

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 10

АВГУСТ, 1974

ВЫПУСК 3

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПЕРЕМЕННОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННОЙ ЛИНИИ H_α И КОНТИНУУМА В СПЕКТРЕ RY TAU

Г. В. ЗАЙЦЕВА, В. М. ЛЮТЫЙ, А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Поступила 5 ноября 1973

Пересмотрена 30 января 1974

По наблюдениям с интерференционным клиновым фильтром обнаружена значительная ($>1^m$) переменность интенсивности эмиссионной линии H_α в спектре RY Tau. Изменения интенсивности H_α коррелируют с изменениями блеска звезды и показателя цвета U—B. Это свидетельствует о том, что эмиссия H_α в основном возбуждается излучением, т. е. имеет рекомбинационное происхождение.

Неправильная переменная RY Tau, связанная с кометообразной туманностью, является одной из наиболее ярких звезд типа Т Тельца. Спектральный класс RY Tau, определенный по линиям поглощения, меняется в пределах F8—G2 [1]. В эмиссии наблюдаются лишь первые члены серии Бальмера, H и K CaII, [S II] и [OI] [2, 3]. Различные авторы отмечали изменения интенсивностей ярких линий в спектре RY Tau [1, 4, 5] (по фотографическим наблюдениям). Однако связь этих изменений с изменениями общего блеска звезды неясна. Обнаружение такой связи может дать важную дополнительную информацию о природе звезд типа Т Tau.

В течение трех сезонов (1971—73 гг.) мы проводили на Крымской станции ГАИШ фотоэлектрические UVV-наблюдения RY Tau и параллельно узкополосные наблюдения в линии H_α . UVV-наблюдения проводились на 60-см рефлекторе с электрофотометром, описанным в [6]. Наблюдения в линии H_α проводились на 125-см рефлекторе с узкополосным электрофотометром [7]. При этом использовался интерференционный клиновый фильтр, описанный в [8]. Уточненная полоса пропускания фильтра составляет: $\Delta\lambda_{1/2} = 90$, $\Delta\lambda_{\text{эфф}} = 135 \text{ \AA}$ [9].

Узкополосные наблюдения проводились в трех спектральных областях: λ 6563 (линия), λ 6380 и λ 6740 А (континуум).

Все наблюдения (в том числе и узкополосные) проводились дифференциальным способом по отношению к звезде сравнения „d“, контрольной звездой является звезда „f“ (обозначения звезд согласно [10]). Величины и показатели цвета звезд сравнения определены нами по наблюдениям в четыре разные ночи с хорошей прозрачностью:

Звезда	V	B-V	U-B
d	10.65	+0.53	+0.51
f	11.18	+0.72	+0.36

Интенсивность эмиссионной линии H_{α} определялась как разность между интенсивностью излучения RY Tau в эмиссионной области λ 6563 А и проинтерполированной на эту длину волны интенсивностью континуума. Таким образом, наши наблюдения дают интенсивность линии H_{α} , которая может быть выражена в абсолютных энергетических единицах (если известно абсолютное распределение энергии в спектре звезды сравнения).

В табл. 1 приводятся результаты узкополосных наблюдений. В столбцах 2—4 приведены отношения интенсивностей излучения RY Tau в λ 6380, 6563 и 6740 А к интенсивности излучения звезды сравнения „d“ в соответствующих областях спектра. Интенсивность континуума RY Tau, проинтерполированная на λ 6563 А, приведена в столбце 5 и выражена в звездных величинах. Интенсивность линии H_{α} , также выраженная в звездных величинах, приведена в столбце 6. Результаты UBВ-наблюдений приведены на рис. 1. На том же рисунке внизу приводится интенсивность линии H_{α} (в звездных величинах). Отметим, что поскольку вклад эмиссионных линий в спектре RY Tau в полосы UBВ мал, можно считать, что UBВ-наблюдения описывают поведение континуума. Это иллюстрируется рис. 2, который, кроме того, свидетельствует о надежности узкополосных наблюдений.

Результаты наблюдений и выводы. I. UBВ-наблюдения RY Tau показывают следующие особенности фотометрического поведения звезды. 1) Имеются периоды, когда с уменьшением блеска показатели цвета B-V и U-B увеличиваются, т. е. звезда „краснеет“. Назовем это первой формой активности. 2) Периоды, когда с уменьшением блеска показатели цвета уменьшаются [11], т. е. звезда „голубеет“ — вторая форма активности. 3) Периоды как в максимуме, так

и в минимуме, когда блеск звезды меняется незначительно (так же, как и показатель цвета $B-V$), а показатель цвета $U-B$ меняется на $0^{\text{m}}2-0^{\text{m}}3$ (при вероятной погрешности определения $U-B$: $0^{\text{m}}02-3^{\text{m}}03$), причем независимо от небольших флуктуаций блеска (третья форма активности). Следовательно, можно предположить, что на тепловый видимый спектр γU Тау накладывается дополнительная непрерывная эмиссия, относительный вклад которой возрастает в ультрафиолетовой области спектра. Эта дополнительная эмиссия меняется в значительной степени независимо от изменений общего блеска звезды. На существование и нетепловую природу подобного дополнительного непрерывного излучения в спектрах звезд типа T Тау впервые указал Амбарцумян [12, 13].

Таблица 1

JD 2441...	I_v / I_c λ 6380	I_v / I_c λ 6563	I_v / I_c λ 6740	cont. (Δm) λ 6563	H_{α} (Δm)
254.42	1.461 \pm .010	1.775 \pm .003	1.607 \pm .019	-0 ^m .47 \pm .01	+1 ^m .54 \pm .08
265.41	1.274 .003	1.720 .014	1.395 .028	-0.31 .01	+1.05 .05
313.38	1.065 .010	1.290 .010	1.225 .025	-0.15 .01	+2.10 .12
321.44	1.462 .041	1.894 .015	1.572 .010	-0.45 .02	+1.02 .07
331.35	1.441 .031	1.800 .010	1.564 .004	-0.44 .02	+1.31 .10
336.28	1.415 .015	1.875 .005	1.560 .005	-0.43 .01	+1.03 .03
339.23	1.495 .005	1.925 .015	1.640 .020	-0.49 .01	+1.12 .05
340.36	1.555 .005	1.970 .010	1.670 .030	-0.52 .01	+1.11 .05
356.36	1.594 .010	2.015 .015	1.703 .008	-0.54 .01	+1.09 .05
548.52	0.818 .012	1.066 .001	0.887 .001	+0.17 .01	+1.68 .06
549.49	0.830 .002	1.080 .002	0.880 .010	+0.17 .01	+1.62 .04
566.50	0.939 .006	1.211 .022	1.002 .008	+0.03 .01	+1.55 .10
619.40	0.860 .001	1.126 .012	0.922 .003	+0.13 .01	+1.57 .05
682.43	0.855 .014	1.108 .008	0.984 .030	+0.09 .02	+1.82 .12
708.25	0.948 .124	1.306 .020	1.170 .010	-0.06 .06	+1.52 .24
920.52	1.743 .013	2.224 .015	1.905 .033	-0.65 .02	+1.00 .05
936.54	1.818 .005	2.348 .034	2.018 .013	-0.71 .01	+0.92 .09
961.52	1.390 .006	1.824 .029	1.552 .016	-0.42 .01	+1.13 .09

II. Узкополосные наблюдения показывают сильную переменность интенсивности эмиссионной линии H_{α} — амплитуда больше 1^{m} . Изменения интенсивности линии, как видно из рис. 1, коррелируют с изменениями континуума. Зависимость между интенсивностью H_{α} и континуума (в фильтрах V и U) показана на рис. 3.

Тот факт, что интенсивность H_{α} прямо пропорциональна интенсивности континуума (рис. 3), может говорить о том, что механизм возбуждения H_{α} в спектре RY Tau — флуоресцентный механизм, подобный предложенному Соболевым [14].

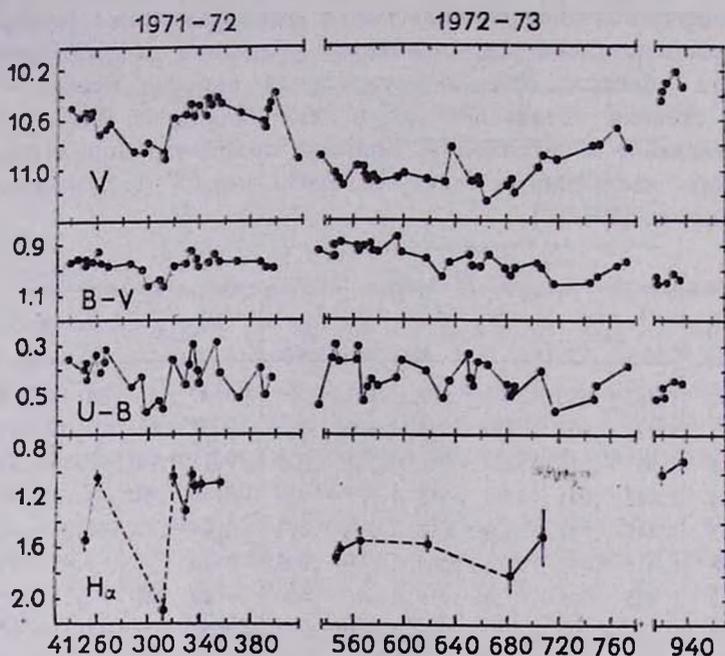


Рис. 1. Изменения блеска, показателей цвета и интенсивности линии H_{α} для RY Tau.

Этот механизм, как известно, состоит в том, что излучение в H_{α} образуется в результате переработки L_{α} -квантов горячих подфотосферных слоев и выходит наружу благодаря действию дифференциального эффекта Доплера. Само же горячее подфотосферное излучение звезды перерабатывается в фотосфере в кванты низких частот, формируя видимый тепловой континуум. Изменения этого континуума должны коррелировать с изменениями интенсивности H_{α} . Вопрос о природе переменности подфотосферного излучения остается открытым. Возможно, что причина этой переменности связана с конвективной неустойчивостью верхних слоев звезды.

Дисперсия точек на рис. 3 существенно превышает (в 4—5 раз) вероятную погрешность определения интенсивности H_{α} ($\sim \pm 0.08$). Это указывает на то, что помимо основного механизма переменности интенсивности H_{α} , описанного выше, существует дополнительный механизм переменности этой линии, независимый от общего блеска звезды.

Для выяснения природы этого механизма обратимся к рис. 4, на котором показана зависимость интенсивности H_{α} от показателя цвета $U-V$. Здесь точки соответствуют интенсивности H_{α} в максимуме

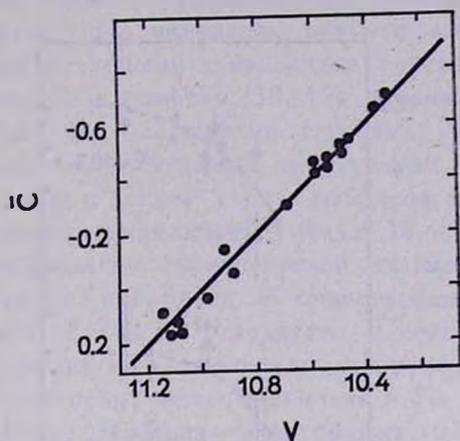


Рис. 2. Зависимость между изменениями блеска RY Тау в фильтре V и континуума, проинтерполированного на λ 6563.

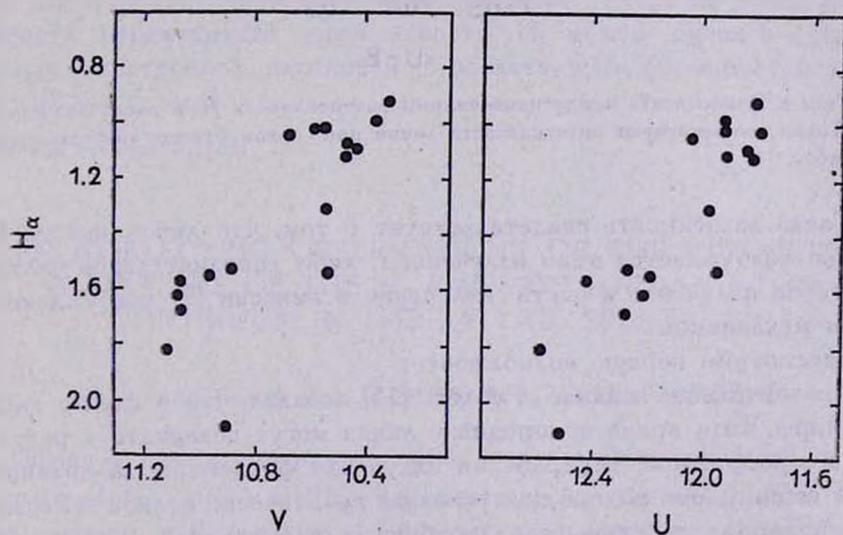


Рис. 3. Корреляция между изменениями интенсивности H_{α} и блеска в фильтрах V и U.

блеска RY Тау ($\bar{V} = 10^m 5$, JD 2441260 и 41320—360), треугольники — в минимуме ($\bar{V} = 11^m 0$, JD 2441315 и 41550—710 — см. рис. 1). Видно,

что как в максимуме, так и в минимуме блеска интенсивность H_{α} растет с уменьшением показателя цвета $U-B$ (т. е. с увеличением интенсивности дополнительного ультрафиолетового излучения).

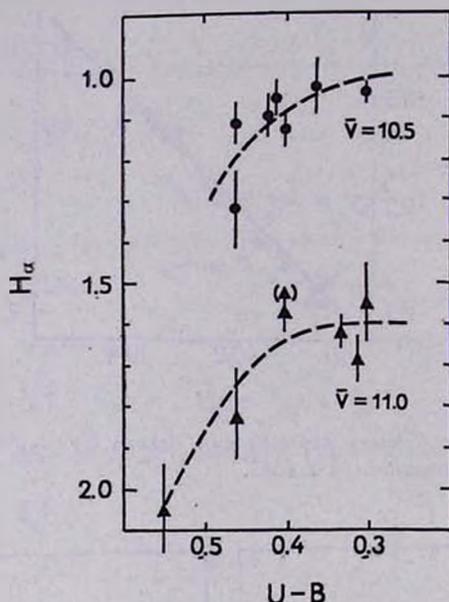


Рис. 4. Зависимость между изменениями интенсивности H_{α} и показателя цвета $U-B$. Точки соответствуют интенсивности линии при ярком блеске, треугольники — при слабом.

Такая зависимость свидетельствует о том, что либо эмиссия H_{α} частично возбуждается этим излучением, либо дополнительное ультрафиолетовое излучение и часть излучения в эмиссии H_{α} возбуждаются единым механизмом.

Рассмотрим первую возможность.

Сравнительно недавно Рублев [15] показал, что в случае звезд типа Миры Кита яркие водородные линии могут возникать в результате флуоресцентной переработки излучения фотосферы за границей второй серии атома водорода в условиях практически полной нейтральности водорода в атмосфере (требуемая электронная температура $T_e \lesssim 4000^\circ$). При этом роль переработки L_{α} -квантов в возникновении ярких линий пренебрежимо мала, населенность второго уровня водородного атома определяется столкновениями с электронами. Хотя в [15] количественные расчеты проведены для Мирид, кажется перспективным, в свете полученных нами данных о переменной интенсивности

ности H_2 и континуума, развитие этой идеи и на случай звезд типа Т Тельца.

Вторая возможность объяснения обнаруженного эффекта состоит в привлечении механизма индуцированных рекомбинаций [16—19]. В этом случае неправильные изменения яркости линии и континуума связываются с нерегулярными изменениями величины неравновесного избытка электронов. Как известно [18, 19], неравновесная плазма может образовываться при расширении сгустков вещества (со скоростями ~ 40 км/сек), выбрасываемых нерегулярно из внутренних областей звезды, причем в основе таких выбросов лежит конвективная неустойчивость молодых сжимающихся звезд [18, 20].

Помимо формирования неравновесной плазмы эта конвективная неустойчивость должна приводить к существованию мощных хромосфер у звезд типа Т Тау (в результате диссипации порождаемых конвекцией акустических и магнито-гидродинамических волн [21]). Не исключено, что некоторая часть излучения в H_2 формируется в подобной хромосфере под действием электронных ударов. Однако обнаруженные нами корреляции между изменениями интенсивности H_2 и параметров излучения RY Тау в континууме позволяют заключить, что эмиссия H_2 у звезд типа Т Тау в основном порождается излучением, т. е. имеет рекомбинационное происхождение. Тогда по наблюдаемой скорости переменности интенсивности H_2 можно оценить нижнюю границу электронной плотности в области, где формируется линия: $n_e \geq 10^6 - 10^7$ см⁻³.

Крымская станция ГАИШ

PHOTOELECTRIC OBSERVATIONS OF THE INTENSITY VARIATIONS OF THE H_2 EMISSION LINE AND THE CONTINUUM IN THE RY TAU SPECTRUM

G. V. ZAJTSEVA, V. M. LYUTYI, A. M. CHEREPASHCHUK

Using a wedge interference filter, considerable variations of the intensity of H_2 ($> 1^m$) in RY Tau spectrum are discovered. The variations correlate with the star brightness and color index (U—B) variations, which may be explained by the assumption, that the H_2 -emission is mainly excited by stellar radiation, i. e. it has a recombination origin.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *A. H. Joy*, *Ap. J.*, 102, 168, 1945.
2. *J. H. Herbig*, *Ap. J.*, 133, 337, 1961.
3. *W. K. Volkack, J. L. Greenstein*, *Ap. J.*, 131, 83, 1960.
4. *Э. А. Дибай*, *Астрофизика*, 5, 249, 1969.
5. *Э. А. Исмаилов*, *Астрон. цирк.*, № 763, 1973.
6. *В. М. Лютый*, *Сообщ. ГАИШ*, № 172, 1971.
7. *А. М. Черепашук, В. М. Лютый, Х. Ф. Халиуллин*, *Астрон. ж.*, 50, 1105, 1973.
8. *А. М. Черепашчук, В. М. Lyutyi*, *Ap. Lett.*, 13, 165, 1973.
9. *Х. Ф. Халиуллин*, *Кандидатская диссертация*. М., 1973.
10. *П. Н. Холопов*, *ПЗ*, 10, 180, 1955.
11. *Г. В. Зайцева*, *ПЗ*, 16, 435, 1968.
12. *В. А. Амбарцумян*, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 13, 3, 1954.
13. *В. А. Амбарцумян*, *Труды IV совещания по вопросам космогонии*, изд. АН СССР, 1955.
14. *В. В. Соболев*, *Движущиеся оболочки звезд*, изд. ЛГУ, 1947.
15. *С. В. Рублев*, *Изв. САО*, 1, 5, 1970.
16. *Д. А. Франк-Каменецкий*, *Астрон. ж.*, 40, 235, 1963.
17. *И. Г. Колесник*, *сб. "Физика звезд и межзвездной среды"*, Наукова думка, Киев, 1966, стр. 38.
18. *И. Г. Колесник*, *сб. "Проблемы звездной эволюции и переменные звезды"* Наука, М., 1968, стр. 44.
19. *И. Г. Колесник*, *Астрон. ж.*, 42, 67, 1965.
20. *С. Hayashi*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 13, 450, 1961.
21. *М. М. Кацова*, *Астрон. ж.*, 50, 774, 1973.