

1977PZ.....20...381G

Наблюдения звезды типа Т Тельца DI Цефея. I.

**Г.Ф. Гаам, Р.Е. Гершберг, П.П. Петров, А.Г. Щербаков
Е.А. Колотилов, Г.В. Зайцева, Г.И. Шанин**

В течение четырех ночей со 2 по 5.9.74 звезда типа Т Тельца DI Cep наблюдалась одновременно на 5 телескопах: 64-см менисковый телескоп и 60-см рефлектор использовались для фотоэлектрических наблюдений в полосах UVV; инфракрасные спектры с дисперсией 168 Å/мм были получены на 50" телескопе, спектры области H_α с дисперсией 20 Å/мм – на 125-см рефлекторе. В течение последней ночи наблюдений на 2,6 м- Шайновском рефлекторе были получены 24 спектрограммы сине-зеленой области с дисперсией около 100 Å/мм. Все спектральные наблюдения велись с помощью ЭОПов. Цель исследования состояла в поисках соотношений между временными изменениями непрерывного излучения звезды, профилей и интенсивностей различных эмиссионных и абсорбционных линий. Однако, в течение наблюдений звезда обнаруживала лишь умеренные изменения блеска. Получены некоторые свидетельства временных изменений эквивалентных ширин и профилей эмиссии H_α и инфракрасного триплета кальция. При наблюдениях на ЭТШ, когда временное разрешение спектров достигало 8 минут, не было обнаружено заметных изменений эквивалентных ширин и профилей эмиссионных линий H_δ, H_γ и H_β, а также фотосферных абсорбционных линий, хотя в эту же ночь в полосе U были зарегистрированы два минимума глубиной 0^m2 и продолжительностью около получаса; эти минимумы были менее заметны в полосе B и отсутствовали в V.

Observations of the T Tauri Type Star DI Cephei. I.

**G.F. Gahm, R.E. Gershberg, P.P. Petrov, A.G. Shcherbakov
E.A. Kolotilov, G.V. Zajtseva, G.I. Shanin**

The T Tauri star DI Cephei was observed simultaneously with 5 telescopes during 4 consecutive nights from September 2 to 5, 1974. A 64-cm meniscus telescope and a 60-cm reflector were used for photoelectric U, B and V photometry. Near infrared spectrograms were taken at a dispersion of 168 Å/mm with an image-tube spectrograph connected to a 122-cm reflector (Fig.3). H_α – profiles were obtained from image-tube spectrograms taken at a dispersion of 20 Å/mm with a 125-cm reflector (Fig.4). On the last night 24 image-tube spectrograms at a dispersion of 100 Å/mm covering the blue spectral region were taken with a 260-cm Shajn reflector.

The purpose of this investigation was to study the interplay between time-variations in the stellar continuum and possible changes in the profiles and intensities of different emission and absorption lines. As it turned out, however, the star showed only moderate changes in brightness over the observational period (Fig.2). Little evidence of time-variations in equivalent widths and profiles of the emission lines of H_{α} and the calcium triplet is at hand (Fig.2 and 4 and Table 2). During the last night the blue image-tube spectrograms, which were taken with a time-resolution of down to 8 minutes, show no significant changes in equivalent widths and profiles of the emission lines of H_{δ} , H_{γ} and H_{β} or of the photospheric absorption lines. During this night the star showed two minima in the U-band of $0^m.2$ and of about 0.5 hours' duration each. These minima are less evident in B and absent in V (Fig.2).

Введение.

Для выяснения причин колебаний блеска звезд типа Т Тельца необходимы одновременные наблюдения в спектральных линиях и в непрерывном спектре. Полезную информацию могут дать также одновременные поляриметрические измерения. К настоящему времени выполнено несколько комплексных наблюдений такого рода — см., например, Абуладзе и др., 1975; Кохен и Шварц, 1976; Гаам и др., 1974; Колотилов и Зайцева, 1975; Петров, 1976. В настоящей работе сообщаются результаты одновременных спектральных и фотометрических наблюдений звезды типа Т Тельца DI Сер, выполненных в течение 2-5 сентября 1974 г. Мы остановили свой выбор на этой звезде потому, что согласно наблюдениям Петрова (1972), характер изменений этой звезды отличается от переменности RU Lup, которая была интерпретирована Гаамом и др. (1974) в рамках модели переменного околоземного поглощения. Кроме того, DI Сер относительно ярка, имеет хорошо развитый эмиссионный спектр и обнаруживает переменность блеска и спектра.

Наблюдения и обработка.

Наши наблюдения включают UVV — фотометрию, спектральные наблюдения в ближней инфракрасной области, в области H_{α} и в фотографической области спектра.

Фотоэлектрическая UVV — фотометрия выполнялась на 64-см менисковом телескопе КраО и 60-см рефлекторе Крымской станции ГАИШ. Полученные данные приведены к стандартной системе Джонсона. Специально для этой программы Г.В.Зайцева определила UVV величины трех звезд сравнения; положения этих звезд указаны на рис.1, их величины — в таблице 1. Блеск звезд сравнения измерялся в течение 4 ночей с устойчивой прозрачностью атмосферы с помощью стандарта SA 18-4 (Прайзер, 1966), точность полученных величин звезд сравнения около $\pm 0^m.01$.

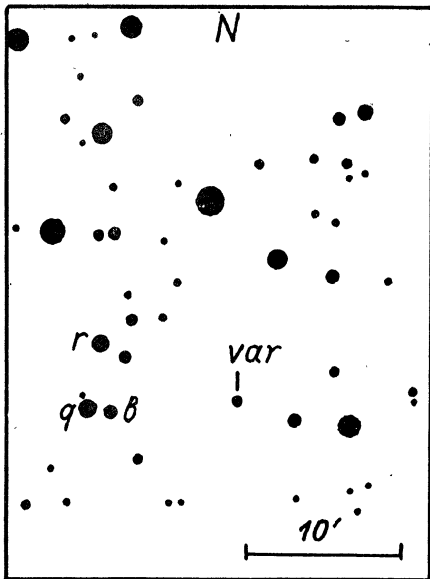


Таблица 1.

Звезда сравн.	U	B	V
q	11,43	11,39	10,77
r	11,28	11,12	10,88
b	12,25	12,28	11,90

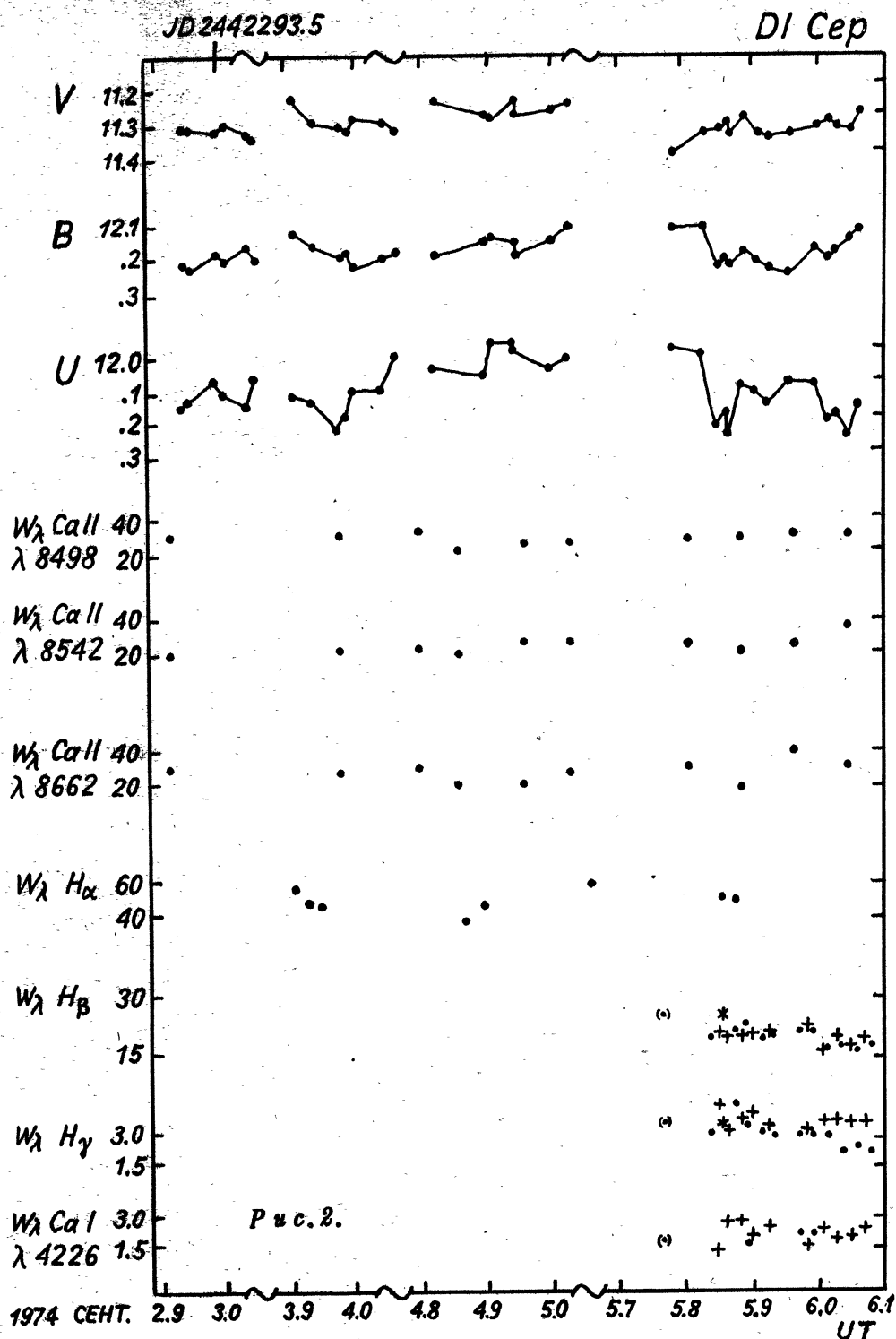
Рис. 1. Поисковая карта для DI Сер и звезд сравнения.

В ближней ИК-области ($8000 - 9000 \text{ \AA}$) с помощью однокаскадного ЭОПа с регистрацией спектра на фотоэмульсию А-600 на $50''$ рефлекторе КрАО было получено 12 спектров DI Сер. Используемая аппаратура описана Витриченко и др. (1974, 1975), она позволяла получать спектры с дисперсией $168 \text{ \AA}/\text{мм}$ и с разрешением 7 \AA . Спектрограммы расширялись до $0,1 \text{ мм}$, экспозиции составляли 1-2 часа. Калиброванные спектрограммы записывались в интенсивностях на микрофотометре КрАО.

В области H_{α} были получены 8 спектров DI Сер с дисперсией $20 \text{ \AA}/\text{мм}$ на 125-см рефлекторе Крымской станции ГАИШ. Использовался дифракционный спектрограф с однокаскадным ЭОПом, разрешение на спектрах составляло около 1 \AA . Средняя экспозиция для получения спектров нормальной плотности в континууме при расширении до $0,5 - 0,8 \text{ мм}$ составляла около 15 мин. Калиброванные спектрограммы были записаны в плотностях на микрофотометре Крымской станции ГАИШ. Кроме отношения интенсивности в максимуме профиля H_{α} к интенсивности континуума, по регистрограммам определялась полная ширина эмиссионного контура; эти величины использовались для определения эквивалентной ширины эмиссии.

В синей области спектра 24 спектрограммы были получены в ночь с 5 на 6 сентября при наблюдениях на $2,6\text{-м}$ Шайновском рефлекторе со спектрографом СПЭМ-2, где в качестве приемника излучения используется трехкаскадный ЭОП (Боярчук и др., 1967). Калиброванные спектрограммы с дисперсией $100 \text{ \AA}/\text{мм}$ были записаны на модифицированном фотометре Крюсса Стокгольмской обсерватории и вся последующая обработка была выполнена в Стокгольмском ВЦ на компьютере IBM 360/75. С помощью графопостроителя, соединенного с компьютером, каждая спектрограмма была представлена в координатах: интенсивность — линейная шкала вдоль дисперсии. Поскольку, начиная с $16^{\text{ой}}$ спектрограммы, высота щели спектрографа была увеличена в 1,4 раза для большего расширения спектров,

1977PZ.....20..381G



Сверху вниз: V, B и U величины, эквивалентные ширины эмиссионных линий триплета кальция, $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ и абсорбционной линии Ca I λ 4226 Å. На нижней оси абсцисс — мировое время в десятых долях суток, на верхней оси отмечен нульpunkt в шкале Юлианских суток. На последних трех графиках неуверенные измерения даны в скобках, измерения по спектру, полученному с самой короткой экспозицией, даны звездочкой.

сравнение спектрограмм с разным расширением дает, в принципе, возможность оценить вклад ночного неба. С помощью компьютера была вычислена "суммарная спектрограмма" по первым 15 снимкам и по последним 8 снимкам; спектрограмма №17 не была включена в рассмотрение, так как на ней оказались необычно широкие и размытые линии спектра сравнения. Сравнение интенсивностей эмиссионных линий и прилежащего непрерывного спектра на наших двух "суммарных спектрограммах", а также сопоставление наших снимков со спектрами DI Сер, полученными позднее В.И. Краснобабцевым, привело к заключению, что вклад ночного неба на наших спектрах пренебрежим.

На каждой регистрограмме спектра были определены эквивалентные ширины эмиссионных линий H_{δ} , H_{γ} и H_{β} и 9 абсорбционных деталей. Спектр поглощения DI Сер довольно сложен и искажен эмиссионными линиями. За исключением линии $CaI \lambda 4226$ и нескольких линий $FeII$, измеренные абсорбционные детали представляют собой бленды нескольких сильных линий. "Суммарные спектрограммы" полезны также для рассмотрения профилей этих абсорбционных деталей.

Результаты наблюдений

Основные результаты наблюдений приведены на рис.2. Из наблюдений следует, что в это время активность DI Сер была довольно низка: амплитуда в полосе V не превышала $0^m 16$, а в полосе U — не превышала $0^m 30$. Наибольшие изменения наблюдались 5-6 сентября, когда звезда за полчаса ослабла в U на $0^m 2$.

Главные детали спектра DI Сер в ближней инфракрасной области — это эмиссионный триплет $Ca II \lambda\lambda 8498, 8542$ и 8662 и эмиссионная линия $O I \lambda 8446 \text{ \AA}$. В таблице 2 даны эквивалентные ширины и относительные интенсивности линий триплета кальция. Линия $O I$ видна лишь на одной спектрограмме №857, где ее эквивалентная ширина составляет около 28 \AA ; но эта линия определенно звездного происхождения, так как она получена за время слишком малое, чтобы можно было зарегистрировать эмиссию земной атмосферы. Рис. 2 дает эквивалентные ширины и соответствующие средне-квадратичные ошибки, основанные на измерении шумовой дорожки прилежащего континуума. Пример записи в интенсивностях линий триплета кальция дан на рис. 3.

Таблица 2.

№ спектра	Дата	J.D. 244229...	эквивалентные ширины W_{λ} (\AA)			относительные интенсивности		
			Ca II 8498	Ca II 8542	Ca II 8662	Ca II 8498	Ca II 8542	Ca II 8662
1	2	3	4			5		
848	2.9.74	3,424	30	20	30	1	0,7	1,0
851	3.9.	4,480	32	22	28	1	0,7	0,9
853	4.9.	5,300	34	23	31	1	0,7	0,9
854	4.9.	5,358	22	19	20	1	0,9	1,0
855	4.9.	5,456	26	27	20	1	1,0	0,8
856	4.9.	5,527	27	27	27	1	1,0	1,0
857	5.9.	6,312	37	26	30	1	0,7	0,8

1977PZ...20...381G

Таблица 2 (окончание).

1	2	3	4			5		
858	5.9.74	6,392	28	21	18	1	0,7	0,7
859	5.9.	6,475	30	25	40	1	0,8	1,3
860	5.9.74	6,546	30	35	29	1	1,2	1,0

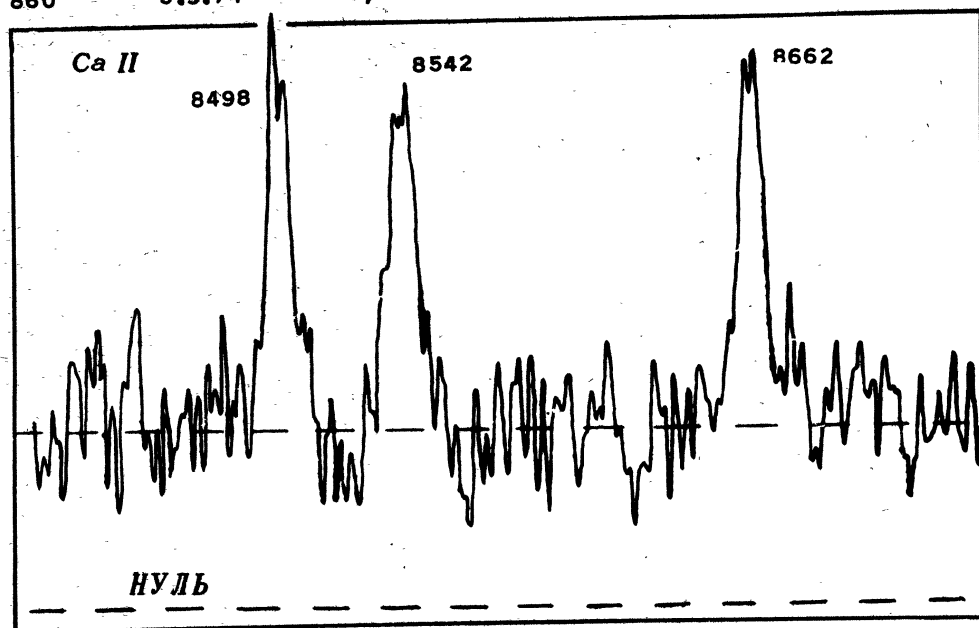


Рис. 3. Запись в интенсивностях области с кальциевым триплетом в ближней ИК области спектра D1 Сер. Спектрограмма № 856.

Из таблицы 2 и рис.2 следует, что во время наших наблюдений линии триплета кальция не обнаружили заметных изменений. По характеру эмиссионного спектра в ближней ИК-области D1 Сер сходна с другими наблюдавшимися звездами типа Т Тельца (Шанин и др., 1975). Относительные интенсивности линий триплета не соответствуют оптически тонкой модели (1:9:5) и ближе к соотношениям оптически толстой модели (1:1:1).

На рис. 4 в качестве примера даны записи нескольких контуров линии H_{α} . Эмиссия весьма симметрична, без абсорбционных компонентов, и в период наших наблюдений не было обнаружено изменений контура. Отдельные значения эквивалентных ширин не дают возможности утверждать, что имеют место реальные временные изменения, поскольку на снимках с нормальной плотностью линии H_{α} прилежащий континуум довольно слаб. Заметим, что Кохен и Шварц (1976) наблюдали переменность эквивалентной ширины линии H_{α} до 30% от ночи к ночи в течение 6 – 10 ноября 1974 г.

В период наших наблюдений полная ширина линии H_{α} на уровне прилежащего континуума и ее эквивалентная ширина составляли 18 и 50 Å соответственно. В единицах скорости полная ширина соответствует примерно 800 км/сек, а лучевая скорость центра линии – 15 ± 5 км/сек. Из сравнения эквивалентных ширин H_{α} нескольких звезд типа Т Тельца, наблюдавшихся с той же аппаратурой Зайцевой и Колотиловым (1973), с фотоэлектрическими определениями эквивалентных ширин H_{α} тех же звезд, выполненными Кохеном и Шварцем (1976) и Кухи (1974), следует, что первые систематически в 2,5 раза меньше последних, причем это различие не

зависит от величины эквивалентной ширины линии. Если отдать предпочтение шкале фотоэлектрических измерений, то в период наших наблюдений эквивалентную ширину эмиссионной линии H_{α} в спектре DI Cep следует считать близкой к 125 \AA .

На рис.2 приведены эквивалентные ширины эмиссионных линий H_{β} и H_{γ} и абсорбционной линии CaI $\lambda 4226$, полученные по отдельным спектрограммам в течение последней ночи наблюдений на Шайновском рефлекторе. Крестиками отмечены длинные экспозиции — около 15 мин., точками — короткие экспозиции — около 7 мин. Систематический сдвиг эквивалентных ширин H_{β} , обнаруживаемый в конце наблюдений, является результатом изменения высоты щели: H_{β} лежит на слегка искривленной части спектра, и этот эффект не компенсировался в микрофотометре. Эквивалентные ширины эмиссии H_{δ} и других линий поглощения сходны по поведению с эквивалентными ширинами линий, данными на рис.2.

Таким образом, в течение этой ночи не было заметных изменений эквивалентных ширин эмиссионных или абсорбционных линий. В частности, во время наблюдавшегося падения в ультрафиолете не было обнаружено заметных спектральных изменений. Не было обнаружено также изменений профилей эмиссионных и абсорбционных линий.

Сильный эмиссионный спектр в синей области затрудняет классификацию DI Cep по абсорбционному спектру. По "суммарным спектрограммам" можно заключить, что в период наших наблюдений спектральный класс звезды был близок G 8:eV — как в классификации Хербига (1976) по спектрограммам в близкой ИК-области.

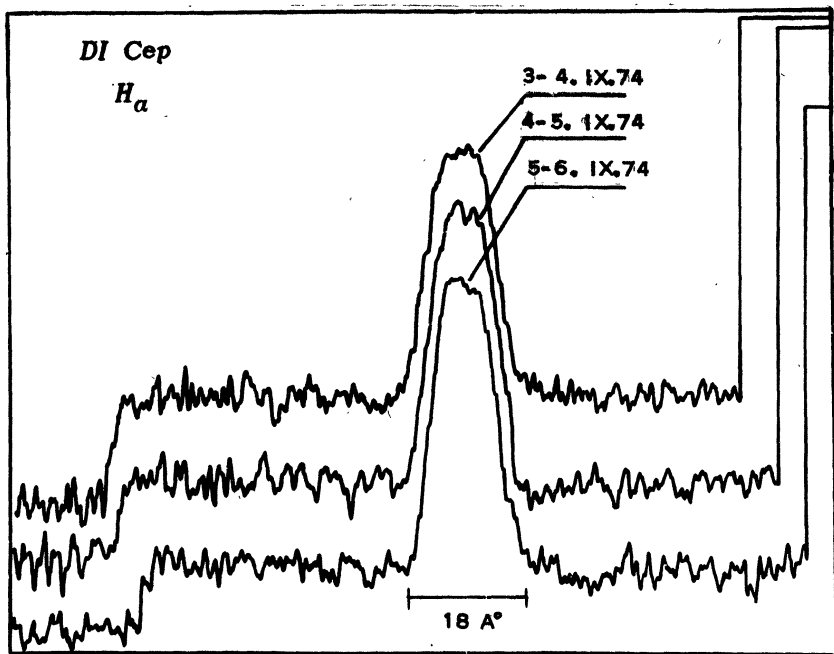


Рис.4. Три записи в плотностях контура линии H_{α} DI Cep, полученные на ЭОПном спектрографе с высокой дисперсией.

1977PZ.....20..381G

Заключение.

Во время описываемых наблюдений DI Сер обнаружила лишь умеренные изменения блеска в полосах UVV, и наша задача изучения соотношений между быстрыми и сильными колебаниями непрерывного излучения и возможными изменениями интенсивностей эмиссионных линий могла быть выполнена лишь частично.

Получены некоторые свидетельства временных изменений эквивалентных ширин эмиссии H_{α} и кальциевого инфракрасного триплета во время наших наблюдений. В течение последней ночи звезда обнаружила два минимума в U, но при этом не было заметных изменений эквивалентных ширин бальмеровских эмиссионных линий. Это напоминает поведение RU Lup (Гаам и др., 1974), но следует отметить, что эти минимумы были менее заметны в V и отсутствовали в U и что эти колебания блеска DI Сер имели гораздо более короткую временную шкалу, чем в случае RU Lup. Поэтому едва ли эти малые колебания связаны с околосветными изменениями. Полученные в эту ночь с высоким временным разрешением профили бальмеровских эмиссионных линий не обнаружили быстрых изменений такого сорта, какие были найдены Исмаиловым (1976) при наблюдениях RW Aur и Колотиловым и Зайцевой (1975) при наблюдениях RY Tau.

Мы благодарны Краснобабцеву за помощь при наблюдениях на 2,6-м Шайновском рефлекторе. Участие Г.Ф. Гаама в этом исследовании поддержано Академией Наук СССР и Шведским Советом по исследованиям в естественных науках.

Литература.

Абуладзе и др., 1975 – Абуладзе О., Варданян Р.А., Коваленко В.М., Кумсишвили Я., Меликян Н.Д., Миронов А.В., Ощепков В.А., Степанян Дж. А., Тоточава А., Черепашук А.М., Шанин Г.И., Шпычка И.В., Щербаков А.Г., ПЗ 20, 47.

Боярчук и др., 1967 – Боярчук А.А., Гершберг Р.Е., Лиморенко К.Я., Монин Г.А., Чуваев К.К., 1967, Известия Крым астрофиз. обс. 36, 277.

Витриченко и др., 1974 – Витриченко Э.А., Волков В.У., Шанин Г.И., Шевченко В.С., Шербаков А.Г., АЖ 51, 866.

Витриченко и др., 1975 – Витриченко Э.А., Шанин Г.И., Шевченко В.С., Шербаков А.Г., "Новая техника в астрономии", Наука, М.

Гаам и др., 1974 – Gaam G.F., Nordh H.L., Olofsson S.G., Garlborg N.C.J., Astron. Astrophys. 33, 399.

Зайцева Г.В., Колотилев Е.А., 1973, Астрофизика 9, 183.

Исмаилов З.А., 1976, сообщение на Симпозиуме по вспыхивающим звездам. Бюракан, Армения.

Колотилев Е.А., Зайцева Г.В., 1975, ПЗ 20, 153.

Кохени Шварц – 1976 – Cohen M., Schwartz R.D., Monthly Notices Roy. Astron. Soc. 174, 137.

- Кухи, 1974 — Kuhl L.V., *Astron. Astrophys. Suppl.* **15**, 47.
 Петров П.П., 1972, *Известия КрАО* **46**, 25.
 Петров П.П., 1976, *Известия КрАО* **54**, 42.
 Прайзер, 1966 — Priser J.D. *Publ. Astron. Soc. Pacific* **78**, 474.
 Хербиг, 1976 — Herbig G.H., частное сообщение.
 Шанин и др., 1975 — Шанин Г.И., Шевченко В.С., Шербаков А.Г., в
 книге "Variable stars and stellar evolution". V. Sher-
 wood and L.Plaut (eds.), Reidel, Dordrecht. p. 117.

Стокгольмская обсерватория

Крымская астрофизическая
 обсерватория АН СССР

Крымская станция ГАИШ

Астрономический институт
 АН Узбекской ССР

*Поступила в редакцию
 13 апреля 1977 г.*