

Некоторые результаты изучения лучевых скоростей стационарных эмиссионных линий в системе SS 433.

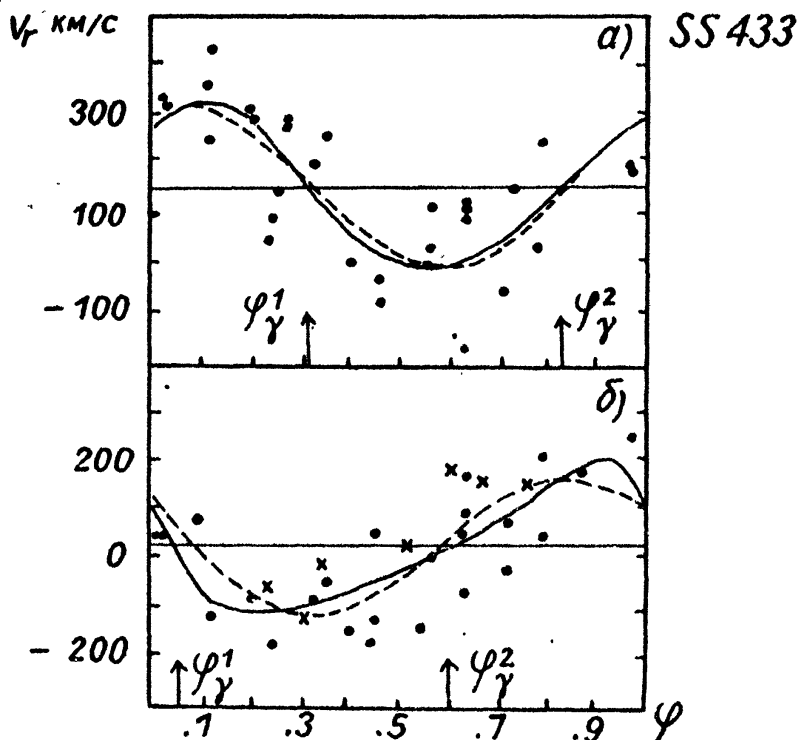
И.М. Копылов, Р.Н. Кумайгородская, Л.В. Бычкова, С.Н. Фабрика, Т.А. Сомова.

Some results of radial velocity studies of the stationary emission lines in the system SS 433, by I.M. Kopylov, R.N. Kumaigorodskaya, L.V. Bychkova, S.N. Fabrika, T.A. Somova.

В работе исследуется поведение лучевых скоростей стационарных линий SS 433 с орбитальным периодом. Представлены предварительные результаты по элементам орбит, по динамике движения газа в системе SS 433.

Наблюдательный материал получен в 1981–82 г. со сканером БТА, дисперсия 100 Å/мм, спектральное разрешение $\sim 4\text{Å}$.

Здесь обсуждаются данные по нескольким линиям, имеющим относительно полный, уверенный набор скоростей (H β , He I 7065, He II 4686 Å).



На рис. 1 а представлена кривая лучевых скоростей, полученных по центру тяжести линии H β . Здесь и далее: сплошная линия — эллиптическая орбита, штриховая линия — круговая орбита. Для круговой орбиты $\gamma = 156$ км/с, $K = 143$ км/с. На рис. 1 б представлены аналогичные данные по линии He II $\lambda 4686\text{Å}$ ($\bullet$ — 1981 год, $\times$ — 1982 год). Здесь в случае орбиты круговой орбиты $\gamma = 16$ км/с, $K = 126$ км/с. Данные об элементах эллиптических орбит сведены в таблицу (ϕ_p — фаза прохождения пери,

астра), там же указаны фазы максимума и минимума лучевой скорости и фазы прохождения через γ -скорость. За нулевую фазу $\phi = 0$ принят момент главного затмения (Min I), когда аккреционный диск закрыт нормальным компонентом.

Выводы. 1) Линия He II по всем признакам образуется в аккреционном диске и в звездном ветре из диска, так как при уменьшении v , переход через γ -скорость (24 км/с) происходит именно вблизи $\phi_{\gamma}^1 \approx 0$. Тогда функция масс системы (при $K = 155$ км/с и $e = 0.3$) $f(M) = 4.4 M_{\odot}$. Для окончательного решения о ненулевом эксцентриситете нужны дополнительные данные. 2) Поскольку для линий H β и He I $\gamma = 120-190$ км/с и $\phi_{\gamma}^1 \approx 0.3$, то можно предположить, что они образуются в газе, перетекающем от звезды к аккреционному диску. Возможно, линии He I образуются ближе к диску, так как фаза прохождения через γ -скорость у He I ближе к таковой для He II, чем у H β . 3) Элементы орбиты для линии H β (пик) по наблюдениям 1982 г. неуверенные, но достаточно надежно можно отметить увеличение γ -скорости. Это может служить свидетельством нестационарности газовых потоков в системе. Кроме того, появляющиеся иногда в голубом крыле абсорбционные детали также могут менять величину γ -скорости.

Таблица.

элементы/ / линия, год	γ км/с	ϕ_p	K км/с	$\omega(^{\circ})$	e	ϕ_{max}	ϕ_{min}	ϕ_{γ}^1	ϕ_{γ}^2
H β эфф. 1981	153	0.271	154	73	0.09	0.10	0.54	0.31	0.83
HeI 7065 эфф. 1981	194	0.085	164	35	0.23	0.98	0.56	0.23	0.79
H β пик, 1981	118	0.355	151	105	0.19	0.12	0.50	0.32	0.81
H β пик, 1982	216	0.535	219	164	0.32	0.11	0.56	0.37	0.79
HeII 4686 эфф 1981, 1982	24	0.007	155	63	0.33	0.92	0.23	0.05	0.60

Наша величина K по линии He II меньше, чем у Кремптона и Хатчингса¹ на 40 км/с. Однако эти авторы сами полагали, что полученное ими значение K может быть завышено. С другой стороны наши величины K по линиям He I и H β примерно на 100 км/с больше, чем у Кремптона и Хатчингса. Это опять же может быть связано с нестационарностью газовых течений в системе SS 433.

1. Crampton D., Hutchings J. B., ApJ 251, 604, 1981.

Специальная астрофизическая обсерватория
АН СССР.

Спектральные и фотометрические наблюдения SS 433 в главном минимуме.

В.П. Горанский, И.М. Копылов, В.Ю. Рахимов, Н.В. Борисов, Л.В. Бычкова, С.Н. Фабрика, Г.П. Чернова.

Spectral and photometric observations of SS 433 in the primary minimum, by V.P. Goranskij, I.M. Kopylov, V.Yu. R. 'imov, N.V. Borisov, L.V. Bychkova, S.N. Fabrika, G.P. Chernova.

1–5 июня 1986 г. проведены одновременные спектральные $\lambda 3570$ – $6770\text{\AA}$ наблюдения со сканером БТА, разрешение $\sim 3\text{\AA}$ и фотометрические наблюдения в полосах BVR SS 433 в главном затмении. Глубина затмения $0.^m5$ V. Наблюдается быстрая переменность блеска с амплитудой $\Delta m = 0.^m1$ за время в 2–3 мин. Переменность не исчезает даже в глубокой части затмения. Есть широкое затмение в эмиссии H_α . Уверенно регистрируется затмение в других эмиссионных линиях. На суммарных за ночь сканах эмиссионные линии становятся более узкими в момент затмения, их интенсивность уменьшается. Область образования эмиссий претерпевает частное затмение нормальной звездой. Наиболее сильно затмеваются области образования высокотемпературных линий He II, C III, N III. При $\phi = 0.^p10$ затмение фотосферы аккреционного диска глубокое, но области образования линий уже не затмеваются.

В таблице приведены ширины линий по половине интенсивности в некоторых фазах затмений (ширина линии в фазе $0.^p17$ в JD 2446585.4 вне затмения принята за 100%).

ϕ	He II 4686 Å C III, N III 4640 Å	H α 4861 Å H γ 4340 Å	He I 4922 Å He I 5015 Å
$0.^p02$	70 %	74 %	84 %
$0.^p10$	95	90	88

ГАИШ, Специальная астрофизическая обсерватория АН СССР, Институт Астрофизики АН Таджикской ССР.

Контактные двойные системы ранних спектральных классов.

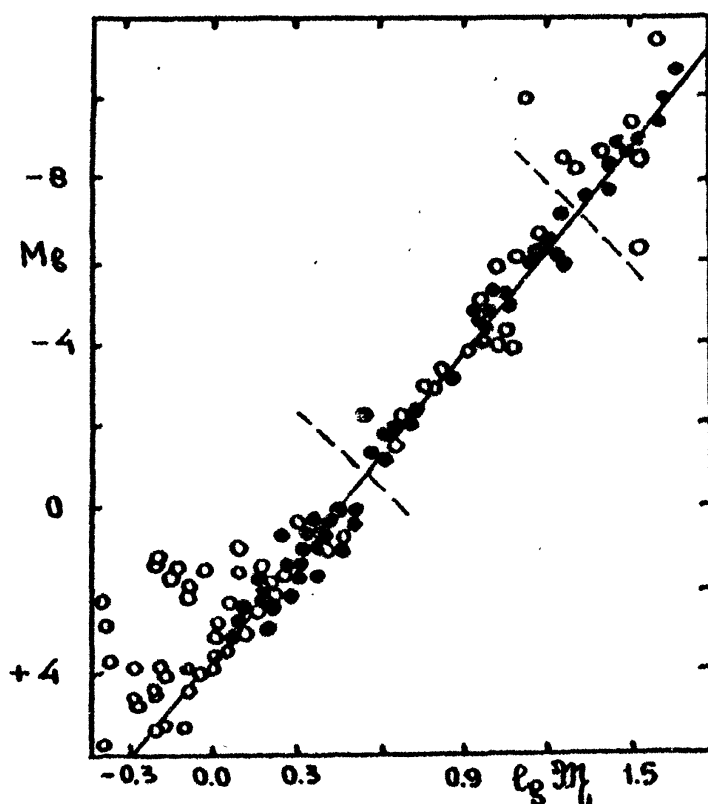
И.И. Бондаренко.

The early spectral type contact binary systems, by I.I. Bondarenko.

По материалам впервые составленного автором отдельного каталога контактных ранних систем проведен анализ положения компонентов КР-систем на диаграммах состояния. Предложены критерии классификации КР-систем.

Длительное время в одну группу контактных двойных систем входили и системы К и КР-системы. По своей малочисленности этот класс был недостаточно изучен. Только Свечников (1969) разделил эти системы (в группу КР-систем вошло их 8). В каталоге Свечникова и Бессоновой (1984) содержится 38 КР-систем. Среди тех-

Рис. 1



ных двойных систем, классифицированных Свечниковым и др. (1980), 512 отнесены к КР-системам. Среди них 198 имеют известные спектры главных компонентов. Для проведения исследований КР-систем автор (Бондаренко, 1986) составил каталог фотометрических и абсолютных элементов для 88 систем. Анализ материала каталога КР-систем показал, что все системы можно разделить на три группы: массивные, промежуточных масс и маломассивные (на рисунках группы отделены пунктиром). На диаграмме Гершпрунга-Рессела большинство компонентов КР-систем располагаются вблизи начальной главной последовательности, на диаграмме масса-светимость (рис. 1) отмечается избыток светимости у многих маломассивных систем. Эту

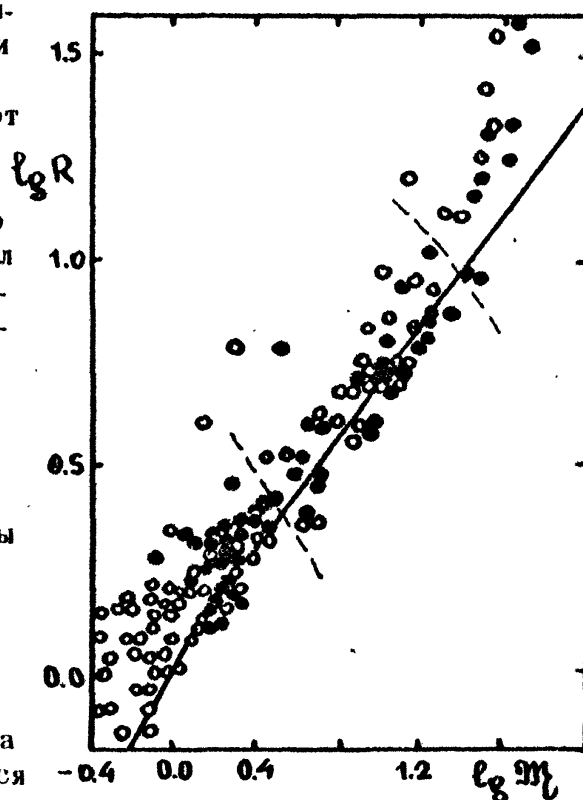


Рис. 2

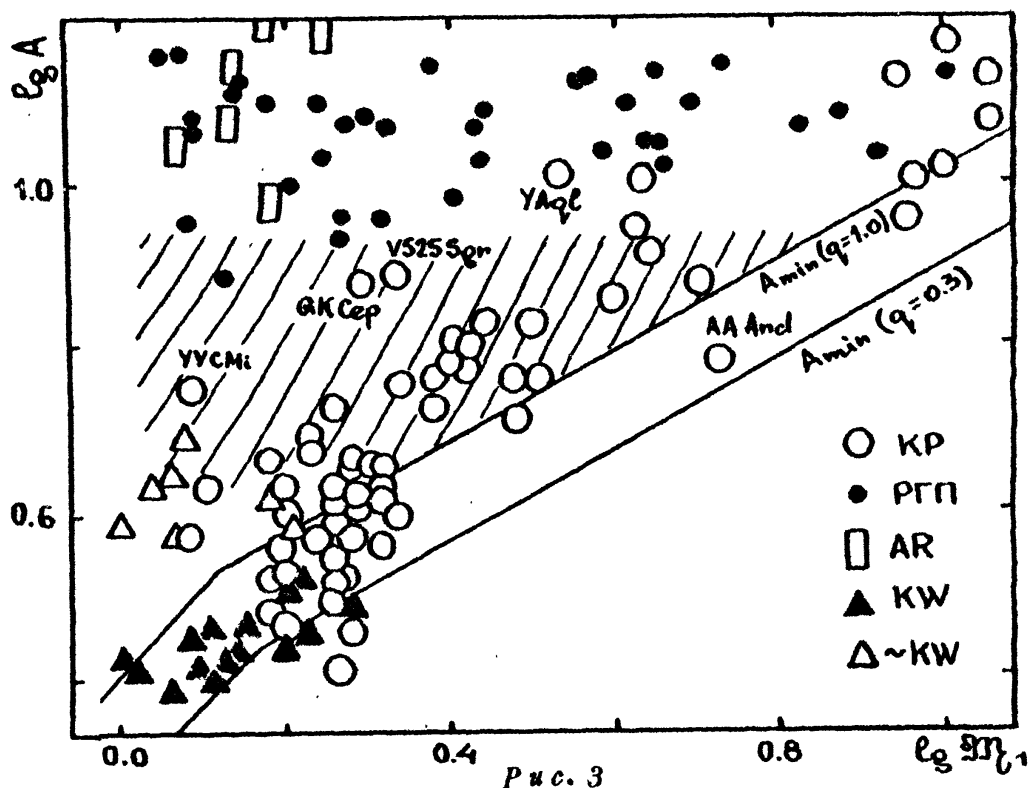


Рис. 3

особенность можно объяснить наличием избытков радиусов, что хорошо видно на диаграмме масса–радиус (рис. 2). Эта особенность отличает КР-системы от К-систем, у которых не отмечается избытка радиусов. Избыток радиуса еще Свечников и Снежко (1974) объясняли переменной ролью в системе до достижения ею контакта. В распределении КР-систем по большим полуосьм орбит отмечается их присутствие в "запрещенном треугольнике" (рис. 3), среди этих систем имеются как яркие, так и слабые.

Литература.

- Бондаренко И.И., 1986, "Каталог фотометрических, геометрических и абсолютных элементов контактных ранних звезд", *Астрономо-геодезические иссл.*, Вып. 2, стр. 49–68, Свердловск.
- Свечников М.А., 1969, "Каталог орбитальных элементов, масс и светимостей тесных двойных звезд", *Уч. записки Уральского универс.*, Вып. 5, стр. 178.
- Свечников М.А., Снежко Л.И., 1974, в кн. "Явления нестационарности и звездная эволюция", М. "Наука", стр. 181–230.
- Свечников и др., 1980—Свечников М.А., Истомин Л.Ф., Грехова О.А., ПЗ 21, №3, 413–442.
- Свечников и Бессонова, 1984—Svechnikov M.A., Bessonova L.A., 'A catalogue of orbital elements, masses and luminosities of close double stars', *Bull. Inform. Centre Donnes Stellaires, Strasbourg*, No.26, p. 99.

Based on the new catalogue by the author the analysis was conducted of the position of contact early binary stars in the mass–luminosity, mass–radius and mass–orbit semimajor axis diagrams. The new classification criteria were offered.

Уральский гос. университет, Свердловск.

Спектр EY Ориона около вторичного минимума.

Н.З. Исмаилов

The spectrum of EY Orionis at the secondary eclipse, by N.Z. Ismailov.

На основе спектрального материала (дисперсия 75 Å/мм, диапазон λ 3700–5100 Å), полученного на 2-м телескопе ШАО АН Азерб.ССР, изучены спектральные характеристики двойной системы EY Ori около вторичного минимума. В таблице приводятся результаты измерений эквивалентных ширин и лучевых скоростей отдельных линий. Фазы вычислены по данным Закирова (1979). Спектр звезды показал неправильную переменность эквивалентных ширин линий H I, Ti II, Mg II, Fe II, O II, K Ca II. Профили водородных линий указывают на наличие расширяющейся оболочки (рис. 1). Признаки спектра вторичного компонента не обнаружены.

Измеренная по полуширине абсорбционных линий скорость осевого вращения равна 150±40 км/с. При фазах 0^h.52–0^h.58 и 0^h.299 наблюдается отклонение от известной кривой лучевых скоростей (Струве, 1945) порядка 100 км/с и 60 км/с соответственно (рис. 2).

Сравнение эквивалентных ширин водородных линий EY Ori и стандартных звезд Паренато 371 и 530 показало, что, возможно, звезда имеет собственную эмиссию в линиях H I с соотношением интенсивностей $I(H_{\alpha}) > I(H_{\beta}) > I(H_{\gamma}) \dots$

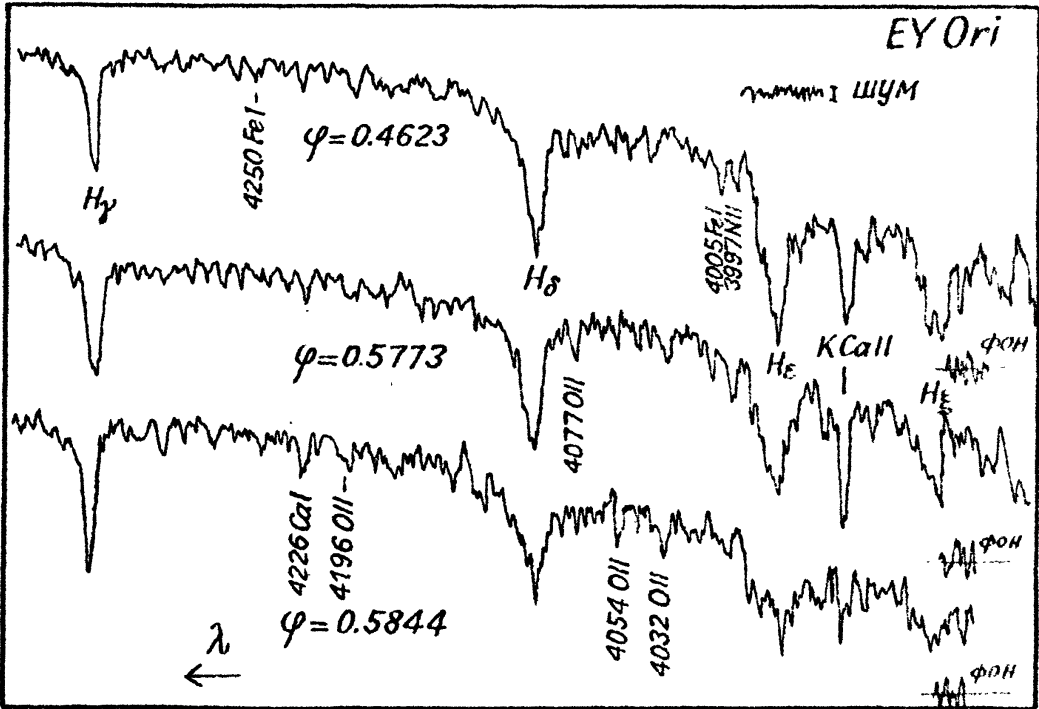
Таблица

Эквивалентные ширины W_{λ} и лучевые скорости линий в спектре EY Ori.

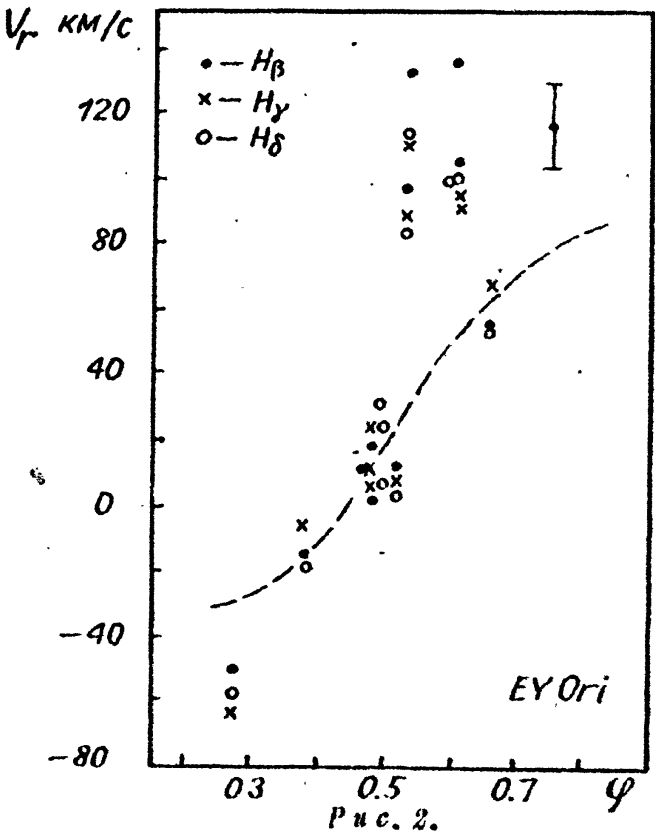
JD 2446...	ϕ	H β		H γ		H δ		H ϵ +H ζ		H ζ		K Ca II		Ca I 4226	
		V_r	W_{λ}	V_r	W_{λ}	V_r	W_{λ}	V_r	W_{λ}	V_r	W_{λ}	V_r	W_{λ}	V_r	W_{λ}
456.31	0.4623	3	14.5	8	10.1	9	12.6	13	19.3	13	9.2	1	8.2	40	0.80
456.37	0.4659	20	6.8	24	10.8	25	20.3	-2	11.9	34	8.1	16	7.9	41	1.54
456.41	0.4683	14	15.1	14	11.2	31	10.2	21	15.6	7	8.9	29	2.6	-	-
457.31	0.5219	134	13.9	110	11.2	111	7.9	101	12.1	86	-	93	4.9	-	-
457.37	0.5255	99	13.7	90	10.8	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-
458.24	0.5773	135	3.9	98	12.4	104	11.5	104	11.5	89	14.6	64	5.0	90	8.4
458.36	0.5844	108	12.2	95	11.3	105	12.9	-13	10.5	154	5.5	120	2.8	20	1.54
459.43	0.6482	60	11.0	68	15.3	56	10.8	47	7.1	39	5.9	72	7.1	13	0.66
488.36	0.3713	-12	8.4	-5	10.0	-18	10.7	-25	15.0	2	5.6	-23	5.9	54	1.45
772.59	0.2998	-56	5.9	-66	6.0	-60	9.9	-44	8.0	-52	5.7	-64	3.0	-37	1.47
776.19	0.5166	4	4.0	1	6.3	-2	7.8	-10	11.6	-6	7.3	-20	5.1	16	2.0

$W_{\lambda}, [\text{\AA}] \quad V_r, [\text{km/s}]$

Система имеет признаки типичных орионовых переменных. Некоторые признаки спектра горячего компонента EY Ori, а именно наличие собственной эмиссии, высокая скорость вращения, отклонение лучевых скоростей в отдельные моменты времени, переменность в спектральных линиях обнаружены нами также в спектре BM Ori (Исмаилов, 1986).



Р и с. 1.



Бликие фотометрические и спектральные характеристики этих систем показывают, что вторичные компоненты принадлежат к одному или к родственным классам.

Литература.

Закиров М.М., 1979, ПЗ 21, 227.

Исмаилов Н.З., 1986, АИ № 1466.

Струве, 1945 — Struve O., ApJ 102, 74.

The results of spectral observations of the binary system EY Ori at the secondary eclipse are presented. Some peculiar properties of the star's linear spectrum are discovered. The spectrum of the secondary component is absent. The rotational velocity of the visible component is found to be 150 ± 40 km/s. During the phases 0.52–0.58 and 0.299 the radial velocity did not accord to radial velocity curves. The spectrum of the system EY Ori is similar to typical Orion variables.

*Шемахинская астрофизическая обсерватория.
АН Азерб. ССР*

Абсолютная спектрофотометрия ϵ Возничего в 1982–1985 годах.

В.И. Бурнашев, Н.И. Бондарь, Н.И. Шаховская

Absolute spectrophotometry of ϵ Aurigae in 1982–1985, by V.I. Burnashev, N.I. Bondar, and N.I. Shakhovskaya.

Прошедшее в 1982–1984 годах затмение двойной системы ϵ Aur является шестым минимумом, в течение которого проводились астрономические наблюдения. Первые оценки блеска получены немецким астрономом Фричем в 1821 г. С тех пор этой уникальной звезде посвящены многие десятки исследований. Краткий исторический обзор некоторых из них дан, например, Вудом¹.

В КрАО АН СССР получены данные о распределении энергии в спектре ϵ Aur в диапазоне 3200–7725 Å с разрешением около 30 Å с помощью сканирующего спектрофотометра СФ-68, установленного на 20-см кассегреновском телескопе. Наблюдения выполнены методом абсолютной спектрофотометрии, разработанным В.Б. Никоновым и на протяжении ряда лет применяемым в КрАО². В качестве абсолютного стандарта взята α Lyr, распределение энергии в спектре которой дано Харитоновым³. Вспомогательными стандартами для контроля инструментальной спектрофотометрической системы служили β Tau и α Peg.

На рис. 1 приведена кривая блеска ϵ Aur в системе UBV по наиболее надежным, на наш взгляд, данным^{4,5,6}. Кружками отмечены наблюдения, выполненные на разных обсерваториях разными авторами в рамках кооперативной программы и приведенные в качестве иллюстрации в статье Хопкинса⁷.

Значения V , $B-V$, $U-B$, полученные путем перемножения кривых реакции системы UBV⁸ и кривых распределения энергии в спектре ϵ Aur, обозначены на рисунке крестами. Как видно, наши наблюдения начаты в момент, предшествующий минимуму, и охватывают фазы затмения и выхода из минимума. Указаны также значения, полученные одним из авторов в 1977 и 1979 годах⁹.

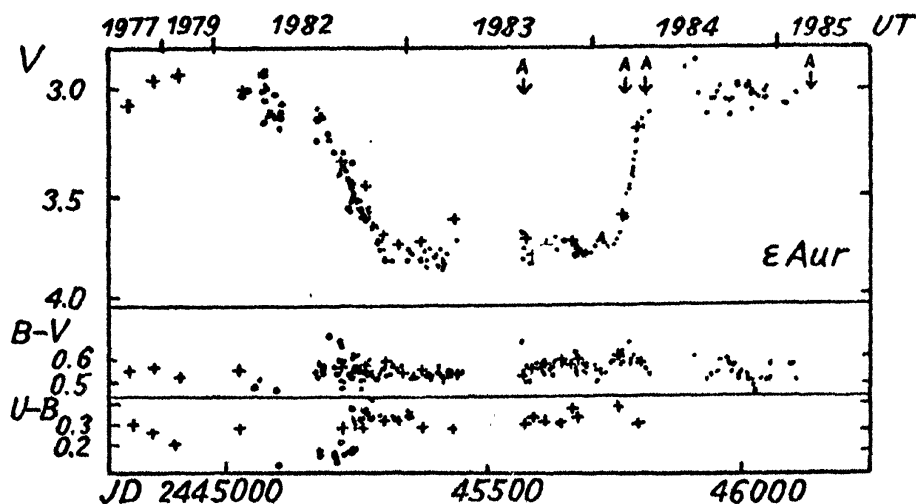


Рис. 1. Кривая блеска ϵ Aur в 1982–1984 годы. В верхней части стрелками указаны даты УФ наблюдений на "Астроне".

Кривые распределения энергии в спектре ϵ Aur для некоторых дат, относящихся к разным фазам кривой блеска, приводятся на рис. 2. В верхней части рисунка указаны средние значения ошибок, характеризующие точность приводимых результатов для указанных спектральных интервалов. Показано также распределение энергии в спектре для вне-затменной фазы (7.03.85), полученное на "Астроне" в УФ области.

Дополнительные наблюдения были проведены также с помощью пяти-канального сканера, установленного на 70-см телескопе АЗТ-8¹⁰. Прибор в данном случае использовался в качестве узкополосного фотометра. Спектральные участки, в которых проводилась узкополосная фотометрия, каждый шириной около 25 Å, указаны в верхней части рис. 2. Некоторые из полученных монохроматических кривых блеска ϵ Aur даны на рис. 3.

Рассмотрение рис. 1 и 3 показывает, что неправильные изменения блеска, вызванные нестабильностью атмосферы F-сверхгиганта и отмеченные многими авторами, сопровождаются также и изменением цвета. При этом ранее считалось, что характерное время этих изменений около 100–150 дней. Однако фотометрические измерения, выполненные в течение последнего минимума, показали, что характерные времена неправильных изменений блеска могут быть существенно короче — до одного дня (см. рис. 1 и 3). Гильденкерн¹¹, выполнивший детальный анализ фотометрических наблюдений затмения 1955–1957 годов, отметил, что наблюдавшиеся изменения показателя цвета $B-V$ характерны для пульсирующих звезд. Кроме того, им замечено постепенное увеличение среднего значения показателя $B-V$ в течение полной фазы затмения. Фотометрические данные показывают, что этот эффект имел место и в течение затмения 1982–1984 г., хотя средняя глубина минимума со-
нилась⁷. Меньшая точность наблюдений в ультрафиолетовой области не

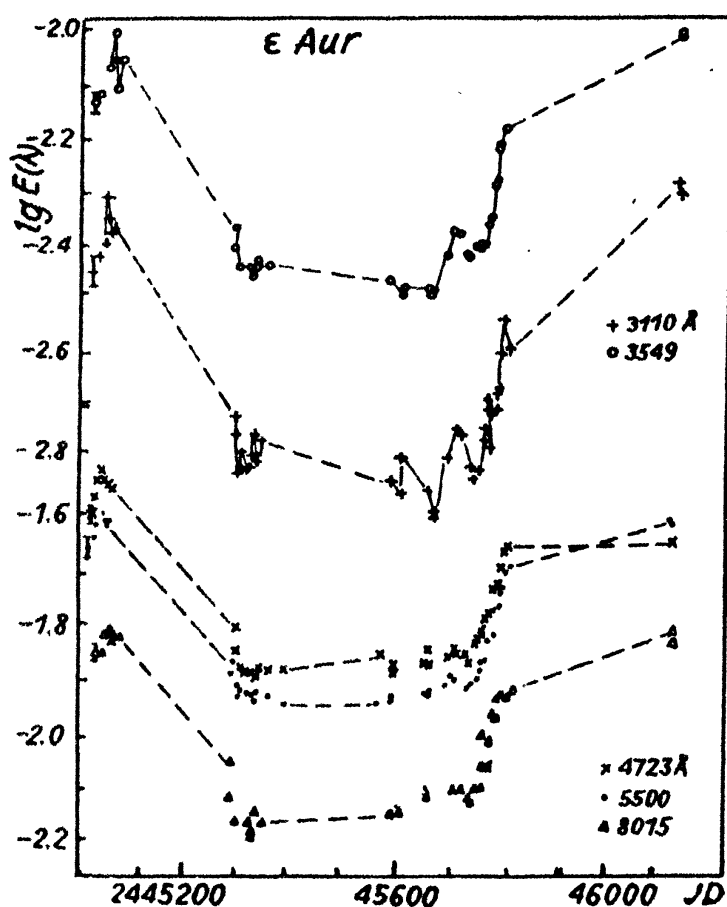


Рис. 3.

Монохроматические
кривые блеска ϵ Aur.

позволяет сделать столь же уверенного вывода об изменении цвета U–B, хотя, тем не менее, из рассмотрения рис. 3 можно заметить (и это также показывают монохроматические кривые блеска, полученные на спутнике IUE¹²), что в ультрафиолетовых кривых блеска в течение фазы затмения наблюдается некоторый тренд — к моменту 3-го контакта минимум становится глубже, то есть величина балмеровского скачка, по-видимому, увеличивается, в то время как в видимой области звезда становится более красной.

Таким образом, полученные результаты спектрофотометрических и фотометрических наблюдений независимо подтверждают, что (1) глубина минимума осталась такой же, как в затмениях 1928 и 1955 годов, (2) характерные времена неправильных изменений блеска и цвета звезды во время затмения — от одного дня до нескольких десятков дней, при этом амплитуда изменений больше в ультрафиолетовой области.

¹Wood F.B., 1985, NASA Conf. Publ. No.2384, p.1. ²Никонов В.Б., 1975, Изв. КрАО 54, 3. ³Харитонов А.В., 1980, "Абсолютное распределение энергии в спектрах звезд в области 3000–7600 Å". Докторская диссертация. ⁴Flin P., Winarski M., Zola S., 1985, IBVS No.2678, 1. ⁵JAPOA, 1983, IBVS No.2371, 1. ⁶Muminovic M., Stupar M., 1983, Belgrade Publ. No.33, 41. ⁷Hopkins J.D., 1985, NASA Conf. Publ. No.2384, p.7. ⁸Страйжис В., 1977, "Многоцветная фотометрия звезд", "Мокслас", Вильнюс.

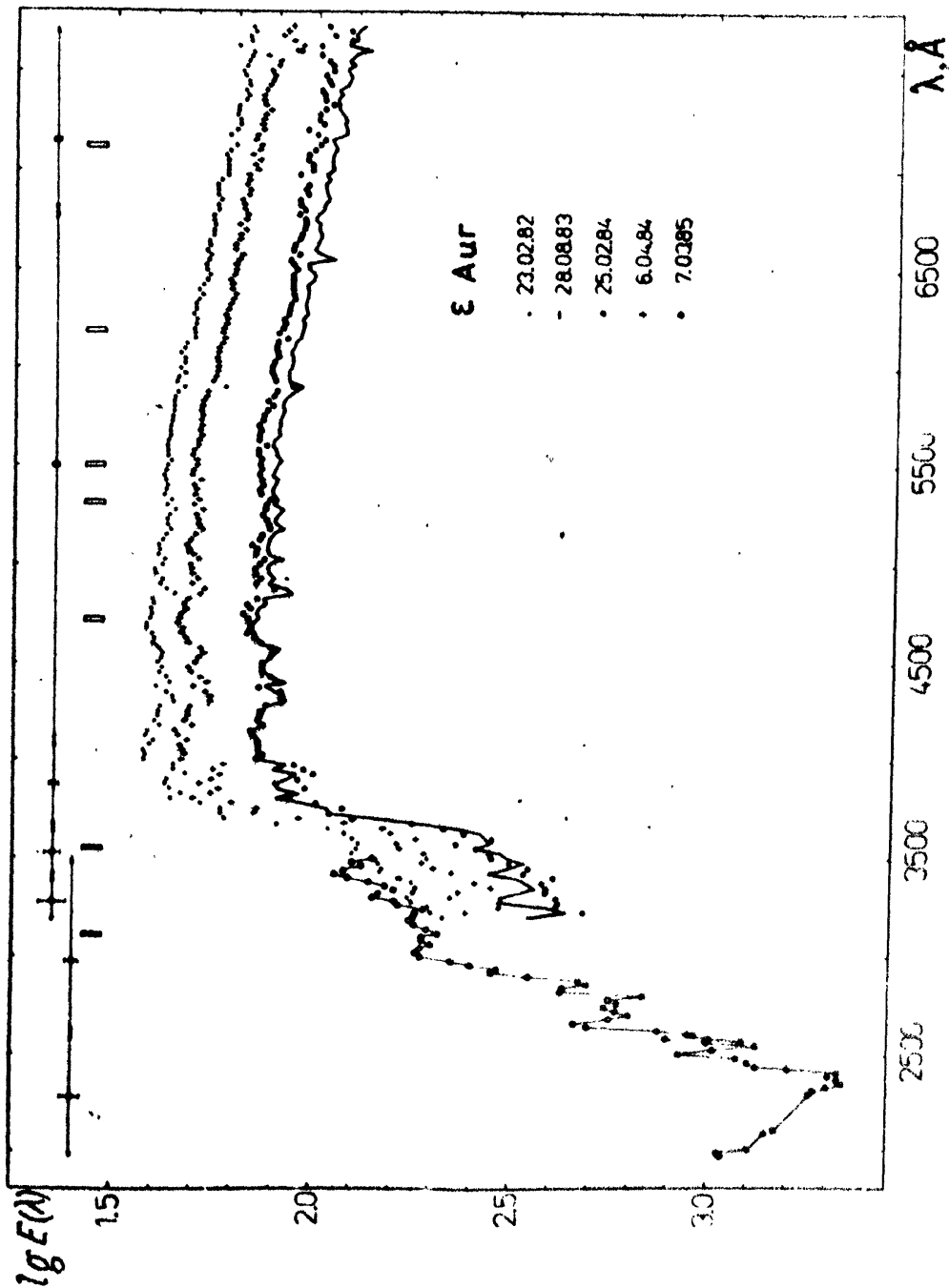


Рис. 2.

Распределение энергии в спектре $\epsilon \text{ Aug}$. Прямуююльники — спектры, в которых выполнена узкополосная фотометрия.

⁹Бурнашев В.М., 1983, Изв. КрАО **64**, 162. ¹⁰Букач А.Б., 1979, Изв. КрАО **60**, 197. ¹¹Gildekerne K., 1970, *Vistas Astron.* **12**, p.199. ¹²Ake T.B., 1985, NASA Conf. Publ. No.2384, p.37.

Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР.

Фотометрические исследования массивной двойной СС Кассиопеи.

Т.С. Полушина.

Photometric studies of the massive binary СС Cassiopeiae,
by T.S. Polushina.

СС Cas (Sp O8 – O9; P = 3^d.36897) – затменная двойная система с небольшой амплитудой переменности, имеющая большое покраснение. Фотометрические наблюдения немногочисленны (Гапошкин, 1953; Хилдитч и Хилл, 1975; Бинзель и Хартиган, 1979–1980; Сривастава, 1979), наблюдалось переменное радиоизлучение (Гибсон и Хелминг, 1974; Мател и Тестрад, 1983; Эсталелла и др., 1983).

В 1980–1983 г. в астрономической обсерватории Уральского университета получено по 740 фотоэлектрических измерений в В и V и 80 измерений в R и U (Полушина, 1985), наблюдения в полосе V использованы для построения кривой блеска (рис. 1). Точность наблюдений, оцененная по контрольной звезде, равна $\sigma_U = \pm 0^m.016$; $\sigma_B = \pm 0^m.008$; $\sigma_V = \pm 0^m.008$; $\sigma_R = \pm 0^m.009$. Амплитуда переменности в R = 0^m.130; в V = 0^m.130; в B = 0^m.135; в U = 0^m.145. Кривая блеска меняется от сезона к сезону во всех фазах. Иногда обнаруживаются изменения от ночи к ночи. Имеется различие высот максимумов.

Кривые блеска в В и V были использованы для определения орбитальных характеристик системы. Решение проводилось на ЭВМ "Найри-К" по программам Лаврова (1981). Функция качества $\Psi(\Sigma(O-C)^2)$ обнаружила два неглубоких локальных минимума: первый при $r_2/r_1 = k = 0.4$, второй, наиболее мелкий и неустойчивый, при $k = 1.0$. Первое решение хорошо согласуется с наблюдаемой кривой блеска в обоих цветах. Теоретическая кривая блеска для второго случая заметно отличается в минимуме II в цвете V от наблюдаемой кривой. Полученные фотометрические элементы при $k = 0.4$ приведены в таблице, сделаны оценки абсолютных элементов. Решение при $k = 0.40$ дает следующую модель: более массивный и более горячий компонент O8 III заполняет свою ВКП, второй компонент далек от заполнения. Из соотношения поверхностных яркостей оценивается спектр второго компонента как В 0.5–В 1. Наилучшее решение получается при значении коэффициента потемнения к краю $x = 1.0$, что неприемлемо для горячих звезд и является, вероятно, следствием наличия значительного количества околос звездного вещества в системе. Значительное скачкообразное увеличение орбитального периода на 0^d.00248 наблюдалось у звезды вблизи 1979–1980 г. Если предположить, что изменение периода происходит из-за потери вещества главным компонентом, заполняющим свою ВКП, то для гипотезы симметричного выброса скорость потери вещества системой получается $M \sim 10^{-4} m_{\odot}/\text{год}$.