

Переменные звезды 20, 153–160, 1975
Variable Stars 20, 153–160, 1975

Об изменении контура H_{α} -эмиссии в спектре RY Tau в течение ночи
 Е. А. Колотилов, Г. В. Зайцева

Для трех ночей: 19–20.1.75, 17–18.2.75 и 8–9.3.75 проведены наблюдения контура H_{α} -эмиссии (дисперсия $20 \text{ \AA}/\text{мм}$) в спектре RY Tau в течение $\sim 6, 4$ и 3 часов соответственно. Большинство спектрограмм получено со временем экспозиции 15 минут при расширении спектра до 0.3 мм . Одновременно со спектральными наблюдениями выполнены фотоэлектрические UBV-измерения блеска звезды. По наблюдениям 19–20.1 обнаружены изменения контура эмиссионной линии H_{α} за время 10–20 минут (рис. 1), эти изменения не сопровождались колебаниями блеска звезды (рис. 2). Контур H_{α} -эмиссии для 17–18.2 и 8–9.3 различались между собой (рис. 3), но оставались постоянными в течение интервала наблюдений для каждой даты. Звезда находилась 19–20.1 в более слабом блеске по сравнению с двумя другими датами. Характер наблюдавшейся 19–20.1.75 быстрой переменности контура H_{α} -эмиссии согласуется с обнаруженной 4.1.73 (Исмаилов, 1973).

The Variations of H_{α} -Emission Profile in the Spectrum of RY Tau
 Observed During Night
 by E. A. Kolotilov, G. V. Zaitseva

The observations of the H_{α} -emission profile with the $20 \text{ \AA}/\text{mm}$ dispersion of RY Tau have been made during ~ 6.4 and 3 hours on three nights: Jan. 19–20, Feb. 17–18 and Mar. 8–9, 1975. Most of spectrograms were taken with 15 min exposition; the widening of the spectrum was about 0.3 mm . The photoelectric UBV-measurements of the star's brightness were made simultaneously with the spectrum observations. The spectrum observations made on Jan. 19–20 revealed the variations of the H_{α} -emission profile on the time scale of 10–20 min (Fig. 1), without variations of star's brightness (Fig. 2). There have been differences between profiles of H_{α} -emission observed during the nights of Feb. 17–18 and Mar. 8–9 (Fig. 3), however these profiles have been constant during the observational period on each date. The brightness of the star on the night of Jan. 19–20 was lower than that on other two nights. The character of fast variations of H_{α} -emission profiles on Jan. 19–20 is consistent with the variations found by Izmailov (1973) on Jan. 4, 1973.

Введение. Спектральные наблюдения звезд типа Т Тау и подобных объектов с дисперсией, достаточной для изучения контуров эмиссионных линий, пока что немногочисленны из-за слабости блеска этих звезд. Наблюдаемые контуры разнообразны: симметричная одиночная эмиссия, контур типа Р Суг (в некоторых случаях "обратный" контур типа Р Суг) и, чаще всего, линия, состоящая из двух эмиссионных компонентов, разделенных абсорбционным провалом (Зайцева, Колотилов, 1973). Установлено также, что интенсивность и вид контура линий меняются со временем.

Первоначально было выдвинуто предположение о существовании обширной (до $\sim 10 R_*$) расширяющейся оболочки, которую образует вещество, непрерывно истекающее из звезды (Кухи, 1964). Считалось, что оболочка прозрачна для излучения в линиях во внутренней области и поглощение, приводящее к двухкомпонентному виду контура, происходит в наружных слоях. Теоретические контуры от такой оболочки сравнивались с наблюдаемыми у эмиссионных линий H_α , H_β , H и K Ca II для нескольких звезд типа Т Тау, на основании чего были определены скорости потери массы. При этом не учитывалась переменность контуров со временем, что, как показал на примере RW Aur Гам (1970), может существенно изменить оценку скорости потери массы.

Проведенные впоследствии наблюдения звезд типа Т Тау с фотоэлектрическим сканером (Кухи, 1974) позволили установить зависимость между ультрафиолетовым избытком излучения и интенсивностью линий H_α и K Ca II, что рассматривается как свидетельство хромосферного происхождения эмиссионного спектра. Была предпринята попытка (Дюмонт и др., 1973), не отвергая при этом в принципе возможность существования протяженных оболочек, сопоставить теоретические контуры эмиссионной линии H_α для модели статической хромосферы с наблюдаемыми у звезд типа Т Тау контурами. Расчетные контуры имеют центральный абсорбционный провал, однако для согласования с наблюдаемыми контурами, у которых лучевая скорость абсорбционного провала может достигать до сотен км/сек, отмечается необходимость введения в расчеты поля скоростей.

На основании проведенной недавно фотометрии в оптической и ИК областях спектра и изучения спектрограмм более 50 звезд типа Т Тау (Ридгрейв, 1974) был сделан вывод, что наблюдаемое распределение энергии лучше всего представляется суммой фотосферного излучения звезды позднего спектрального класса и рекомбинационного излучения водорода.

Существует также предположение (Исмаилов, 1974), что звезды типа Т Тау обладают оболочками, состоящими из отдельных сгустков вещества, движущихся в различных направлениях. Оболочка образуется и поддерживается выбросами вещества с поверхности звезды. Такое предположение основывается на обнаруженных Исмаиловым быстрых (за время 10–20 минут) изменениях контуров эмиссионных линий H_α , H_β , H и K Ca II в спектрах четырех звезд типа Т Тау. В частности, быстрые изменения контура линии H_α в спектре RY Tau (Исмаилов, 1973) обнаружены по серии из 8 спектрограмм (вре-

мя экспозиции 20 минут, дисперсия $75 \text{ \AA}/\text{мм}$, расширение спектра 0.3 мм), полученной 4.1.73 г.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о необходимости получения для звезд типа Т Тау наблюдательных данных о характерных скоростях излучающего газа и о характерных временах изменения интенсивности и вида контура эмиссионных линий. Последнее требует спектральных наблюдений одновременно как с хорошей дисперсией, так и с хорошим временным разрешением. Единственными наблюдениями такого рода остаются пока что наблюдения, проведенные Исмаиловым.

На протяжении 1971–73 гг. нами (Колотилов, Зайцева, 1974) были получены контуры эмиссионной линии H_{α} в спектре RY Тау по спектрограммам с дисперсией $20 \text{ \AA}/\text{мм}$ для 14 дат. Количественный анализ контуров показал, что крылья H_{α} -эмиссии хорошо согласуются с доплеровским расширением линии при характерной скорости $\sim 200 \text{ км/сек}$. Было установлено также, что линия является переменной. В 1975 г. нами были продолжены наблюдения H_{α} -эмиссии в спектре RY Тау с целью изучения характера быстрой (в течение ночи) переменности линии.

Наблюдательный материал. Спектрограммы области H_{α} с дисперсией $20 \text{ \AA}/\text{мм}$ были получены на 125-см рефлекторе Крымской станции ГАИШ при помощи дифракционного спектрографа, работающего с контактным ЭОП. Более подробно аппаратура и методика наблюдений были описаны ранее (Зайцева, Колотилов, 1973). Наблюдательный материал состоит из трех серий спектрограмм, полученных 19–20.1, 17–18.2 и 8–9.3.75 (соответственно 19, 11 и 8 спектрограмм на протяжении 6, 4 и 3 часов). Интервал между экспозициями 5 минут, большинство спектров получено с расширением 0.3 мм и временем экспозиции 15 минут и несколько спектров с экспозицией 30 минут и расширением 0.6 мм . Все спектрограммы были записаны в плотностях на микрофотометре Крымской станции ГАИШ и в интенсивностях на микрофотометре КрАО.

Одновременно со спектральными наблюдениями проводились фотоэлектрические измерения блеска звезды на 60-см рефлекторе. Во время непрерывного слежения за звездой 19–20.1 и 8–9.3 было сделано соответственно 19 и 6 измерений в фильтрах U, V и V. Условия погоды 17–18.2 не позволили осуществить слежение за блеском звезды на протяжении периода спектральных наблюдений; было получено среднее значение блеска для небольшого интервала времени.

Обсуждение результатов. На рис. 1 приведены записи в интенсивностях 17 спектрограмм линии H_{α} , полученных 19–20.1. Наблюдения показали, что контур H_{α} -эмиссии изменялся на протяжении ~ 6 часов. Для интервалов времени, когда контур оставался практически постоянным, записи объединены. На большинстве спектрограмм линия H_{α} представляет собой двухкомпонентную эмиссию, фиолетовых и красный эмиссионные компоненты разделены небольшим абсорбционным провалом на спектрах № 4, 6, 8, 9, 14, 15, 17. На спектрограммах № 1, 2, 11, 12, 13, 18, 19 абсорбционный провал отсутствует (линия имеет "ступенчатый" вид). Как видно на рис. 1, быстрым изменениям был подвержен красный эмиссионный компонент линии, увеличение и последующее

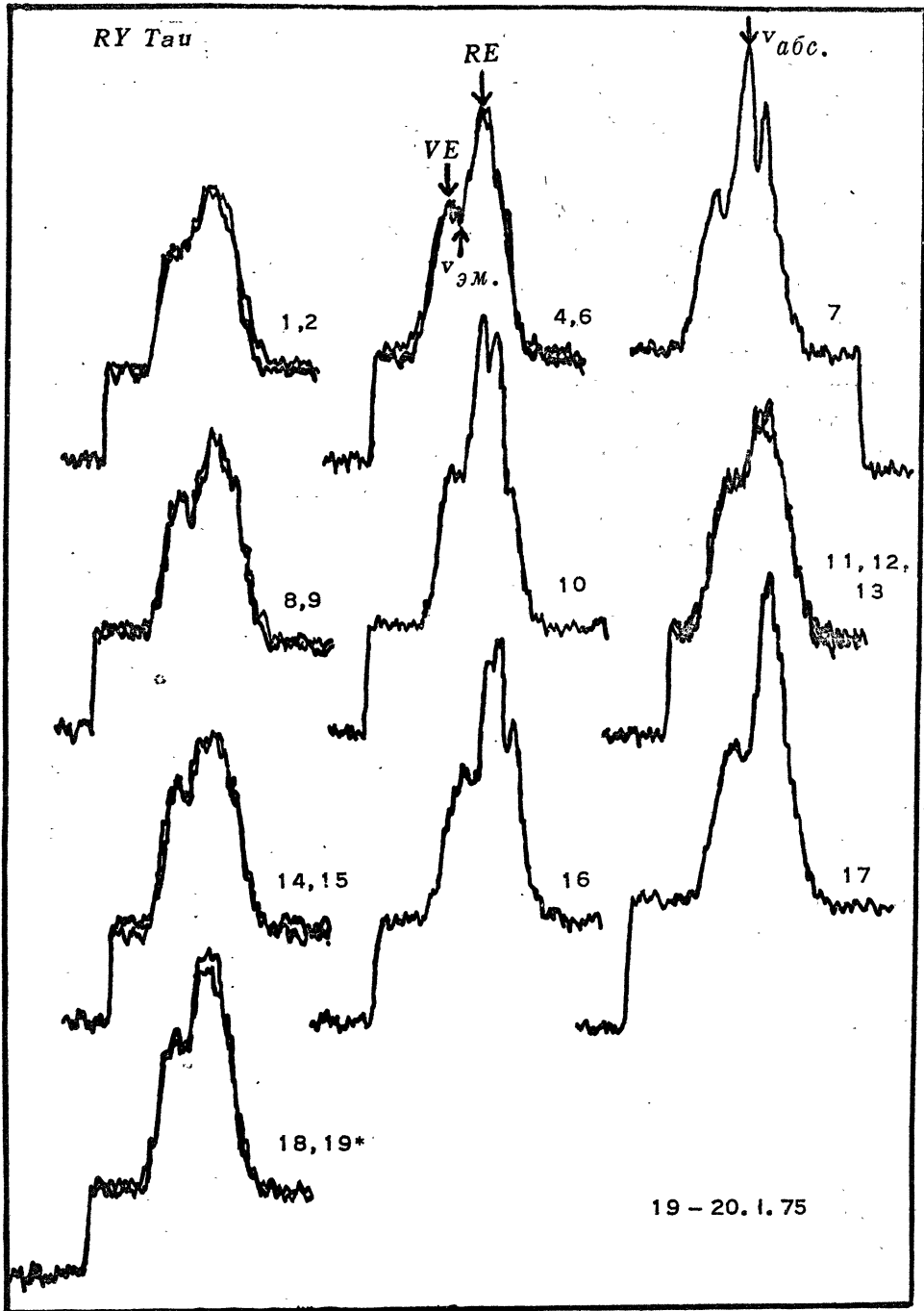


Рис. 1. Микрофотометрические записи в интенсивностях линии H_{α} в спектре RY Tau по наблюдениям 19–20.1.75. Звездочкой отмечен номер спектрограммы, полученной с расширением 0.6 мкм за время экспозиции 30 минут.

уменьшение его интенсивности можно проследить по спектрам №№ 4, 6, 7, 10, 16, 17. Для "дополнительной" эмиссии также, по-видимому, характерно самопоглощение, т. к. на спектрах №№ 7, 10, 16 суммарный контур линии H_{α} имеет трехкомпонентную структуру. По каждой спектрограмме была определена величина $v = 1/2(v_B + v_R)$, принимаемая за лучевую скорость линии, где v_B и v_R соответственно лучевые скорости фиолетового и красного краев эмиссии.

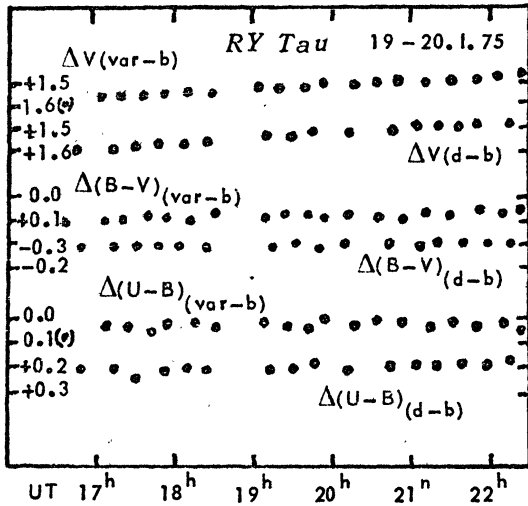


Рис. 2. Результаты фотозлектрических измерений блеска V и показателей цвета $(B-V)$ и $(U-B)$ $RY\ Tau$, приведенных 19-20.1.75; b — основная звезда сравнения, d — контрольная звезда (карту окрестностей см. Холопов, 1954).

Среднее значение $v \approx +68 \pm 4$ км/сек.

Характеристики линии vE , $v_{абс.}$, $v_{эм.}$, RE (см. рис. 1), а также эквивалентные ширины эмиссии $W(H_{\alpha})$ приведены в таблице. По спектрам №№ 7, 10, 16 среднее значение $v_{эм.} \approx +80$ км/сек. По 17 спектрограммам среднее значение $W(H_{\alpha}) \approx 19.8 \text{ \AA}$. Фотозлектрические UBV измерения показали, что блеск звезды в течение периода наблюдений не менялся (рис. 2). Средние значения ($n = 19$) для 19-20.1 следующие:

$V = 10^m.60$, $B-V = +0^m.92$ и $U-B = +0^m.33$. Используя величину V , а также значение освещенности на границе земной атмосферы от звезды с $m_V = 0^m.00$ (Код, 1963), получим для среднего потока в линии $F(H_{\alpha}) \approx 3.6 \cdot 10^{-12}$ эрг/см²сек.

Появление "дополнительной" эмиссии дает вклад в величину эквивалентной ширины $\Delta W(H_{\alpha}) \approx 2 \text{ \AA}$ (рис. 1 и таблица). Принимая расстояние до $RY\ Tau$ равным 200 пс и величину межзвездного поглощения $A_V = 0^m.9$ (Холопов, 1965), получим для переменной эмиссии $\Delta F(H_{\alpha}) \approx 3.8 \cdot 10^{30}$ эрг/сек. По наблюдениям время существования этой эмиссии ~ 20 минут, что дает полную величину выделившейся энергии в линии $H_{\alpha} \approx 4.5 \cdot 10^{33}$ эрг.

Таблица

Характеристики линии H_{α} по наблюдениям 19-20.1.75.

Номера спектров	vE	$v_{абс.}$	$v_{эм.}$	RE	$W(H_{\alpha}), \text{ \AA}$
1, 2	—	—	—	+ 100	19.0
4, 6	-120	-45	—	+ 90	21.5
7	-140	-85	+ 70	+ 165	21.9
8, 9	-130	-65	—	+ 80	18.0
10	—	—	+ 85	+ 145	22.3
11, 12, 13	—	—	—	+ 100	20.0
14, 15	-120	-75	—	+ 80	19.0
16	-100	-40	+ 85	+ 175	19.5
17	-110	-40	—	+ 70	19.8
18, 19	-120	-50	—	+ 90	19.2

Примечание: величины во 2-5 столбцах выражены в км/сек.

На рис. 3 приведены для примера записи в интенсивностях линии H_{α} для нескольких спектрограмм из двух других серий, полученных 17–18.2 и 8–9.3. Как видно из рис. 3 в обоих случаях линия представляла собой четко разделенную абсорбционным провалом двухкомпонентную эмиссию и вид контура не менялся в течение периодов наблюдений. Для 17–18.2 средние по всем спектрограммам характеристики линии следующие: отношение центральных интенсивностей фиолетового и красного эмиссионных компонентов $\overline{V/R} \approx 0.36 \pm 0.02$, $\overline{vE} \approx -195 \pm 5$ км/сек, $\overline{v_{\text{абс}}} \approx -90 \pm 6$ км/сек, $\overline{RE} \approx +120 \pm 4$ км/сек, $\overline{v} \approx -15 \pm 5$ км/сек и $\overline{W(H_{\alpha})} \approx 20.5 \text{ \AA}$. Средние значения для 8–9.3 следующие: $\overline{V/R} \approx 0.77 \pm 0.03$, $\overline{vE} \approx -135 \pm 15$ км/сек, $\overline{v_{\text{абс}}} \approx +5 \pm 20$ км/сек, $\overline{RE} \approx +175 \pm 30$ км/сек; $\overline{v} \approx +40 \pm 7$ км/сек и $\overline{W(H_{\alpha})} \approx 31.0 \text{ \AA}$.

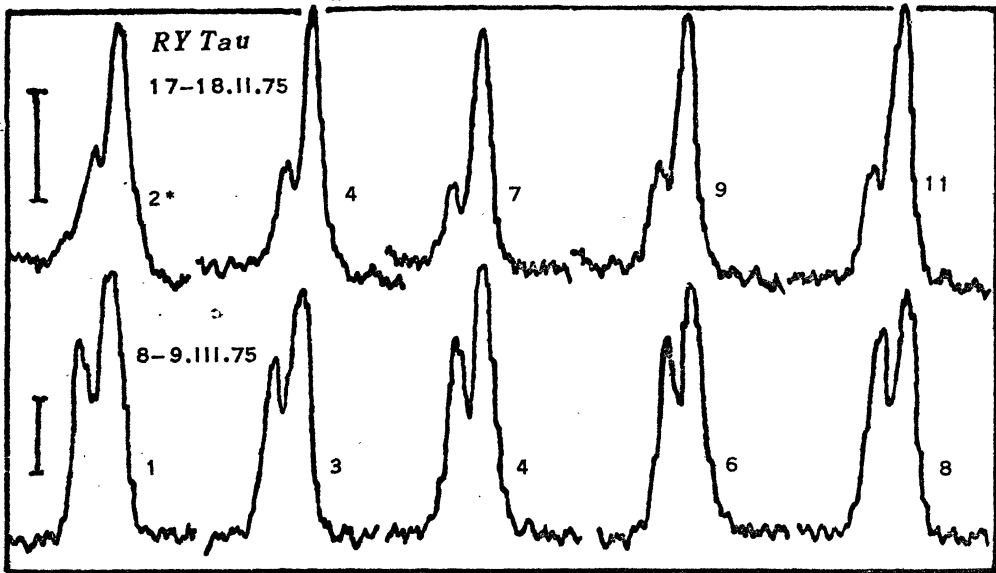


Рис. 3. Микрофотометрические записи в интенсивностях линии H_{α} в спектре RY Tau по наблюдениям 17–18.2 и 8–9.3.75. Размеры вертикальных черточек соответствуют интенсивности непрерывного спектра на записях. Звездочка – то же, что и на рис. 1.

По фотоэлектрическим измерениям 8–9.3 установлено, что блеск звезды не менялся во время спектральных наблюдений, средние значения ($n=6$): $V=10^m.39$, $B-V=+0^m.99$ и $U-B=+0^m.30$. Для 17–18.2 средние значения по небольшому интервалу времени $V=10^m.33 \pm 0^m.01$, $B-V=+0^m.99 \pm 0^m.01$ и $U-B=+0^m.35 \pm 0^m.03$. Из-за условий погоды не удалось провести измерения блеска на протяжении всего интервала спектральных наблюдений, поэтому нельзя говорить о строгом постоянстве блеска в эту ночь. Вычисленные потоки в линии $F(H_{\alpha}) \approx 4.8 \cdot 10^{-12}$ эрг/см²сек (17–18.2) и $\approx 6.9 \cdot 10^{-12}$ эрг/см²сек (8–9.3).

Таким образом, проведенные нами наблюдения за контуром H_{α} -эмиссии в спектре RY Tau в течение трех ночей позволили выявить следующее: имеются состояния звезды, когда контур линии не меняется на протяжении по крайней мере нескольких часов и состояния, когда контур меняется за время порядка 10–20 минут. Наблюдавшиеся быстрые ко-

лебания контура не сопровождались колебаниями блеска звезды. "Спокойные" состояния звезды характеризовались большей светимостью и большим потоком в линии H_{α} , при этом линия имела четко выраженную двухкомпонентную структуру.

Интересно сравнить также результаты наших наблюдений быстрой переменности контура с результатами З. Исмаилова. По 8 спектрограммам, полученным 4.1.73, отмечено, что структура линии H_{α} представляла собой два образования — сильное эмиссионное ядро и широкую размытую эмиссию. Наблюдавшиеся изменения заключались в том, что ядро иногда становилось узким и четко видимым (например наш спектр № 17), при этом отмечен случай трехкомпонентного вида контура (аналогично спектрам №№ 7, 10, 16), а иногда сливалось с размытой эмиссией (наши спектры №№ 1, 2, 18, 19). Эмиссионное ядро было смещено относительно размытой эмиссии в красную часть спектра. Отмечено также кратковременное появление узких линий поглощения по обоим сторонам эмиссионной линии. Эквивалентная ширина H_{α} -эмиссии по наблюдениям Исмаилова менялась в значительных пределах — от 22° до 38° . За исключением фактов появления линий поглощения и значительного изменения эквивалентной ширины, характер быстрой переменности контура H_{α} -эмиссии в спектре $\text{R}\Upsilon$ Тау, наблюдавшейся 4.1.73, согласуется с обнаруженной 19–20.1.75. В дополнение к этому выводу мы хотим отметить еще следующее: 4.1.73 была получена спектрограмма (Колотиллов, Зайцева, 1974) области H_{α} с дисперсией $20 \text{ \AA}/\text{мм}$ за время экспозиции ~ 50 минут и с расширением 0.3 мм (звезда была слабее 11^{m} в V при посредственной прозрачности). Контур линии имел "ступенчатый" вид (пример — спектры №№ 1, 2 на рис. 1). Эквивалентная ширина эмиссии $\approx 14^{\circ}$, но надо учесть, что спектрограмма была получена \sim три часа спустя после наблюдений Исмаилова.

Заключение. Суммируем в заключение сведения, относящиеся к вопросу о быстрой (в течение ночи) переменности контура H_{α} -эмиссии в спектре $\text{R}\Upsilon$ Тау. Сформулированные ниже выводы надо рассматривать как предварительные, т. к. необходимость дальнейших наблюдений не вызывает сомнения.

1. Существование быстрой переменности подтверждено независимыми наблюдениями, проведенными в разное время.

2. Быстрая переменность контура была связана с появлением в длинноволновой части линии узкого эмиссионного пика, при этом суммарный контур иногда имеет трехкомпонентную структуру.

3. Наблюдались как значительные изменения (в 1.5–2 раза) эквивалентной ширины эмиссии (4.1.73), так и увеличение ее только на $\sim 10\%$ (19–20.1.75).

4. Переменность контура не сопровождалась колебаниями блеска звезды. Возможно, период времени, когда контур H_{α} -эмиссии подвержен быстрым изменениям, связан с ослаблением блеска звезды по сравнению с предыдущим и последующим временами.

5. В период переменности контура абсорбционный провал выражен слабо или отсутствует совсем ("ступенчатый" вид контура). В настоящее время нами определены контуры H_{α} -эмиссии в спектре $\text{R}\Upsilon$ Тау

(Колотилов, Зайцева, 1974 и часть не опубликована) для 22 дат на протяжении 1971–75 гг. Для 4 дат (~18%) линия имеет "ступенчатый" вид.

6. Имеются состояния звезды, когда контур не меняется на протяжении по крайней мере нескольких часов.

Литература:

- Гам, 1970 – Gahn G.F., AsAp 8, 73.
 Дюмонт и др., 1973 – Dumont S., Heidmann N., Kuhl L., Thomas N., AsAp 29, 199.
 Зайцева Г.В., Колотилов Е.А., 1973, Астрофизика 9, 185.
 Исмаилов З.А., 1973, АЦ № 763.
 Исмаилов З.А., 1974, Кандидатская диссертация, Ленинград.
 Код А.Е., 1963, сб. "Звездные атмосферы", Москва.
 Колотилов Е.А., Зайцева Г.В., 1974, Астрофизика 10, 365.
 Кухи, 1964 – Kuhl L.V., ApJ 140, 1409.
 Кухи, 1974 – Kuhl L.V., AsAp Suppl 15, 47.
 Ридгрэн, 1974 – Rydgren A.E., BAAS 6, 458.
 Холопов П.Н., 1954, ПЗ 10, 18 0
 Холопов П.Н., 1965, АЖ 36, 295.

Крымская станция
 Государственного астрономического ин-та
 им. П. К. Штернберга

*Поступила в редакцию
 18 июня 1975 г.*