

АТМОСФЕРА γ Peg

I. ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Н. М. Чунакова

По трем спектрограммам с дисперсией 1.1—1.4 Å/мм определены физические параметры атмосферы γ Peg. Микротурбулентные скорости, полученные по кривым роста, близки к нулю. Оцененные по линиям O II, Mg II, Si II и Si III методом Хуана и Струве микротурбулентные скорости составляют 2.5—4.8 км/сек., макротурбулентные — 1.9—3.8 км/сек.

Physical parameters of the atmosphere of γ Peg are derived using three 1.1—1.4 Å mm⁻¹ spectrograms. The microturbulent velocities obtained by curves of growth are negligibly small. The microturbulent velocities evaluated by the Huang and Struve method using O II, Mg II, Si II and Si III, lines range from 2.5 to 4.8 km/s, the macroturbulent velocities range 1.9 to 3.8 km/s.

ВВЕДЕНИЕ

γ Peg (B2.4 IV) — представитель немногочисленной группы пульсирующих короткопериодических переменных типа β CMa. Блеск и лучевая скорость звезды изменяются с периодом 3^h38^m и амплитудами 0^m015 и 7 км/сек. соответственно, скорость вращения $v \sin i$ близка к нулю. Звезды этой группы интересны как с физической, так и с космогонической точек зрения, поэтому их изучению и, в частности, исследованию γ Peg, посвящено много работ [1—6].

Физические параметры атмосферы γ Peg определяли Аллер [2], Мичайка [7], Копылов [8], Орлов [9] по спектрограммам с различной дисперсией, химический состав — Аллер и Дзугаку [10], Мичайка [7]. Многими авторами отмечалось [5, 6, 8], что линии в спектре γ Peg не обнаруживают заметных изменений интенсивностей и ширин. В настоящей работе мы не смогли исследовать поведение спектральных характеристик этой звезды в зависимости от фазы из-за недостаточного количества спектрограмм и значительных экспозиций.

Все упомянутые исследования основаны на спектрограммах с дисперсией от 2.9 до 75 Å/мм. Интересно было сравнить физические параметры, полученные в этих работах, с результатами, найденными по спектрограммам с более высокой дисперсией, которыми мы располагали.

В настоящей работе получены физические характеристики атмосферы звезды γ Peg; в дальнейшем предполагается изучать ее химический состав путем сравнения со стандартной звездой (γ Ori B2 III).

МАТЕРИАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

Три спектрограммы γ Peg получены И. М. Копыловым в 1964 г. в Крымской астрофизической обсерватории на эшелъном спектрографе с дисперсией 1.1—1.4 Å/мм (табл. 1).

Обработка проводилась по регистрограммам в прямых интенсивностях (увеличение 25). При отождествлении использовались работы Аллера и Дзугаку [3], Андерхилл [4] и таблицы Мур [11]. Измерены эквивалентные ширины (W_λ) около 250 линий поглощения, включая водородные и гелиевые. Вероятная относительная ошибка (ρ) отдельного измерения W_λ составляет от 3 до 14% (для W_λ от 3 до 0.01 Å). Результаты приведены в табл. 2 (n — число измерений; значения $\lg fg\lambda$ взяты из [12] для линий O II, C II, C III, N II и из [10] — для Si II). На рис. 1 они сравниваются с данными Райта и др. [13] (дисперсия 3—10 Å/мм). Во всем диа-

ТАБЛИЦА 1
Данные о спектрограммах γ Рег

№ спектрограммы	Экспозиция	Область спектра $\lambda, \text{Å}$
59	4 ^h 44 ^m	3860—4720
128	1 23	4370—4720
154	1 00	3710—4720

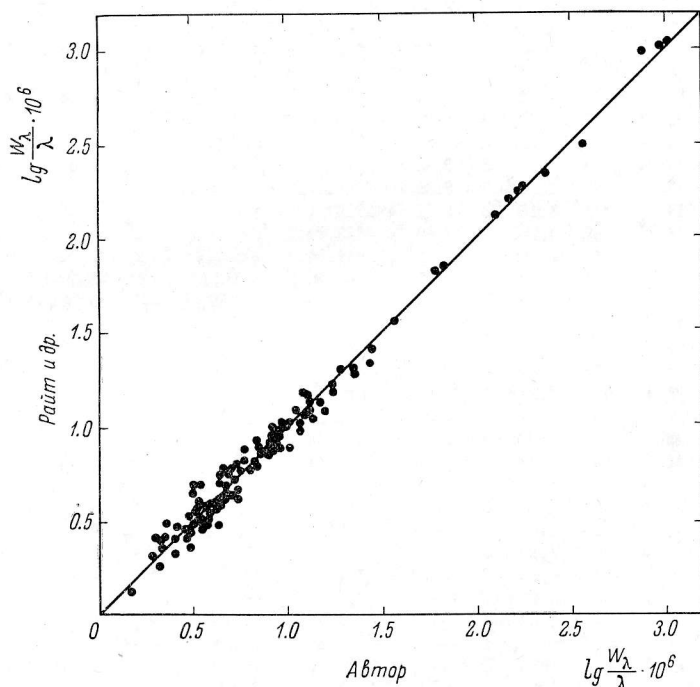


Рис. 1. Сравнение эквивалентных ширин линий $\lg \frac{W_\lambda}{\lambda} \cdot 10^6$, полученных нами, с данными Райта и др. [13].

пазоне значений $\lg \frac{W_\lambda}{\lambda} \cdot 10^6$ (от 0.2 до 3.0) согласие удовлетворительное, разброс невелик и в редких случаях превышает 0.07—0.08.

ВОДОРОДНЫЕ ЛИНИИ. ЭЛЕКТРОННАЯ ПЛОТНОСТЬ

Нами проведен анализ водородного спектра γ Рег с использованием формулы Унзольда, связывающей W_λ с числом атомов водорода во втором квантовом состоянии над 1 см² фотосферы ($N_{0,2}H$) [14]. Исходные данные и результаты, полученные по этой формуле, приведены в табл. 3. Значение $\lg (N_{0,2}H)_{\max}$, найденное из зависимости $\lg N_{0,2}H$ от n , было исполь-

ТАБЛИЦА 2
Эквивалентные ширины

Длина волны, λ Å	Элемент	Номер мультиплета	$W_{\lambda} \cdot 10^6$ $\frac{W_{\lambda}}{\lambda}$	n	$\lg f/g \lambda$	Длина волны, λ Å	Элемент	Номер мультиплета	$W_{\lambda} \cdot 10^6$ $\frac{W_{\lambda}}{\lambda}$	n	$\lg f/g \lambda$
4716.65	Si III	—	0.74	3	—	4411.20	C II	39	0.50	2	4.18
4716.23	S II	9	0.52	3	—	4410.06	C II	40	0.35	2	—
4715.34	Ne I	16	0.46	1	—	4400.09	A II	1	0.69	3	—
4713.14	He I	12	1.80	6	—	4395.95	O II	26	1.02	4	3.48
4710.04	O II	24	0.76	4	3.20	4390.58	Mg II	10	0.52	4	—
4705.36	O II	25	1.03	6	4.23	4387.93	He I	51	2.24	5	—
4703.18	O II	40	0.54	6	3.88	4384.64	Mg II	10	0.45	2	—
4699.08	O II	25	1.02	6	4.07	4382.31	Fe III	4	0.50	4	—
4696.36	O II	1	0.62	3	2.36	4374.28	C II	45	0.75	5	4.30
4676.24	O II	1	1.05	3	3.37	4371.46	C II, A II	—	0.52	5	—
4673.90	O II	1	0.73	3	2.50	4369.26	O II	26	0.55	5	3.29
4661.65	O II	1	1.13	3	3.49	4366.90	O II	2	1.10	5	3.40
4651.35	C III	1	0.76	1	3.75	4364.73	S III	7	0.37	1	—
4650.84	O II	1	1.04	5	3.39	4361.53	S III	4	0.45	2	—
4650.16	C III	1	0.43	5	3.55	4354.56	S III	7	0.44	2	—
4649.14	O II	1	1.36	5	4.10	4353.60	O II	76	0.19	2	—
4647.40	C III	1	0.62	4	4.09	4352.70	Fe III	4	0.52	1	—
4643.09	N II	5	1.02	5	3.33	4351.27	O II	16	0.99	2	3.42
4641.81	O II	1	1.24	5	3.85	4349.43	O II	2	1.22	2	3.54
4638.85	O II	1	1.15	6	3.41	4348.11	A II	7	0.81	2	—
4630.54	N II	5	1.24	6	3.80	4347.42	O II	16	0.68	1	3.67
4621.39	N II	5	0.85	6	3.12	4345.56	O II	2	0.91	2	3.34
4618.85	C II	50	0.38	1	4.52	4340.46	H,	1	2.88	2	—
4613.87	N II	5	0.82	6	2.94	4336.86	O II,	—	0.24	2	—
4610.14	O II	92	0.50	3	—	—	Fe III	—	—	—	—
4609.42	O II	93	0.75	5	4.33	4332.71	S III, O II	—	0.55	1	—
4607.15	N II	5	0.92	6	3.18	4331.89	O II	41	0.63	1	—
4602.13	O II	93	0.54	3	4.17	4327.48	O II	41	0.44	2	—
4601.48	N II	5	0.99	4	3.29	4325.77	O II	2	0.71	4	2.58
4596.17	O II	15	1.00	3	3.95	4319.63	O II	2	1.15	4	3.32
4590.97	O II	15	1.02	3	4.11	4318.92	C II	28	0.33	3	—
4579.39	A II	17	0.45:	1	—	4317.12	O II	2	1.19	4	3.31
4574.78	Si III	2	1.21	3	—	4315.80	O II	78	0.18	3	—
4567.87	Si III	2	1.41	5	—	4315.37	O II	64, 79	0.25	1	—
4552.64	Si III	2	1.50	6	—	4313.43	O II	78	0.48	3	—
4530.40	N II	59	0.69	6	4.33	4312.10	O II	79	0.40	3	—
4529.18	Al III	3	1.17	6	—	4310.37	Fe III	121	0.55	4	—
4512.53	Al III	3	0.92	3	—	4308.96	O II	64	0.41	4	—
4483.42	S II	43	0.36:	1	—	4307.20	A III, O II	—	0.63	4	—
4481.25	Mg II	4	1.58	5	—	4304.81	Fe III	121	0.57	3	—
4479.97	Al III	8	1.00	6	—	4303.82	O II	54	0.76	4	4.27
4471.48	He I	14	2.46	6	—	4296.86	Fe III	121	0.53	3	—
4469.92	He I	14				4294.82	O II	54	0.70	2	3.99
4466.32	O II	87	0.60	5	3.22	4294.43	S II	49	0.63	2	—
4465.40	O II	94	0.53	5	3.99	4291.25	O II	55	0.58:	1	—
4464.42	S II	—	0.42	4	—	4288.83	O II	54	0.24:	1	3.59
4463.58	S II	43	0.50	4	—	4285.69	O II	78	0.55:	1	—
4452.38	O II	5	0.79	6	2.91	4284.99	S III	4	0.82:	1	—
4448.21	O II	35	0.58	5	3.78	4283.75	O II	62	0.22:	1	3.45
4447.03	N II	15	0.93	6	3.94	4282.96	O II	67	0.54:	1	4.05
4443.05	O II	35	0.51	2	3.67	4281.35	O II	54	0.39:	1	—
4437.55	He I	50	1.57	3	—	4278.48	S II	49	0.33:	1	—
4432.74	N II	55	0.72	3	4.23	4277.90	O II	67	0.55:	1	3.45
4431.02	A II, S II	—	0.70	3	—	4277.46	O II	67	0.62:	1	3.84
4426.01	A II	7	0.49	3	—	4276.71	O II	54	0.55	2	4.23
4419.59	Fe III	4	0.91	3	—	4275.52	O II	67	0.63	2	4.39
4416.97	O II	5	1.11	3	3.68	4267.27	C II	6	1.74	4	4.21
4414.91	O II	5	1.20	3	3.94	4267.02	C II	6			
4411.52	C II	39	0.62	3	4.33	4257.42	S II	66	0.30	2	—

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Длина волны λ , Å	Элемент	Номер мультиплета	$W_{\lambda} \cdot 10^6$ $\lg \frac{\lambda}{\lambda}$	n	$\lg f/g \lambda$	Длина волны λ , Å	Элемент	Номер мультиплета	$W_{\lambda} \cdot 10^6$ $\lg \frac{\lambda}{\lambda}$	n	$\lg f/g \lambda$
4253.96	O II	101	0.72	4	4.83	4078.86	O II	10	0.91	2	3.35
4253.74	O II	101	0.97	4	—	4075.87	O II	10	1.36	2	4.30
4246.68	P III	3	0.49	4	—	4074.89	C II	36	0.65	2	—
4243.71	A II, Fe III	—	0.33	1	—	4074.53	C II	36	0.84	2	4.20
4241.79	N II	47, 48	0.92	4	—	4073.06	N II	38	0.55:	1	—
4238.78	Fe III	104	0.28	2	—	4072.16	O II	10	1.25	2	4.14
4236.93	N II	48	1.01	4	—	4071.20	O II	49	0.60	2	—
4235.54	Fe III	—	0.34	3	—	4069.90	O II	10	1.12	2	4.16
4227.75	N II	33	0.54	3	3.55	4069.64	O II	10	1.08	2	4.30
4222.39	Fe III	—	0.76	4	—	4062.90	O II	50	0.68	3	—
4189.79	O II	36	0.96	4	4.44	4060.98	O II	97	0.48	3	4.60
4185.46	O II	36	0.88	4	4.33	4060.58	O II	97	0.57	3	—
4179.67	N II	50	0.30	3	—	4059.27	P III	1	0.46	2	—
4176.16	N II	42	0.67	4	4.22	4057.39	P III	1	0.29	3	—
4174.27	Fe III	—	0.66	3	—	4052.94	A II	101	0.45	3	—
4171.61	N II	43	0.38	4	—	4048.22	O II	50	0.28	2	—
4168.97	He I	52	2.36	4	—	4043.54	N II	39	0.72	4	—
4168.41	S II	—	0.48	4	—	4041.31	N II	39	1.00	4	—
4166.86	Fe III	118	0.51	4	—	4035.09	O II, N II	—	0.77	4	—
4164.79	Fe III	118	0.96	4	—	4026.24	He I	18	2.56	4	—
4162.70	S II	44, 65	0.84	4	—	4024.04	O II, He I	—	0.84	4	—
4156.54	O II	19	0.56	2	2.83	4022.36	Fe III	45	0.46	2	—
4153.30	O II	19	0.92	4	3.70	4021.75	Fe III	45	0.15:	2	—
4153.10	S II	44	0.76	4	—	4009.28	He I	55	2.18	2	—
4150.14	Al III	5	0.54	4	—	4005.04	Fe III	45	0.70	2	—
4149.90	Al III	5	0.61	4	—	3998.79	S II	59	0.34	1	—
4146.94	S II	65	0.37:	1	—	3995.00	N II	12	1.30	4	3.87
4145.10	S II	44	0.31:	2	—	3985.97	Fe III	—	0.49	3	—
4143.76	He I	53	2.22	2	—	3983.77	S III	8	0.50	4	—
4142.24	O II	106	0.31	1	2.61	3982.72	O II	6	0.86	4	2.97
4140.74	O II	19	0.46	1	2.01	3973.26	O II	6	0.75	4	3.68
4139.37	Fe III	118	0.54	2	—	3970.07	H _ε	1	3.00	4	—
4137.93	Fe III	118	0.54	2	—	3968.47	Ca II	1	0.92	2	—
4133.67	N II	65	0.21	2	3.39	3964.67	He I	5	1.73	4	—
4132.81	O II	19	0.90	2	3.55	3955.85	N II	6	0.75	4	—
4131.73	A II	—	0.58	2	—	3954.37	O II	6	1.10	4	3.25
4130.88	Si II	3	0.85	4	4.38	3945.05	O II	6	0.98	2	2.90
4129.34	O II	19	0.40	2	2.50	3935.91	He I	57	1.79	2	—
4128.05	Si II	3	0.84	4	4.20	3933.66	Ca II	1	1.31	4	—
4122.98	Fe III	118	0.59	4	—	3933.29	S II	55	0.65	4	—
4122.06	Fe III, C III	—	0.61	3	—	3928.61	S III, A II	—	0.72	4	—
4121.48	O II	19	0.57	4	3.29	3926.53	He I	58	2.10	4	—
4120.81	He I	16	1.83	4	—	3924.44	Si III	—	1.08	4	—
4120.28	O II	20	0.69	3	3.44	3923.48	S II	55	0.75	4	—
4119.22	O II	20	1.10	4	4.09	3920.68	C II	4	1.46	4	3.35
4116.10	Si IV	1	0.61	4	—	3919.28	O II	17	0.88	4	3.40
4112.03	O II	21	0.62	3	2.83	3918.98	C II	4	1.44	4	3.05
4110.80	O II	20	0.37	3	2.51	3912.09	O II	17	0.58	4	2.69
4101.74	H _δ	1	2.98	4	—	3911.96	O II	17	1.05	4	3.66
4092.94	O II	10	0.80	4	3.35	3889.05	O II	1	2.94	2	—
4089.30	O II	48	0.94	4	4.50	3882.45	O II	11	0.81	2	—
4088.86	Si IV	1	0.53	4	—	3876.67	C II	33	0.73	2	4.28
4087.16	O II	48	0.55	4	4.13	3876.41	C II	33	1.10	2	4.28
4085.12	O II	10	0.95	4	3.46	3876.19	C II	33	1.22	2	4.31
4084.66	O II	21	0.34	4	2.72	3871.82	He I	60	1.71	2	—
4083.91	O II	49	0.61	4	—	3867.48	He I	20	1.76	4	—
4082.28	N II	38	0.59	2	—	3862.60	Si II	1	1.01	4	2.67
4080.99	Fe III	—	0.40	2	—	3857.18	O II	13	0.54	4	2.37
						3856.06	Si II	1	1.20	4	2.93

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Длина волны λ , Å	Элемент	Номер мультиплета	$W_\lambda \cdot 10^6$ $\lg \frac{W_\lambda}{\lambda}$	n	$\lg fg \lambda$	Длина волны λ , Å	Элемент	Номер мультиплета	$W_\lambda \cdot 10^6$ $\lg \frac{W_\lambda}{\lambda}$	n	$\lg fg \lambda$
3853.65	Si II	1	0.52	2	1.97	3770.63	H ₁₁	2	2.94	2	—
3851.04	O II	12	0.85	1	2.91	3750.15	H ₁₂	2	2.80	2	—
3835.38	H ₉	2	2.96	2	—	3734.37	H ₁₃	3	2.66	1	—
3819.67	He I	22	2.46	2	—	3732.99	He I	24	0.88	1	—
3806.60	Si III	—	1.50	4	—	3727.33	O II	3	0.84	1	3.26
3797.90	H ₁₀	2	2.96	4	—	3721.94	H ₁₄	3	2.51	1	—
3791.35	O II	—	1.00	1	—	3711.97	H ₁₅	3	2.16	1	—
	Si III										

зовано для оценки электронной плотности n_e по известному соотношению между эквивалентной шириной линии и произведением $n_e N_{0,2} H$ [15]. Входящая в это соотношение наибольшая центральная глубина линий R_c в нашем случае равна 0.63. Значения $\lg n_e$ определялись по линиям H_γ и H_δ, а затем усреднялись. В вычисленную электронную плотность, согласно [8], вводились поправки за переналожение крыльев водородных линий (δ) и за влияние электронов на расширение водородных линий (Δ). Для γ Рег эти поправки составляют соответственно -0.30 и -0.40 .

ТАБЛИЦА 3

Определение $\lg N_{0,2} H$

Длина волны λ , Å	Линия	W_λ , Å	R_0	n	f	$\lg N_{0,2} H$
4340.46	H _γ	3.32	0.61	2	0.0446	14.61
4101.74	H _δ	3.91	0.63	4	0.0221	15.06
3970.06	H _ε	3.94	0.63	4	0.0127	15.33
3889.05	H ₈	3.40	0.57	2	0.0080	15.50
3835.38	H ₉	3.45	0.58	2	0.0054	15.69
3797.90	H ₁₀	3.45	0.54	4	0.0038	15.85
3770.63	H ₁₁	3.28	0.50	2	0.0028	15.94
3750.15	H ₁₂	2.34	0.45	2	0.0021	15.95
3734.37	H ₁₃	1.70	0.36	1	0.0017	15.91
3721.94	H ₁₄	1.20	0.26	1	0.0013	15.88
3711.97	H ₁₅	0.54	0.16	1	0.0011	15.60

Электронная плотность оценивалась также по формуле Инглиса—Теллера (номер последней разрешимой бальмеровской линии $n_m=17$ получен из зависимости центральной глубины R_0 и эквивалентной ширины W_λ от главного квантового числа верхнего уровня). Окончательное значение $\lg n_e(n_m)$ получается после введения поправки $\Delta=-0.21$ за влияние электронов [8].

Приводим результаты наших определений $\lg n_e$ в сравнении с данными других авторов:

Метод	Наши результаты	[2]	[9]
Унзольда	14.35	—	14.61
Инглиса—Теллера	13.82	13.83	13.90

Значения $\lg n_e$ из [2] и [9], полученные методом Инглиса—Теллера, исправлены за влияние электронов [9].

КРИВЫЕ РОСТА. ТУРБУЛЕНТНЫЕ СКОРОСТИ

По эквивалентным ширинам линий поглощения (см. табл. 2) были построены эмпирические кривые роста для линий O II, C II, N II, Si II. Наиболее уверенная кривая получена по линиям кислорода (благодаря их многочисленности и достаточной интенсивности).

Обычным путем, при помощи зависимостей $(\lg \frac{N_i H}{g_i}, \varepsilon_i)$, определены температуры возбуждения:

	O II	C II	N II
T_v	17800° K	17000° K	16300° K

В среднем $T_v = 17\ 200^\circ\text{K}$ (результаты по кислороду учитывались с двойным весом.)

Вертикальное отклонение эмпирической кривой роста относительно теоретической кривой Унзоляда позволяет найти доплеровскую скорость v_D , включающую тепловую ($v_{\text{тепл}}$) и микротурбулентную (v_i) скорости. Величина $v_{\text{тепл}}$ определяется локальной температурой того слоя атмосферы, в котором образуются линии. В качестве такой температуры мы взяли T_v . В нашем случае для линий O II, C II и N II значения $v_D = v_{\text{тепл}}$, т. е. микротурбулентные скорости, оказываются равными нулю; микротурбулентная скорость по Si II составляет 2.8 км/сек. Ошибка в определении $\lg v_D$ не превышает ± 0.05 , для линий Si II она может быть больше, ввиду их малочисленности. Полученные нами значения v_i отличаются от результатов Копылова [16], по определению которого микротурбулентные скорости составляют от 3.2 км/сек. для Si III до 11 км/сек. для O II. Такое расхождение может быть вызвано различием систем сил осцилляторов или систем эквивалентных ширин линий (эффективная дисперсия в [16] составляет примерно 34 Å/мм). Мы построили кривые роста по нашим наблюдательным данным, взяв систему сил осцилляторов из [16]; микротурбулентные скорости, как и ранее, оказались близкими к нулю (для O II $v_i = 0.14$ км/сек.). Следовательно, причину отмеченного расхождения следует искать в различии систем эквивалентных ширин. Действительно, измеренные нами эквивалентные ширины линий, например кислорода, систематически значительно меньше, чем в [16]. Таким образом, определенные нами методом кривой роста микротурбулентные скорости пренебрежимо малы. К аналогичному результату пришли Бем—Витензе и Струве [6].

Для получения более точных значений микротурбулентной скорости необходимо произвести сравнение наблюдаемых профилей линий различной интенсивности и разных потенциалов возбуждения с профилями, вычисленными по модели атмосферы при учете всех уширяющих факторов.

Первоначальную же грубую оценку турбуленции можно произвести методом корреляции эквивалентных ширин и полуширин (Хуана и Струве [17, 18]). Для этого требуется построить эмпирическую зависимость $(\lg \frac{W_\lambda}{\lambda} \cdot 10^6, \lg \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot 10^6)$ для группы линий с разными потенциалами возбуждения. Наблюдаемые полуширины мы исправляли за инструментальное искажение [18]. По величине отклонения указанной эмпирической зависимости от теоретической $(\lg \frac{W_\lambda}{\lambda} \cdot \frac{c}{2R_c v_1}, \lg \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot \frac{c}{2v_2})$ можно определить скорости v_1 и v_2 ($v_1 = v_s$ — скорость малых вихрей, $v_1 = \sqrt{v_2^2 - v_s^2}$ — скорость крупных вихрей).

Мы построили три эмпирические корреляционные зависимости для O II, Si II и Mg II и для Si III (рис. 2). В результате сравнения теоретической

кривой при $a = \frac{\gamma}{4\pi\Delta v_D} = 0.01$ и после введения поправок за тепловую скорость были получены следующие значения микро- (v_i) и макротурбулентных (v_M) скоростей:

	O II	Si II	Mg II	Si III
v_i , км/сек.	4.8	3.6	3.3	2.5
v_M , км/сек.	1.9	3.8	3.3	3.0

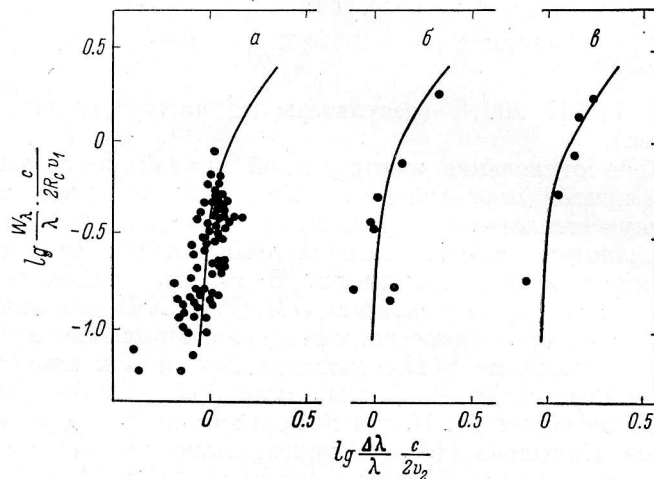


Рис. 2. Эмпирические зависимости (W_λ , $\Delta\lambda$).
 а — для линий O II ($\epsilon_i \approx 23-31$ эв), б — для линий Si II и Mg II ($\epsilon_i \approx 6-10$ эв), в — для линий Si III ($\epsilon_i \approx 18-21$ эв).

Вычисленные нами турбулентные скорости малы, что согласуется с данными [19], где показано, что у звезд В2—В5 главной последовательности конвективная зона располагается в глубоких подфотосферных слоях и, следовательно, турбулентные скорости в атмосферах должны быть незначительными.

Мы не стали интерпретировать ход изменения величин v_i и v_M с изменением ϵ_i , так как в теоретическом обосновании использованного метода имеются недостатки (см. [20]), и он позволяет провести лишь приближенную оценку этих скоростей. Возможно, этим объясняется также различие в микротурбулентных скоростях, полученных двумя способами, хотя слабые стороны имеет и метод кривой роста.

ВЫВОДЫ

1. Анализ водородных линий по спектрограммам высокого разрешения дает те же результаты, что и по низкодисперсионным спектрограммам.
2. Микротурбулентные скорости, полученные по кривым роста, практически равны нулю.
3. Оцененные по линиям O II, Mg II, Si II и Si III методом Хуана и Струве микротурбулентные скорости составляют 2.5—4.8 км/сек., макротурбулентные — 1.9—3.8 км/сек.

Для получения более точных значений турбулентных скоростей необходимо произвести сравнение теоретических и наблюдаемых профилей линий различной интенсивности и с разными потенциалами возбуждения.

В заключение выражаю глубокую благодарность И. М. Кошлову за руководство работой и предоставление спектрограмм, С. В. Рублеву, Ю. В. Глаголевскому и Е. Л. Ченцову за ценные советы и замечания.

Литература

1. L. H. Aller, *Vistas in Astronomy*, 2, 1284, 1956.
2. L. H. Aller, *Astrophys. J.*, 109, 244, 1948.
3. L. H. Aller, J. Jugaku, *Astrophys. J.*, 127, 125, 1958.
4. A. B. Underhill, *Astrophys. J.*, 107, 337, 1948.
5. A. B. Underhill, *Astrophys. J.*, 107, 349, 1948.
6. O. Struve, E. Böhm-Vitense, *Astrophys. J.*, 123, 228, 1956.
7. G. Miczaika, *Z. Naturforschung*, 3a, 241, 1948.
8. И. М. Кошлов, *Изв. Крымск. астрофиз. обс.*, 26, 232, 1961.
9. М. Я. Орлов, *Астр. ж.*, 45, 115, 1968.
10. L. H. Aller, J. Jugaku, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 4, 109, 1959.
11. C. Moore, *Contr. Princeton Univ. Obs.*, No. 20, 1945.
12. W. Wiese et al., *Atomic Transition Probabilities*, NBS, I, 1966.
13. K. O. Wright et al., *Publ. Dom. astrophys. Obs.*, Victoria, 12, 173, 1964.
14. А. Унзольд. *Физика звездных атмосфер*. ИЛ, М., 1949, стр. 313.
15. Э. Р. Мустель. *Звездные атмосферы*. М., 1960, стр. 323.
16. И. М. Кошлов, *Изв. Крымск. астрофиз. обс.*, 34, 163, 1965.
17. S. S. Huang, O. Struve, *Astrophys. J.*, 121, 84, 1955.
18. S. S. Huang, O. Struve, *Astrophys. J.*, 116, 410, 1952.
19. И. М. Кошлов, *Вопросы космогонии*, 10, 74, 1964.
20. E. P. van Hevel, *Bull. astr. Inst. Netherl.*, 33, 308, 1963.

Декабрь 1970 г.