AphJ. 1958, 127, 172.
11. Keenan P. C., Keller G. AphJ. 1953, 117, 241.
12. Mc Carthy M. F., Treanor P. J., Bertia F. C. IAU Symposium. 1966, № 24, 59.
13. Prise M. J. MN. 1966, 134, № 2, 171.
14. Долидзе М. В., Алксне З., Джимшелейшвили Г. Н. Бюлл. Абаст. астрофиз. общ. 1966, 34, 13.
15. Долидзе М. В., Джимшелейшвили Г. Н. Бюлл. Абастум. астрофиз. общ. 1966, 34, 27.
16. Долидзе М. В., Джимшелейшвили Г. Н. Бюлл. Абаст. астрофиз. общ. 1969, 37, 68.
17. Долидзе М. В., Джимшелейшвили Г. Н. Астрон. Циркул. АН СССР, 1967, № 420.
18. Neckel H. AphJ. 1958, 128, 510.
19. Adams W. S., Joy A. H., Humason M. L., Braiton A. M. AphJ. 1935, 81, 187.
20. Roman N. G. AphJ. Suppl. 1955, 2, № 18, 195.
21. Roman N. G. AphJ. 1953, 116, 122.
22. Wallerstein G., Greenstein J. L., Parker R., Helfer H. L., Aller L. H. AphJ. 1964, 137, 280.
23. Кукаркин Б. В., Паренного П. П., Ефремов Ю. И., Холопов П. Н. Общий Каталог Переменных Звезд. 1958.
24. Cayrel de Strobel G. IAU Symposium. 1966, № 24, 350.
25. Steillin U. Contr. Bosscha Obs. 1963, № 21, 34.
26. Долидзе М. В., Джимшелейшвили Г. Н. Астрон. Циркул. АН СССР. 1966, № 387, 7.
27. Sanford R. F. AphJ. 1956, 111, 262.
28. Bouige R. Ann. Aph. 1954, 17, 104.
29. Shane C. D. Lick obs. Bull. 1928, 13, № 396, 123.
30. Fehrenbach Ch. Hd. der Physik. 1958, 50, 1.
31. Johnson H. L., Mendoza V. E. E. AphJ. 1965, 142, № 1, 161.
32. Johnson H. L., Mendoza V. E. E., Wisniewski W. Z. AphJ. 1965, 142, № 3, 1249.
33. Мак-Келлар Э. Звездные атмосферы, под ред. Дж. Л. Гринстейна. Русский пер. 1963, 559.

34. Klemm B. *AphJ.* 1956, 123, 162.
35. Dahn C. C. *PASP.* 1964, № 453, 76.
36. Sanford R. F. *AphJ.* 1944, 99, 154.
37. Westerlund B. E. *IAU Symposium.* 1964, № 20, 160.
38. Blanco V. M. *Stars and Stellar Systems*, ed. by Blaauw A., Schmidt M. 1965, 5, 241.
39. Kellar A. Mc., Richardson E. H. *Mémoires in 8^e de la Société Royale de Liège*, IV série, 1955, 15, 256.
40. Smak J. *AphJ. Suppl.* 1964, 9, № 89, 141.
41. Rozis A. M. *Ann. Astrophys.* 1962, 25, 434.
42. Unsöld A. *Zsf Aph.* 1960, 49, 1.
43. Шайн Г. А. *MN.* 1934, 94, № 7, 642.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА О СГУЩЕНИЯХ ЗВЕЗД СПЕКТРАЛЬНОГО КЛАССА А С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СЛУЧАЙНЫХ ИСПЫТАНИЙ (МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО)

Г. Т. КЕВАНИШВИЛИ

Введение. Решение многих задач звездной астрономии связано с изучением распределения звезд различных спектральных классов, особенно, — ранних О-В. Как хорошо известно, изучение распределения этих звезд привело в свое время к важному открытию нового типа населения Галактики — звездных ассоциаций. Поскольку звездные ассоциации состоят в большой степени из звезд О-В, звезды этих классов имеют особую тенденцию образовывать сгущения в отдельных частях Галактики. Не лишено основания поставить вопрос: каково распределение звезд спектрального класса А и образуют ли также и они пространственные сгущения? Иными словами, существуют ли А-сгущения, содержащие преимущественно звезды спектральных классов В8-А5, но не более ранние? Распределение звезд спектрального класса А изучено намного хуже, чем звезд О-В. Между тем, еще в 1952 г. В. А. Амбарцумян указал на возможность существования сгущений А-звезд или А-ассоциаций [1], некоторым примером чего может служить сгущение звезд спектрального класса А в созвездии Щита вокруг рассеянного звездного скопления М11 (NGC 6705).

В 1956 году Ван-Райн исследовал по известному Бергедорфскому каталогу пространственное распределение звезд А0-А5 в избранных площадках Каптейна и, вообще, в Галактике. В том же году вышла работа Мак-Кэски о распределении звезд спектральных классов от А0 до М. Задача названных авторов состояла в определении средних плотностей звезд А на больших участках неба. Эти участки гораздо больше, чем площади, которые могли бы занимать возможные сгущения. Поэтому, попытки выявить сгущения могли остаться безуспешными.

Мы предприняли изучение распределения звезд типа А по материалу Каталога НД. Для решения поставленной задачи мы построили карты со звездами спектрального класса А, содержащимися в каталоге НД, нанеся на них 55 тысяч звезд.

После определения поверхностной плотности звезд путем подсчета звезд на квадратный градус, а затем пространственной — путем подсчета в единице объема, оказалось, что в среднем как поверхностная