

UBVRI ФОТОМЕТРИЯ И ПОЛЯРИМЕТРИЯ МОЛОДОЙ ЗАТМЕННОЙ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ ЕК СЕР

КААНТОНЮК, А.Н. РОСТОПЧИНА

Поступила 1 августа 2008

Принята к печати 12 ноября 2008

В работе представлены результаты многоцветных фотометрических и поляриметрических наблюдений затменной двойной системы ЕК Сер, полученных в Крымской астрофизической обсерватории в 1995, 2006-2007 гг. Проведены поляриметрические наблюдения звезд окрестности ЕК Сер. Показано, что наблюдаемая линейная поляризация ЕК Сер определяется не только межзвездной компонентой, но и переменной околозвездной составляющей. Рассмотрены различные возможные механизмы образования собственной поляризации двойной звезды.

Ключевые слова: звезды: фотометрия и поляриметрия - объект: двойная система ЕК Сер

1. *Введение.* Молодые звезды - это объекты, еще не достигшие Главной последовательности. Такие объекты окружены околозвездными газо-пылевыми оболочками, имеющими форму диска. В окрестностях молодых звезд протекают сложные динамические процессы: аккреция вещества диска на молодую звезду, биполярные истечения, звездный и дисковый ветры. Еще более сложными являются процессы в окрестностях молодой двойной системы, так как в этом случае возможно формирование дисков вокруг одной из звезд пары, вокруг каждой звезды, также возможно формирование диска вокруг всей двойной системы - так называемый circumbinary disk (SB-диск).

Молодые звезды, наблюдаемые с ребра или под небольшим углом к лучу зрения - звезды типа UX Ori - демонстрируют переменность блеска, связанную с затмениями звезды околозвездными пылевыми облаками, существующими в околозвездном диске [1]. В случае молодой двойной затменной звезды, при наличии околозвездного диска хотя бы вокруг одного из компонентов системы, также возможно возникновение эффектов, вызванных присутствием околозвездной пыли. В зависимости от конфигурации такой системы, а именно - существуют ли диски вокруг каждого компонента, присутствует ли околозвездный газо-пылевой диск вокруг одной из звезд системы, или вокруг всей затменной системы, можно

ожидать появления переменности параметров поляризованного излучения.

Объектом данного исследования является переменная ЕК Сер (HD 206821) - затменная двойная звезда с периодом 4.427822 суток и наклоном орбиты $i=89.3$ градуса [2]. Это изолированная система, не являющаяся частью какой-либо известной области звездообразования. Переменная проецируется на молекулярное облако в Цефее, но находится на значительно более близком расстоянии в 150 пк [3].

Главный компонент системы - это звезда с массой $2.02 M_{\odot}$, спектрального класса AIV [4], только что севшая на Главную последовательность. Вторичный компонент - звезда с массой $1.12 M_{\odot}$ спектрального класса F или G5 [5], еще не попала на Главную последовательность. Предполагается, что вторичный компонент системы может быть звездой типа Т Тельца [6].

Из-за большой разницы в светимостях звезд, глубина вторичного минимума незначительна. Длительность главного и вторичного затмений составляет 0.050 и 0.055, соответственно.

2. *Наблюдения.* Наблюдения ЕК Сер, полученные ранее, это, в основном, фотометрические и спектральные наблюдения переменной, которые позволили определить и уточнить параметры системы (см., например, [7]).

Представленные в данной статье фотоэлектрические и поляриметрические *UBVRI* наблюдения ЕК Сер проводились на 1.25-м зеркальном телескопе АЗТ-11 КрАО с помощью финского двухлучевого модулирующего фотометра-поляриметра конструкции Пииролы [8]. Данный прибор позволяет получать одновременные измерения поляризации и блеска звезды сразу в пяти фотометрических полосах *UBVRI*, близких к системе Джонсона.

Наблюдения ЕК Сер проводились в 1995г. и 2006-2007гг. Всего за это время было получено 65 измерений поляризации и блеска переменной. Ошибка оценки блеска находится в пределах $\pm 0^m.05$ в полосе *U* и не хуже чем $\pm 0^m.04$ в остальных полосах. Все полученные измерения блеска были

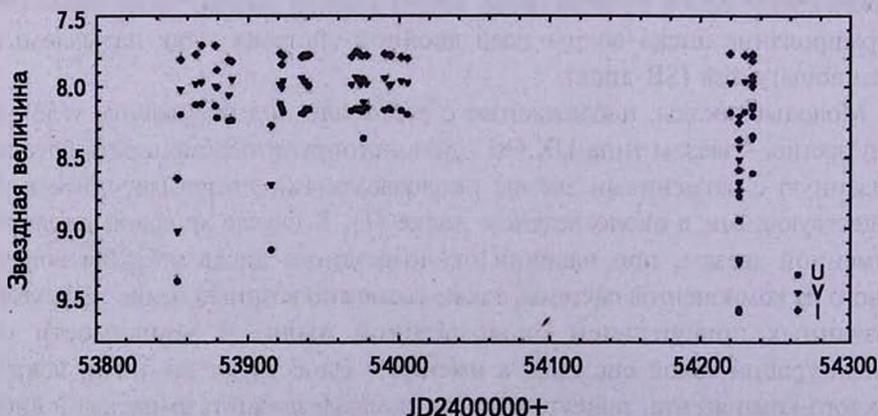


Рис.1. Фотометрические наблюдения ЕК Сер в *UBVRI* полосах.

редуцированы в систему Джонсона. Наблюдения поляризации ЕК Сер были исправлены с учетом инструментальной поляризации и нуль-пункта полуволновой пластинки, для чего проводились регулярные измерения стандартов с большой и малой поляризацией.

3. *Результаты.* Результаты наблюдений переменной представлены на рис.1. Наблюдения, выполненные в 1995 и 2005-2006гг., хорошо

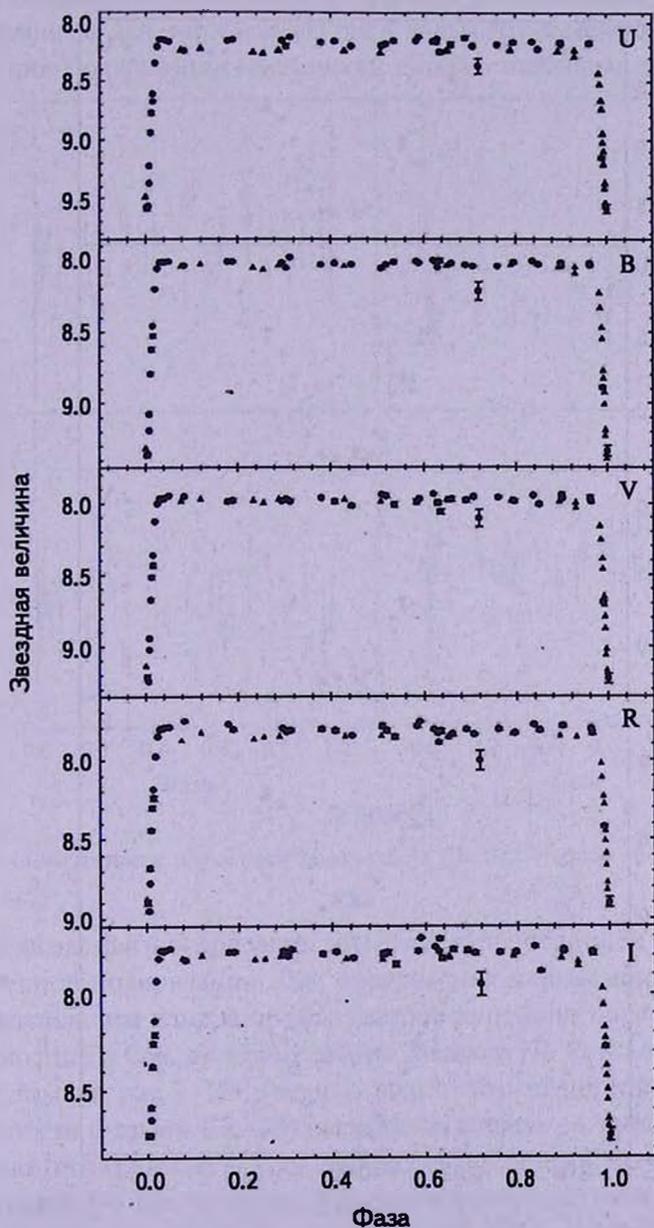


Рис.2. Свертка кривой блеска ЕК Сер с периодом 4.427822 сутки.

согласуются между собой для всех пяти фотометрических полос. На кривых блеска и параметров линейной поляризации не заметно каких-либо трендов, но разброс точек на постоянной части кривой блеска превышает значение ошибок фотометрических наблюдений.

На рис.2 представлена свертка кривой блеска ЕК Сер с орбитальными параметрами [7]. За три сезона наблюдений удалось прописать как нисходящую, так и восходящую ветви минимума. Отличий между наблюдениями,

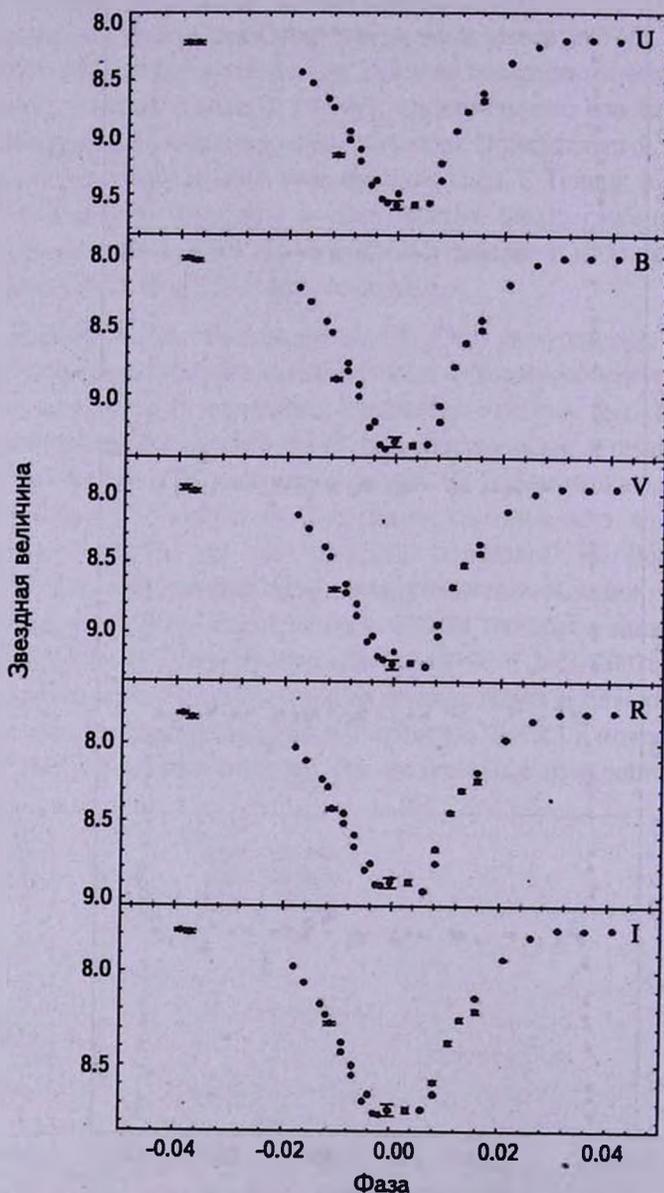


Рис.3. Главный минимум ЕК Сер в *UBVRI* полосах.

полученными с интервалом в 10 лет, не наблюдается. В главном минимуме (рис.3) происходит полное затмение с остановкой блеска, что согласуется с полученными ранее фотометрическими наблюдениями. Вторичный минимум не прослеживается ни в одной полосе, что также согласуется с литературными данными.

Рис.4 демонстрирует изменения нормализованных параметров Стокса Q и U , степени линейной поляризации P и позиционного угла плоскости поляризации θ для полосы R . Из рис.4 видно, что изменения наблюдаемых параметров поляризации превышают ошибки наблюдений.

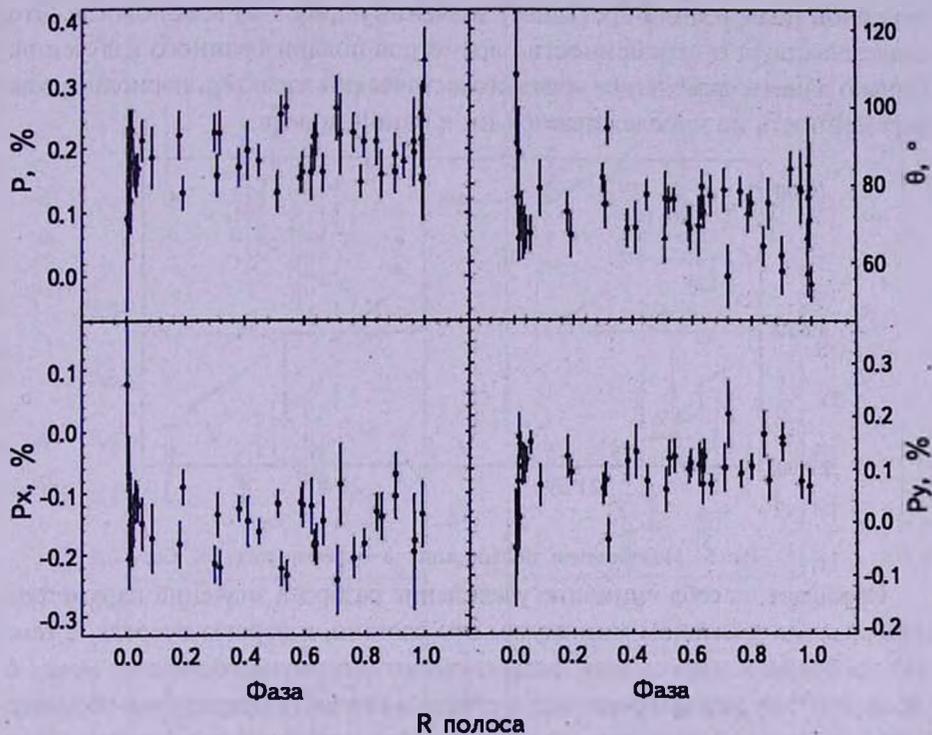


Рис.4. Зависимости параметров поляризации ЕК Сер от фазы орбитального периода в полосе R .

Наблюдаемая поляризация является суперпозицией межзвездной и собственной поляризации. Для определения межзвездной поляризации были выполнены измерения параметров линейной поляризации 8 звезд окрестности ЕК Сер, взятых из работы Закирова [7]. Результаты наблюдений приведены на рис.5. Из рисунка видно, что позиционные углы звезд окрестности и самой ЕК Сер выстроены с высокой точностью. Среднее значение позиционного угла плоскости линейной поляризации звезд окрестности ЕК Сер в полосе V составляет $74^{\circ}.8 \pm 2^{\circ}.1$. Степень линейной поляризации звезд окрестности меняется для разных звезд от $0.33 \pm 0.12\%$

до $0.92 \pm 0.11\%$. Из-за большого разброса степени линейной поляризации звезд окрестности не представляется возможным провести точный учет вклада межзвездной компоненты в наблюдаемую поляризацию. Однако можно сказать, что в наблюдаемую нами линейную поляризацию ЕК Сер значительный вклад вносит межзвездная составляющая.

На рис.4 показаны изменения параметров линейной поляризации ЕК Сер на всем интервале фаз. Средние значения позиционного угла для всех длин волн совпадают с точностью до ошибок наблюдений.

На внезатменной части кривой амплитуда переменности степени линейной поляризации превышает значения ошибок во всех полосах. Это свидетельствует о переменности параметров поляризованного излучения. Однако данные изменения носят стохастический характер, периодическая переменность не прослеживается ни в одной полосе.

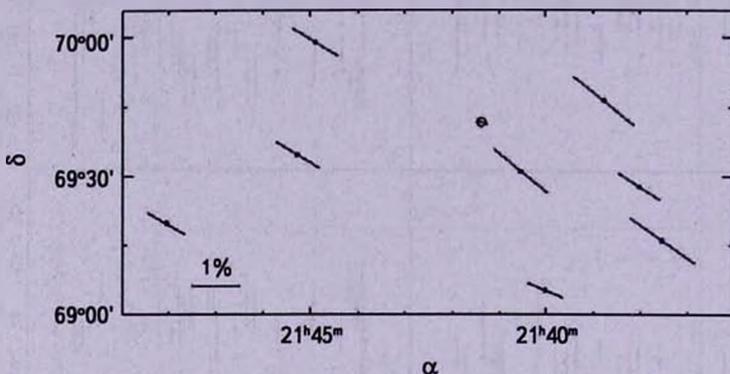


Рис.5. Межзвездная поляризация в окрестностях ЕК Сер.

Обращает на себя внимание увеличение разброса значений параметров поляризации в главном минимуме. Это связано, в первую очередь, с тем, что продолжительность всей фазы главного минимума составляет менее 6 часов, поэтому при наблюдаемых значениях степени поляризации - порядка 0.2% - не удастся накопить достаточное для повышения точности число измерений параметров поляризации. Более детальный анализ участка кривой соответствующего главному минимуму (рис.6) не показывает наличия значимой поляриметрической переменности. Сравнение параметров поляризации во внезатменной части кривой и участка между 2 и 3 контактами не показывает существенных различий параметров поляризованного излучения. Изменение параметров поляризованного излучения в главном минимуме не превышает, в пределах ошибок наблюдений, изменения параметров поляризации на внезатменной части кривой. При этом наблюдения различных сезонов хорошо согласуются между собой как для главного минимума, так и для внезатменной части периода.

В табл.1, 2 приведены средние значения степени поляризации P и

фазового угла PA с их ошибками в пяти цветах $UBVRI$ для момента минимума блеска переменной (усредненное значение по всем наблюдениям между 2 и 3 касаниями) и для состояния блеска вне затмения. Видно, что позиционные углы плоскости линейной поляризации в главном минимуме

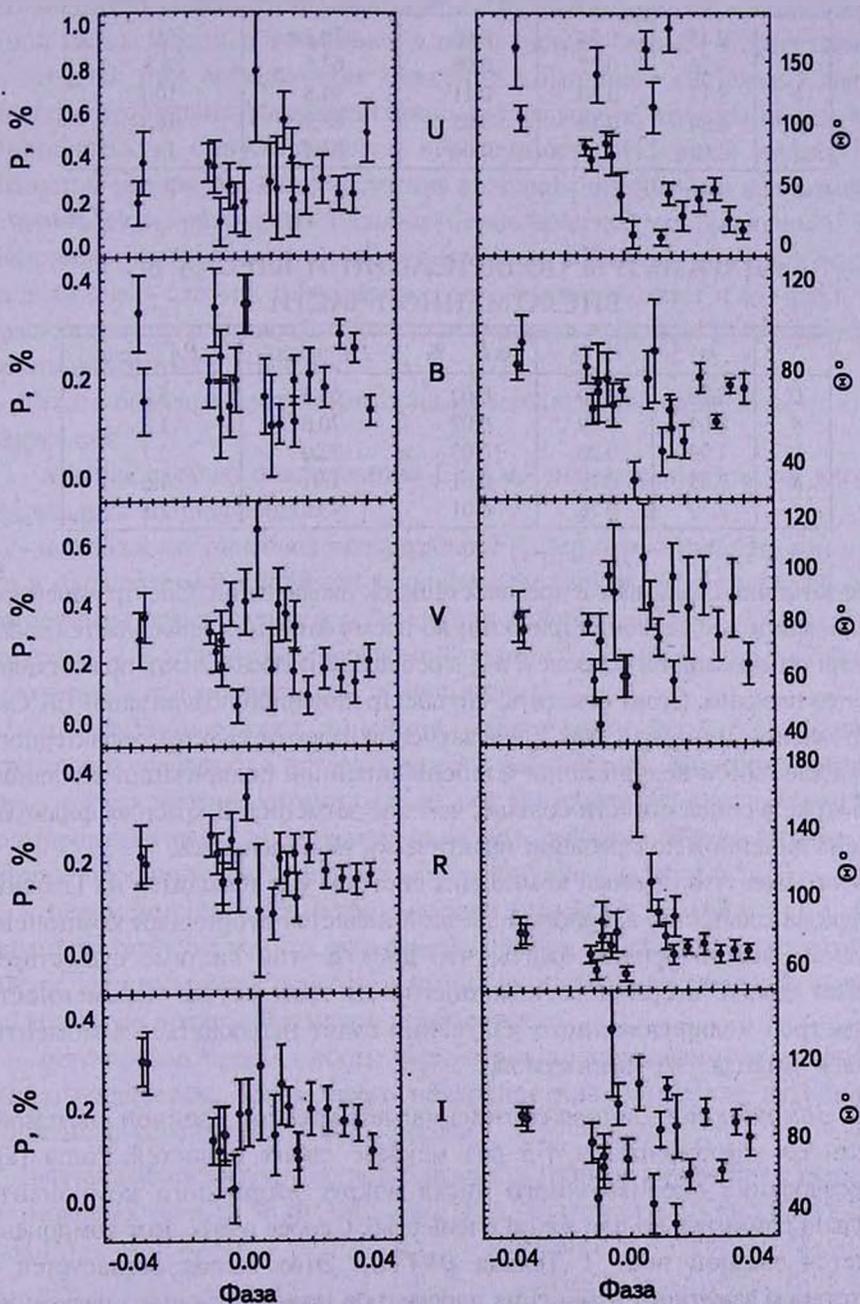


Рис.6. Изменения поляризации в главном минимуме.

Таблица 1

ПАРАМЕТРЫ ПОЛЯРИЗАЦИИ И БЛЕСКА В ГЛАВНОМ МИНИМУМЕ

	m	$P, \%$	$\sigma P, \%$	$PA, \text{град.}$	$\sigma PA, \text{град.}$
U	9.45	0.34	0.09	70.1	21
B	9.26	0.27	0.08	63.5	8.3
V	9.11	0.30	0.11	94.8	10.7
R	8.84	0.18	0.05	88.9	16.1
I	8.69	0.17	0.04	83.4	14.2

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ ПОЛЯРИЗАЦИИ И БЛЕСКА ВО ВНЕЗАТМЕННОЙ ЧАСТИ

	m	$P, \%$	$\sigma P, \%$	$PA, \text{град.}$	$\sigma PA, \text{град.}$
U	8.20	0.20	0.02	63.1	5.3
B	8.04	0.19	0.02	70.8	1.8
V	7.99	0.20	0.03	72.9	2.7
R	7.83	0.19	0.01	73.1	1.6
I	7.79	0.16	0.01	73.2	2.1

и вне затмения совпадают в пределах ошибок наблюдений. Спектр линейной поляризации вне затмения плоский, во время затмения наблюдается завал степени поляризации в полосах R и I , в остальных полосах спектр поляризации остается плоским. Стоит отметить, что спектр линейной поляризации ЕК Сер как в главном минимуме, так и вне затмения далек от спектра, характерного для межзвездной поляризации. Степень линейной поляризации в главном минимуме в синей области больше, чем вне затмения. В красных фильтрах степень линейной поляризации практически не изменилась.

Учитывая, что главный компонент системы уже находится на Главной последовательности, а молодой звездой является вторичный компонент системы, можно предположить, что диск в этой системе существует именно вокруг вторичного компонента. В этом случае переменность параметров поляризованного излучения будет наблюдаться в моменты входа и выхода из минимумов.

4. *Заключение.* Данная система является тесной двойной системой, и хотя ее компоненты в 4-5 раз меньше своих полостей Роша [8], существование околос звездного диска вокруг вторичного компонента довольно сомнительно или же он очень слаб. Скорее всего, этот компонент является звездой пост Т Тельца (WTTS). Этот вывод согласуется с отсутствием заметного изменения параметров поляризованного излучения в указанные моменты. Степень линейной поляризации в моменты входа

и выхода из минимума не отличается существенным образом от степени линейной поляризации вне затмения.

Альтернативным является наличие диска вокруг всей тесной двойной системы (так называемого *circumbinary* диска, SB-диска). В этом случае переменность параметров поляризации будет связана не с затмениями одной звезды другой, а с наличием в такой системе "теней", отбрасываемых на SB-диск при орбитальном движении компонент системы. Следует ожидать, что параметры поляризованного излучения должны показывать периодическую синусоидальную переменность. Из рис.4 видно, что параметры поляризованного излучения в главном минимуме и вне затмения не позволяют заподозрить наличие периодической составляющей. Это свидетельствует о том, что система не имеет SB-диска или диск вокруг системы очень слабый. В поддержку этого свидетельствует и тот факт, что к настоящему времени не обнаружено источников инфракрасного излучения, ассоциированных с ЕК Сер.

Таким образом, полученные нами наблюдения свидетельствуют о следующем:

- в наблюдаемую поляризацию ЕК Сер значительный вклад вносит межзвездная составляющая;
- наблюдаемая линейная поляризация ЕК Сер переменна. Это означает, что в наблюдаемой линейной поляризации звезды кроме межзвездной компоненты присутствует и собственная поляризация. На это указывает и тот факт, что спектр наблюдаемой поляризации не похож на спектр, характерный для межзвездной поляризации;
- позиционные углы линейной поляризации затменной и звезд окрестности совпадают в пределах ошибок наблюдений. Это свидетельствует о том, что межзвездное магнитное поле, под контролем которого происходило формирование звезд, в направлении на молекулярное облако в Цефее, на которое проецируется затменная, имеет регулярную структуру;
- переменность параметров поляризованного излучения ЕК Сер свидетельствует о том, что околос звездный или SB-диск или отсутствует, или же слишком слаб, для того, чтобы вносить существенный вклад в наблюдаемую поляризационную переменность.
- источником переменности параметров поляризованного излучения системы является, скорее всего поверхностная магнитная активность вторичного компонента - WTT звезды.

Данная работа выполнена при поддержке грантов Президента Украины для молодых ученых № Ф13/47-2007 (К.А.А.) и гранта INTAS 03-51-6311 (А.Н.Р.).

UBVRI PHOTOMETRY AND POLARIMETRY OF
YOUNG ECLIPSING BINARY EK CEP

К.А.Antonyuk, A.N.Rostopchina

The results of multicolor photometric and polarimetric observations of eclipsing binary EK Cep, carried out in Crimean astrophysical observatory in 1995, 2006, 2007, are presented. It is shown that observed linear polarization of EK Cep is defined not only by interstellar component, but also by variable circumstellar constituent. The different possible mechanisms of the proper polarization formation in binaries are considered.

Key words: *stars:photometry and polarimetry -individual:eclipsing binary EK Cep*

ЛИТЕРАТУРА

1. *V.Grinin*, Publ. Astron. Soc. Pacif., **62**, 63, 1994.
2. *J.Tomkin*, Astrophys. J., **271**, 717, 1983.
3. *D.Popper*, Astrophys. J., **313**, L81, 1987.
4. *G.Hill, R.Hilditch, F.Younger, W.Fisher*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **78**, N2, 131, 1975.
5. *G.Hill, E.Ebbighausen*, Astron. J., **89**, 1256, 1984.
6. *J.Marques, J.Fernandes, M.Monteiro*, Astron. Astrophys., **422**, 239, 2004.
7. *М.Закуров*, КФНТ, **96** вып. 3, 55, 1993.
8. *T.Korhonen, V.Pirola*, ESO Messenger, 1984.