Н. Л. Иванова

О НЕОБЫЧНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭНЕРГИИ В СПЕКТРЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗВЕЗДЫ АG ПЕГАСА

Одной из наиболее сложных и интересных проблем современной астрофизики является вопрос о природе источников звездной энергии. Намеченный В. А. Амбарцумяном [1] новый путь решения этой проблемы потребовал перехода от не всегда плодотворного теоретического построения различных "моделей" звезд к накоплению и анализу наблюдательных данных, относящихся, главным образом, к объектам, в которых процессы освобождения энергии происходят непосредственно во внешних слоях. Такого рода объектипов Т Тельца, тами являются нестационарные звезды UV Кита, вспыхивающие переменные в Орионе и др. Наиболее характерная особенность этих звезд — непрерывная эмиссия, согласно [1], не может иметь тепловой природы и связана с выбросом внутризвездного вещества - носителя источников энергии, в наружные слои атмосферы. Результаты спектрофотометрических исследований ряда звезд вышеуказанных типов, по-видимому, говорят в пользу этой концепцин.

00-

5

Непрерывную эмиссию, распространяющуюся и усиливающуюся к коротким волнам, начиная от λ 3750, наблюдали Аро и Хербиг [2] у звезд типа Т Тельца:

LH_a22, LH_a54 и LH_a77 в NGC 2264, AU и V360 Ориона.

Спектрофотометрические исследования двух звезд типа Т Тельца (VY Ориона и NX Единорога), выполненные 283—2



Бёмом [3], показали, что рост интенсивности непрерывной эмиссии при переходе в ультрафиолет нельзя объяснить планковским излучением конечной температуры.

Спектрофометрические исследования нестационарной звезды АG Дракона, выполненные в Бюраканской обсерватории [4, 5], привели к выводу о существовании избыточного непрерывного излучения, возникающего в ультрафиолетовой области и продолжающего возрастать за пределом Бальмеровской серии до самых коротких длин волн, до которых удалось довести измерения (λ 3250A).

Настоящее исследование по своему характеру и результатам является родственным перечисленным выше работам.

Замечательная нестационарная звезда AG Пегаса (HD 207757, $\alpha_{1900} = 21^{h}46^{m}2$, $\delta_{1900} = +12^{\circ}9$) принадлежит, согласно Меррилу [6], к группе "симбиотических" звезд, имеющих сложный спектр позднего типа с эмиссионными линиями высоких потенциалов возбуждения.

До 1920 года АС Пегаса имела совершенно нормальный Ве-спектр, напоминающий спектр Р Лебедя. В 1920 году в звезде произошла вспышка [6], появились эмиссионные линии НеІ и некоторых других элементов. Начиная с 1922 года спектр постепенно усложняется: появляются линии поглощения нейтральных металлов, полосы ТІО и одновременно усиливаются эмиссионные линии высоких потенциалов ионизации.

Согласно наблюдениям ряда исследователей (Меррил [6], Струве и Свингс [7], Барбиджи [8], Ченг-Мао-Лин [9] и др.) в спектре АС Пегаса присутствует свыше 400 эмиссионных линий и среди них линии Н, HeI, HeII, NII, NIII, NIV, SiI, SiII, SiIII, SiIV, линии железа и др. В 1942 году появились небулярные линии 4363, 4959 и 5007А [0III], ставшие хорошо заметными в 1950 году.

Интенсивности линий постоянно меняются, причем, как считает Билс [10], существует два типа изменений:

1) нерегулярные, с коротким периодом изменения ин-

тенсивностей как эмиссионных линий, так и компонент поглощения;

 возрастание интенсивностей эмиссионных линий высоких потенциалов возбуждения относительно линий низких потенциалов возбуждения.

Примерами весьма значительного изменения может служить линия A4686 Hell, интенсивность которой возросла с 1946 по 1951 год в 10 ряз, и A4058 потенциал ионизации 77.09ev!), отсутствовавшая при наблюдениях 1946—1948 годов и ставшая весьмя интенсивной в 1951 году [9].

Исследование линий показало, что в АС Пегаса наблюдаются нерегулярные, порядка нескольких десятков километров в секунду, изменения в лучевых скоростях. Кроме того, как было показано Меррилом [6], многие из линий (водород, гелий и др. элементы) колеблются около их среднего положения с периодом, равным 800 дням, причем скорости, определенные по разным элементам, не находятся в одинаковой фазе.

Меррил отмечает, что возрастание отрицательных скоростей, свидетельствующее о сильном истечении газа из центральной области звезды, сопровождается усилением как полос ТІО, так и линий высокого возбуждения. Поведение некоторых линий трудно объяснить чем-либо иным, кроме протуберанцоподобного выброса материи из звезды в направлении к наблюдятелю.

Ченг-Мао-Лин и М. Блох [9] определили цветовую температуру для двух областей спектря: от 5600 до 5000А и от 5000А до Бальмеровского скачка. Они установили, что с 1946 по 1951 год во второй области цветовая температура возросла с 6300 до 7700.

Наблюдения блеска AG Пегаса проводились с 1894 года. Наиболее ранние исследования [11] обнаружили медленные неправильные изменения блеска, достигающие трех величин, наблюдения же более поздних лет свидетельствуют о колебаниях блеска в пределах двух величин. К сожалению, систематического контроля за блеском этой интересной звезды, охватывающего большие промежутки времени, не осуществлено.

Интерес к АС Пегаса особенно возрос после нелавно выполненных наблюдений Бэбкока [12], который обнаружил у этой звезды переменное магнитное поле. оказавшееся равным приблизительно 10³ гауссов. Предполагается [8], что магнитное поле этого порядка есть явление весьма скоротечное (transient) и возникает на расстоянии нескольких сот звездных радиусов от поверхности звезды.

В связи со всем этим представляет интерес проведение систематических спектрофотометрических исследований АG Пегаса.

Результаты наблюдений. В настоящем исследовании было использовано 20 спектров АС Пегаса и 60 спектров вспомогательных звезд, снятых для сравнения и калибровки. Спектры были получены на 10" бесщелевом (кварцевом) спектрографе в 1958—1959 годах. Записи спектров произведены на Бюраканском микрофотометре с увеличением в 11 раз в случае измерений непрерывного спектра и в 53 раза при исследовании линий.

Выбранные для сравнения звезды типа AO (α Лиры и α Пегаса) и карлики типа G (с Геркулеса и η Волопаса) достаточно хорошо исследованы; согласно Шалонжу и Барбье [13], их абсолютные градиенты для фотографической области (Φ₁) и ультрафиолетовой (Φ₂) равны:

Таблица 1

Звезда	Φ,	φ	Sp
а Лиры	0.97	1.43	A0
	0.92	1.38	A0
	2.60	2.67	G0
	2.51	2.06	G0

Привязка исследуемой звезды одновременно к нескольким звездам сделала результаты весьма надежными, а сравнение AG Пегаса со звездами-карликами типа Солнца позволило в дальнейшем получить непосредственно абсолютное распределение энергии.

Определенные нами абсолютные градиенты AG Пегаса для областей спектра 4800—3647А (Ф₁) и 3500—3200 А (Ф₂)

приведены в табл. 2. Они свидетельствуют о весьма интересных изменениях в ее атмосфере: в голубой части спектра наблюдались колебания цветовой температуры в пределах от 3000 до 6000°, в то время как ультрафиолетовая температура менялась от 11 000 до 100 000°. По временам изменения в распределении энергии происходили весьма быстро: так, например, 28 сентября 1959 года (рис. 1) при наблюдении в течение двух часов цветовая температура в ультрафиолете вначале понизилась от 30 000 до 11 000°, затем снова возросла до весьма высокой (Φ_2 =0.27 и 0.11!). Подобные колебания температуры были отмечены и в другие ночи.

Tabauna 2

№ иластин.	Дата	Т декрет- ное	Φ,	Φ
276	6.10.58	h m	9.58	0.80
70	18 10 58	22 00	2.00	0.83
281	10.10.00	20 15	2.04	0.00
105	1 0 50	20 10	2.00	0.50
105	1.5.05	23 45	2.00	0.63
107	2 0 50	0.25	3 60	0.47
107	0,9.09	1 41	2 25	0.47
	•	1 41	0.00	0.10
			2.04	0.00
		22 44	2.02	0.75
100	c 0°r0	23 50	2.00	0.70
109	0.9.59	23 30	4.30	0.20
0.9	7.9.59	0 22	4.11	0.11
10		23 54	4.47	1.39
11	23.9.59	21 23	2.54	1.21
11		21 49	2.50	0.33
13 (1)	28.9.59	21 6	4.27	0.71
H3 (II)		21 29	3.23	0.83
H4 (III)		22 5	3.81	1.32
14 (IV)		22 37	4.73	0.27
14 (V)		23 5	2.54	0.11

Необычайно резкий подъем интенсивности при уменьшении длины волны, наблюдаемый в области длин волн 3600—3800А (рис. 1), по-видимому, является результатом действия двух факторов:

1) быстрого возрастания интенсивности непрерывного спектра в области коротких длин волн;

2) слияния эмиссионных бальмеровских линий.

Относительная роль этих факторов меняется со временем, что усложняет картину в этой области спектра. Однако. надо заметить, что первое явление в разные моменты наблюдений обнаруживается в разных длинах волн. второе же должно проявляться лишь в области, близкой к пределу серии. Сравнение относительных распределений энергии,



alg] (AG Peg-dGO)

относящихся к наблюдениям 1958 и 1959 годов (рис. 2), как раз показывает заметное изменение длины волны начала резкого возрастания интенсивности, а также и величины подъема. Это изменение можно заметить непосредственно на микрофотограммах. Из рис. 3 видно, что в 1958 году непре-

рывный спектр начинался сразу же за линией Н_в (отмечено стрелкой), а в 1959 году интенсивность непрерывного спектра возросла и начало подъема переместилось за границу Бальмеровской серии.



Рис. 3

Как известно, наиболее голубые звезды, изученные до настоящего времени, давали для ультрафиолетовой области

значение градиента 0.70. При исследовании АG Пегаса оказалось, что в девяти случаях из двадцати градиент был меньше 0.70 и, следовательно, распределение энергии соответствовало температуре, более высокой, чем у звезд типа О.

Нами было произведено также фотометрирование ряда эмиссионных линий, эквивалентные ширины которых, выраженные в ангстремах, приведены в табл. 3. Сравнение дан-

Tab una 2

					_			14034444 0				
Ха Пла- стинки	Т дек- ретное	Hş	Н _т	Ha	Ht	Ηε	Нη	Ho	4686 464	1 4058	3869	
405	h m 23 45	50.8	29.5	18.1	12.5	9.5	5.6	3.9	15.81.2	7 5.6	5.5	
407	0 25	102.3	60.4	50.3	10.5	9.3	5.0	3.2	30.92.1	9 -	$\begin{bmatrix} 3.5 \\ 6.5 \end{bmatrix}$	
407	22 07	66.4	47.5	40.6	15.3	14.2	10,1	6.1	14.417	3 7.5	9.9	
408	22 44	66.6	49.7	39.8	17.4	16.7	8.3	7.0	22.91.7	6 6.0	6.7	
408	23 50	66.9	47.8	37.6	16.9	17.7	7.4	5.7	19.91.4	9 7.5	4.4	
409	23 30	118.0	40 1	30.9	19.3	13.3	0.1	4.0	31.21.7	7 5 4	3.0	
411	21 23	143.6	79.1	54.7	28.8	18.0	6.7	8.5	25.31.7	7 15.5	6.8	
411	21 49	82.6	41.9	36.4	17.9	15.9	6.8	-	16.61.3	8 9.9	5.3	
413	21 06	142.0	101.4	74.7	30.5	20.6			41.43.2	3 -		
413	21 29	142.8	105.7	69.7	24.02	17.9	8.6	6.2	56 54.1	5 8.8	5.0	
414	22 05	194 6	82 4	50 4	21.1	20.0	7.6	3 4	26 3 2 2	7 9 7	3.3	
414	23 05	59.1	49.6	46.7	17.0	14.0	7.2	4.0	13.01.2	6 4.5	3,9	

ных табл. 2 и 3 показывает, что какой-либо прямой зависимости между изменениями эквивалентных ширин и распределением энергии не существует. Для выяснения характера этой зависимости, несомненно, требуется большое число наблюдений в близкие друг к другу моменты времени. Однако, на основании имеющихся результатов создается впечатление, что изменение эквивалентных ширин следует с некогорым опозданием за изменением температуры: так, например, при наблюдениях 28 сентября понижение температуры в ультрафиолетовой области произошло в 22^h05^m, а уменьшение эквивалентных ширин лишь через час, такая же картина наблюдалась и 23 сентября.

Изменение эквивалентных ширин не находится также

24



в какой-либо связи с изменением величины подъема интенсивности в области 3800-3600А.

Следует отметить, что за время наблюдений в течение сентября 1959 года наибольшие изменения наблюдались в



Рис. 5

эквивалентных ширинах линий A4686 (в 4,5 раза) и 4641 (в 3,8 раза). Иногда эти изменения происходили относительно быстро. На рис. 5, где приведена микрофотометрическая запись этих линий в моменты наблюдений с разницей в пол-

тора часа. хорошо видно изменение их центральных интенсивностей.

В работе были также вычислены относительные интенсивности эмиссионных линий (табл. 4). Последние определялись по формуле:

$$\frac{I_{H}}{I_{H_{T}}} = \frac{S_{H}}{S_{H_{T}}} \cdot k.$$

где S_н и S_н — площади линий, умноженные на соответствующие дисперсии, а k — отношение теоретических значений Таблица 4

№ пла- стинки	Ha	H ₇	На	Ha	H	H ₇	4686	4641	4058	3869
405 407 408 409 411 411 411 413 413 413 414 414	2.42 2.42 2.58 2.88 2.80 2.70 3.02 2.38	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	0.71 0.87 0.94 0.86 0.79 0.98 0.87 0.76 0.70 0.98	0.54 0.47 0.46 0.50 0.48 0.57 0.42 0.32 0.36 0.48	0.47 0.36 0.53 0.36 0.37 0.45 0.33 0.28 0.35 0.46	0.31 0.24 0.33 0.23 0.26 0.29 	0.55 0.64 0.41 0.64 0.39 0.48 0.51 0.66 0.40 0.32	0.43 0.43 0.32 0.30 0.24 0.36 0.37 0.45 0.31 0.29	0.23 0.26 0.14 0.23 0.28 0.12 0.09 0.13 0.10	0.30 0.19 0.24 0.18 0.16 0.23 0.09 0.07 0.14

І_минтенсивностей непрерывного спектра в соответствую-І_м

щих длинах волн, вычисленных в предположении, что звезды сравнения изучают как абсолютно черные тела и имеют $\frac{c_*}{T} = +0.97$ (а Лиры) и+0.92 (а Пегаса), и наблюденных $\frac{l_u}{l_v}$.

Следует заметить, что значения интенсивности линии Н_β недостаточно уверенны из-за резкого падения спектральной чувствительности пластинки в этой области; линия H_ξ сливается на наших снимках с Hel.

Визуальные наблюдения за блеском AG Пегаса показали, что в течение сентября 1959 года яркость ее изменялась в небольших пределах. Точное значение звездной величины, определенное по снимкам, полученным на

26

двойном астрографе "Эрностар" 28 и 29 сентября (звездами сравнения служили девять соседних звезд, величины которых определил Риголле [16], оказалось равным 7^т.9. Следует отметить, что 23 сентября в 21^h23^m звезда была ярче обычного [это подтверждает также Р. Вартанян, наблюдавший эту звезду на 16″ телескопе Бюраканской астрофизической обсерватории]. Оценка блеска дала значение 7^m 7.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Коротковолновая непрерывная эмиссия у разных типов нестационарных звезд проявляется различным обраьом. Несколько лет назад было установлено [2], что у звезд типа Т Тельца, показывающих такую эмиссию, она проявляется около л 3750—3800А, затем, усиливаясь в интенсивности. достигает максимума около л3700 и далее, по-видимому, ослабевает в сторону коротких длин волн (последнее предположение сделано на основании наблюдений, включающих ультрафиолетовую область лишь до л3500).

Распределение энергии в нестационарной звезде AG Пегаса весьма необычно и напоминает таковое у вышеназванных звезд типя Т Тельца. Это сходство видно из рис. 4, где приведено абсолютное распределение энергии в спектре AG Пегаса (пластинка 411, 21^h49^m), полученное путем использования средних данных для Солнца Аббота [14] и Петтита [15], и в спектре NX Единорога и VY Ориона, полученное Бёмом [3]. Однако надо отметить, что в спектре АG Пегаса интенсивность избыточного излучения после плавного спада в области 3700-3500А, как правило. продолжает возрастать. подобно случаю АС Дракона [5], до самых коротких длин волн. Это является одним из доказательств невозможности объяснения в этом случае непрерывной эмиссии слиянием эмиссионных бальмеровских линий. Однако нельзя не отметить некоторого влияния слившихся эмиссвонных линий на рост интенсивности непрерывной эмиссии у границы Бальмеровской серии.

Интересные изменения, происходящие в атмосфере AG

Пегаса, вызывают колебания цветовой температуры, особенно сильные (от 11000° до бесконечно большой) и, по временам, весьма быстрые (в течение одного-двух часов) в ультрафиолетовой области спектра. Длина волны начала непрерывной эмиссии и величина роста интенсивности в области 4000—3700 А также меняется во времени. Подобные колебания интенсивности непрерывной эмиссии в ультрафиолете (до 3500 А) наблюдались у NX Единорога [3], и можно предположить, исходя из необычного цвета U — В этой звезлы [17], что избыточное излучение здесь также продолжает возрастать в сторону длин волн короче 3500 А.

Заметим. что величина n = $-d(\lg I_{\lambda})/d(\lg \lambda)$, которая, согласно Бёму [3], в предельном случае, когда температура абсолютно черного тела стремится к ∞ , достигает значения n =4, а в остальных случаях всегда < 4, оказалась для целого ряда случаев в ультрафиолетовой области AG Пегаса не меньше пяти. Это также подтверждает невозможность объяснить полученное для этой звезды распределение энергии тепловыми процессами.

Изменение эквивалентных ширин ряда эмисспонных линий не находится в фазе с изменением пепрерывной эмиссии. По всей вероятности, между ними существует зависимость более сложного характера.

Бальмеровский декремент для одних наблюдений (например пластинки 413 вторая и 414 первая) приблизительно согласуется с декрементом, вычисленным Бэкером и Мензелом для газовой туманности, для других он отличен от этих теоретических значений.

Результаты настоящего исследования дают возможность считать AG Пегаса объектом в какой-то мере родственным звездам типа Т Тельца и UV Кита. А, как известно, в атмосферах этих звезд, согласно В. А. Амбарцумяну [1], наблюдается в огромных масштабах выделение энергии, освобождающейся при процессах распада дозвездного вещества в наружных слоях звезд. По-видимому, необычайно высокую цвеговую температуру в ультрафиолетовой области спектра AG Пегаса и связанный с этим факт образования в

атмосфере столь холодной звезды класса М интенсивного эмиссионного спектра, резкие, по временам, колебания этой температуры, а также отмеченную Мерриллом связь между возрастанием отрицательных скоростей и усилением эмиссионных линий высоких возбуждений можно будет объяснить, приняв эту точку зрения.

Присутствие в спектре АС Пегаса линий N₁, N₂, λ4686 Hell, λ4363 [OIII] и 3444 OIII указывает на некоторое сходство этой звезды с планетарными туманностями. Это сходство усиливается благодаря факту наличия у ряда планетарных туманностей в ультрафиолетовой области дополнительного непрерывного излучения, которое, согласно Гурзадяну [18]. возможно имеет также нетепловое происхождение.

Заключение. В настоящей работе произведено спектрофотометрическое исследование нестационарной звезды AG Пегаса. Полученные для областей спектра $4800-3647 \text{ A} (\Phi_1)$ и $3500-3200 \text{ A} (\Phi_2)$ абсолютные градиенты свидетельствуют об интересных изменениях в ее атмосфере. В голубой части спектра цветовая температура менялась в пределах от 3000 до 6000° , в то время как ультрафиолетовая температура менялась от $11\,000$ до $100\,000^\circ$. По временам эти изменения происходили весьма быстро.

Фотометрирование ряда эмиссионных линий показало, что изменение эквивалентных ширин следует с некоторым опозданием за изменением цветовой температуры. Наибольшие изменения наблюдались в эквивалентных ширинах линий $\lambda 4686$ (в 4—5 раз) и $\lambda 4641$ (в 3—8 раз). Бальмеровский декремент приблизительно одинаков с декрементом, определенным Бэкером и Мензелом для газовой туманности.

Необычайно высокую цнетовую температуру в ультрафиолетовой области спектра AG Пегаса и резкие, по временам, колебания этой температуры можно, по-видимому, объяснить с точки зрения непрерывной эмиссии. Это тем более интересно, что, как упоминалось выше, звезду AG Пегаса обычно относят к группе "симбиотических" звезд. Как известно, аналогичное положение имеет место в случае AG Дракона, когда наряду с признаками "симбиотической" звезды в ней наблюдаются явления, характерные для звезд Т Тельца.

Предварительные результаты, изложенные в этой статье, позволяют надеяться, что дальнейшее исследование имеющегося в нашем распоряжении наблюдательного материала, а также накопление новых наблюдательных данных, помогут, в какой-то мере, понять процессы, происходящие в атмосфере интересной нестационарной звезды AG Пегаса.

Автор выражает глубокую признательность академику В. А. Амбарцумяну за ценные замечания при выполнении работы.

Ն. Լ. ԻՎԱՆՈՎԱ

AG ՊԵԳԱՍԻ ԱՆԿԱՑՈՒՆ ԱՍՏՂԻ ՍՊԵԿՏՐՈՒՄ ԷՆԵՐԳԻԱՑԻ ԱՐՏԱՍՈՎՈՐ ԲԱՇԽՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

Նևրկա աշխատանքում տրված է AG Պեգասի սպեկտրոֆոտոմետրիկ հետազոտության արդյունըները։

Բլուրականի աստղադիտարանի 10" դիտակով AG Պեգասի համար ստացված 20 սպեկտրները և համեմատման աստղերի համար ստացված 60 սպեկտրները չափվել են նուլն աստղադիտարանի ինընադիր միկրոֆոտոմետրի միջոցով։

Հետազոտվող աստղը համեմատվել է A0 տիպի (a Քնալի և a Չեգասի) և da տիպի (է Հերկուլեսի և դ Եզնարածի) աստղերի հետ։

Uպեկարի 4800—3647 A (Φ_1) և 3500—3200 A (Φ_2) տիրուլեների համար ստացված բացարձակ գրադիևնտները խոսում են ալս աստղի մենոլորտում տեղի ունեցող հետաքրքիր փոփոխութլունների մասին։

Սպեկտրի երկնագույն մասում AG Պեգասի ջերմաստիճանը փոխվում է 11000-ից 100000 ։ Երբեմն այս փոփոխությունները տեղի են ունենում շատ արագ։

Մի շարք էմիսիոն գծերի լուսաչափությունը ցույց է տալիս, որ դծերի համարժեք լալնությունների փոփոխությունը հետեում է դույնային ջերմաստիճանի փոփոխությանը որոշ ուշացումով։ Ամենամեծ փոփոխությունները նկատվել են λ4686 Hell (4,5 անդամ) և 4641 (3,8 անդամ) դծերի համարժեք լալնու-

AG ՊԵԳԱՍԻ ԷՆԵՐԴԻԱՅԻ ԲԱՇԽՈՒՄԸ

թվուններում։ Այս աստղի համար ստացված Բալմերյան դեկրեմենտը իր արժեքով մոտ է Բեկկերի և Մենզելի կոզմից գաղային միդամածության համար ստացված դեկրեմենտին։

AG Պեդասի սպնկտրի ուլտրամանուշակագուլն մասի համար ստացված արտասովոր բարձր գուլնալին ջնրմաստիճանը և նրա խիստ փոփոխունքյունները, հավանարար կարհլի է բացատրհլ հլննյով անընդճատ առաջման կոնցնացիալիս։

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Албарцулян, Сообщения Бюраканской обсерватории, 13, 1, 1954.

2. G. Haro, G. Herbig, Boletin obs. Tonanzintla, 12, 33, 1955.

- 3. K. Bohm, Zs. f. Ap. 43, 245, 1957.
- 4. Л. В. Мирзоян, Сообщения Бюраканской обсерватории. 19, 43, 1956.
- 5. М. А. Аракелян, Н. Л. Иванова. Сообщения Бюраканской обсерватории, 24, 19, 1956.
- 6. P. Merrill, Ap. J. 113, 605, 1951.
- 7. O. Struve, P. Swings, Ap. J. 91, 546, 1940.

8. G. Burbidge, E. M. Burbidge, Ap. J. 120, 76, 1954.

9. T. Mao-Lin, M. Bloch, Ann. dAp. 15, 104, 1952.

10. C. Beals, Publ. of the Dominion Astr. Obs. 9, 1951.

11. C. Gaposchkin Harv. Ann 115, 232, 1950.

12. H. Babcock, T. Cowling. M. N. 113, 357, 1953.

13. D. Chalonge, D. Barbler, Ann. dAp. 4. 31, 1941.

14. А. Унзольо, Физика звездных атмосфер. М., 1949.

15. E. Pettit, Ap. J. 91, 159, 1940.

16. R. Rigollet, Bull. Soc. astr. de France. 61, 247, 1947.

17. M. Walker, Ap. J. Suppl. 2, Nº 23, 1956.

18. Г. А. Гурзаняя, Вопросы космогонии, VI. 157, 1958.

