

УДК: 52:531.51

ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ 16 ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ И ТРЕХ КРАСНЫХ ГИГАНТОВ

Н.Д.МЕЛИКЯН, М.А.ЕРИЦЯН, А.А.КАРАПЕТЯН

Поступила 28 ноября 1995

Принята к печати 12 декабря 1995

Приводятся результаты поляриметрических наблюдений 16 долгопериодических переменных звезд типа Миры Кита и трех неправильных переменных гигантов поздних спектральных классов. У четырех из 19 программных звезд зарегистрирована поляризация света. Анализ наблюдательных данных показывает, что по всей вероятности поляризация света у этих звезд встречается в начальной фазе возгорания блеска.

1. *Введение.* Исследования долгопериодических переменных звезд важно для обсуждения вопросов эволюции красных гигантов и сверхгигантов. Для выяснения природы изменения блеска у этих звезд очень важны их фотоэлектрические и поляриметрические наблюдения. В частности, интересные результаты были получены при многоцветных фотоэлектрических и поляриметрических наблюдениях долгопериодических переменных звезд [1-6]. Эти наблюдения показали, что минимальное значение цвета $U-B$ соответствует минимальному значению блеска, и, что степень собственной поляризации света у этих звезд в максимуме блеска меньше, чем в минимуме. Эти результаты подтверждались многоцветными фотографическими и фотоэлектрическими наблюдениями долгопериодической переменной звезды γ Ori [7,8].

Интерес к долгопериодическим переменным звездам особенно возрос после открытия их радиоизлучения. Так, например, радионаблюдения показали, что около 30% звезд этого типа показывают H_2O и еще 34% 1667 MHz -ОН эмиссию [9,10].

Данные радионаблюдений показывают, что радио радиусы звезд типа Миры Кита порядка 8×10^{15} см [11], что сравнимо с визуальными оценками

радиусов оболочек этих звезд [8,12].

Еще в шестидесятые годы было выдвинуто предположение, что собственная поляризация света звезд поздних спектральных классов обусловлена рассеянием света в их атмосферах или в околозвездном пространстве [13-15]. Звезды типа Миры Кита обладают протяженными оболочками и характеризуются значительной потерей масс. По некоторым данным потеря масс у долгопериодических переменных звезд составляет $10^{-6}-10^{-5}M_{\odot}/\text{год}$ [16].

2. *Наблюдения.* Ниже приводятся результаты поляриметрических наблюдений 16 долгопериодических переменных звезд и трех звезд красных гигантов.

Наблюдения проводились с помощью электрофотометра, работающего в режиме усиления постоянного тока, смонтированного на 20" телескопе АЗТ-14 Бюраканской астрофизической обсерватории в период с 24 июня по 1 ноября 1995 г. В качестве фотоприемника использовался фотоумножитель типа ФЭУ-79 с мультищелочным фотокатодом. Максимальная чувствительность фотокатода светоприемника находится в интервале длин волн $4000\text{\AA}-4400\text{\AA}$. Область спектральной чувствительности - $3000\text{\AA}-8000\text{\AA}$. Наблюдения проводились либо в *B*, *V*, *R* областях спектра, либо без фильтра. Использованы также некоторые наблюдения, полученные в августе 1991 г. Аппаратура и методика поляриметрических наблюдений ранее была подробно описана [17].

Результаты поляриметрических наблюдений приводятся в табл. 1 и 2 для 16 звезд типа Миры Кита и трех звезд гигантов, соответственно. В соответствующих столбцах обеих таблиц приводятся: название звезды по ОКПЗ, время наблюдений (UT), степень поляризации света в процентах в *B*, *V*, *R* - лучах (*P* %) и позиционные углы θ плоскости поляризации. Ошибки измерений степени поляризации и позиционных углов в зависимости от яркости звезд находятся в пределах $\sigma_p = 0.1-0.3\%$ и $\sigma_{\theta} = 3^{\circ}-5^{\circ}$.

Как видно из табл. 1 только у двух звезд *R Aql* и *U Her* из 16 долгопериодических переменных зарегистрирована поляризация света. У остальных 14 звезд или свет не поляризован или же степень поляризации света находится в пределах ошибок измерений. 10 звезд из табл. 1 наблюдаются, по крайней мере, два раза. Звезды *R Aql* и *U Her*, у которых зарегистрированы поляризации света, по-видимому, со временем не только изменяют свой блеск, но и степень поляризации.

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗВЕЗД ТИПА МИРЫ КИТА

Звезда ОКПЗ	Дата (UT)	P %			θ°		
		B	V	R	B	V	R
RU Her	31.07.95	-	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-
U Her	13.08.91	-	1.7	-	-	120	-
	25.07.95	без фильтра	≤ 0.5	-	-	-	-
	15.09.95	-	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
T Her	29.07.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
R Aql	13.08.91	-	1.0	-	-	78	-
	24.06.95	1.9	1.5	0.5	5	12	16
	23.07.95	2.2	0.9	0.5	12	16	18
	28.10.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	-	-	-
R Cas	13.08.91	-	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-
	30.07.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
V Cas	30.07.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
	17.08.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
R Boo	24.06.95	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-	-
	23.07.95	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-
	26.07.95	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-
	17.08.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
	13.09.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
	16.09.95	-	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
R Ser	24.06.95	-	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
X Oph	24.06.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	-	-	-
	26.09.95	≤ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-
RT Cyg	21.07.95	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-
R Dra	25.07.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	-	-	-
	26.09.95	≤ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-
S UMi	30.07.95	-	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-
	26.09.95	-	-	≤ 0.5	-	-	-
R Peg	30.07.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
W Lyr	30.07.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
	26.09.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
S CrB	25.07.95	без фильтра	≤ 0.5	-	-	-	-
	13.09.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
	15.09.95	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-	-
T Cep	15.07.95	-	-	≤ 0.5	-	-	-

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ТРЕХ ЗВЕЗД ГИГАНТОВ

Звезда ОКПЗ	Дата (UT)	P %			θ^0		
		B	V	R	B	V	R
AC Her	13.08.91	1.2	1.1	-	118	120	-
ST Her	13.08.91	≤ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.3	-	-	-
τ^1 Ser	08.08.91	-	-	2.1	-	-	100

У двух звезд гигантов (см. табл. 2) зарегистрирована поляризация света.

3. *Звездный характер поляризации света.* Подробно остановимся на наблюдениях некоторых программных звезд. В первую очередь рассмотрим результаты поляриметрических наблюдений долгопериодических переменных звезд, у которых зарегистрирована поляризация света.

Звезда R Aql=IRAS19039+0809. Период ее равен $P_{\text{м}}=293.0$ дней, спектр - M5e-M8e. Изменения блеска в V-лучах $5^m.7-12^m.0$. Звезда является сильным источником инфракрасного излучения. Показывает уменьшение периода при совершении более 100 периодов [18].

Звезда R Aql нами впервые наблюдена в августе 1991 г. Эти наблюдения велись только в V-лучах и степень поляризации составляла около 1%. С 24 июня по 28 октября 1995 г. эта звезда наблюдалась трижды. В первых двух наблюдениях у звезды зарегистрирована поляризация света, а при наблюдениях 28 октября поляризация отсутствует.

На рис. 1 производится зависимость степени поляризации звезды R Aql от длины волны (крестики). Кривая построена по усредненным данным, полученным в июне и июле 1995 г.

Для большинства звезд типа Миры Кита степень собственной поляризации света принимает максимальное значение в минимуме блеска и наоборот. В табл. 1 для звезды R Aql имеются четыре измерения. По элементам для этой звезды, приведенным в ОКПЗ, вычислены фазы, когда сделаны эти измерения. Согласно этим вычислениям первое измерение сделано за 65 дней до предполагаемого максимума, второе и третье за 106 и 77 дней до максимума, а последнее - через 20 дней после максимума. Следовательно, можно сказать, что первые три измерения поляризации света сделаны в начале восходящей ветви кривой блеска,

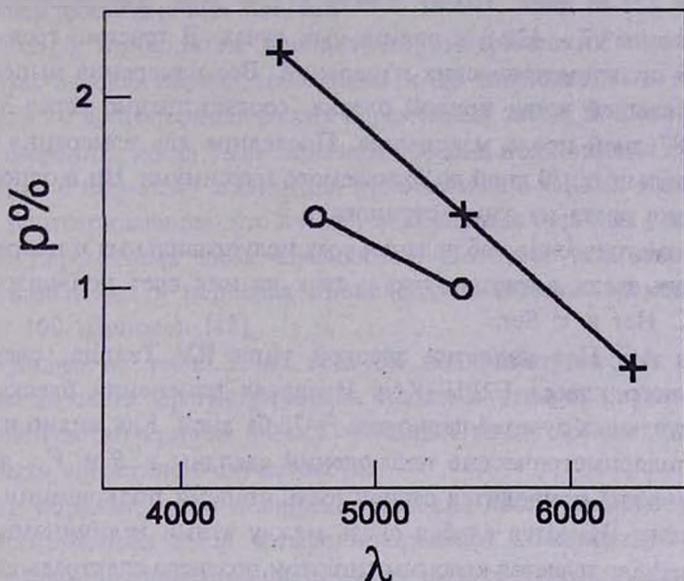


Рис. 1. На рисунке показана зависимость степени поляризации от длины волны. Крестиками отмечаны усредненные данные для звезды R Aql, а кружками - для звезды AC Her.

а последние - вблизи максимума. Этот результат указывает на очень сильное изменение степени поляризации в зависимости от фазы изменения блеска, вплоть до ее отсутствия вблизи максимума блеска.

Звезда U Her=IRAS 16235+1900. Звезда U Her сильный источник инфракрасного излучения и имеет спектр M7e - M8e. Интервал изменения блеска в визуальных лучах равен $6^m.4-13^m.4$, с периодом изменения 406.1 дней. Поляризация света зарегистрирована во время наблюдений, выполненных в 1991 г., которые велись только в V - лучах. Измерение поляризации света сделано за 97 дней до предполагаемого максимума, на подъеме блеска звезды. Поляризация не зафиксирована при наблюдениях 1995 г., когда наблюдения велись в фазе затухания блеска звезды, через 141 и 194 дня после максимума. Отметим, что затухание блеска звезды U Her, согласно элементам, приведенным в ОКПЗ, продолжается 243 дня. В этом случае, как и в случае звезды R Aql поляризация света зарегистрирована только на восходящей ветви кривой блеска.

Звезда R Boo=IRAS 14349+2657. Период изменения блеска звезды

равен $P = 223.46$ дней. Имеет спектр $M3e - M6e$, интервал изменения блеска равен $6^m.7 - 12^m.8$ в визуальных лучах. В течение трех месяцев сделаны 6 поляриметрических измерений. Все измерения выполнены в фазе нисходящей ветви кривой блеска, соответственно через 3, 30, 35, 57, 84 и 87 дней после максимума. Последние два измерения сделаны приблизительно за 30 дней до ожидаемого максимума. Ни в одном случае поляризация света не зарегистрирована.

Поляриметрические наблюдения трех полуправильных и неправильных переменных звезд показали, что у двух из них свет поляризован. Это звезды $AC\ Her$ и $\tau^1\ Ser$.

Звезда $AC\ Her$ является звездой типа RV Тельца, сверхгигант спектрального класса $F2P1B-K4e$. Интервал изменения блеска $6^m.85 - 9^m.0$ в визуальных лучах с периодом $P=75.01$ дней. Как видно из данных табл. 2, поляриметрические наблюдения сделаны в B и V - лучах. На рис. 1 (кружки) приводится зависимость степени поляризации света от длины волны. Имеется слабая связь между этими величинами.

Звезда $\tau^1\ Ser$ является красным гигантом позднего спектрального класса $M5\ II-IIIa$. Тип переменности Lb с характерными медленными и неправильными изменениями блеска. Во время наших наблюдений в красной области спектра зарегистрирована поляризация света порядка 2.1%.

Для выделения собственной поляризации света звезд от межзвездной принято принимать некоторые тесты. Все известные четыре теста подробно анализируются при поляриметрических наблюдениях тесных двойных звезд [19]. Межзвездный компонент поляризации остается постоянным в течение очень долгого времени [20], следовательно, изменение степени поляризации света звезды является хорошим критерием для выявления звездного характера поляризации света. Надежными критериями являются также поляриметрические исследования соседних звезд, а также зависимость степени поляризации света и позиционного угла от длины волны.

Принимая во внимание эти критерии, можно уверенно сказать, что для звезд $R\ Aql$, $U\ Her$ и $AC\ Her$ зарегистрированная поляризация света имеет звездный характер. Что касается поляризации света, зарегистрированной у звезды $\tau^1\ Ser$, то ее характер подлежит дальнейшему изучению.

Отметим, что по нашим данным поляризация света у вышеупомянутых звезд зарегистрирована впервые.

4. *Обсуждение результатов.* Как мы уже видели, доля долгопериодических переменных звезд поляризации зарегистрирована на

восходящей ветви кривой блеска.

В табл. 3 приводятся числа поляриметрических изменений до максимума блеска, вблизи максимума и до нисходящей ветви кривой блеска для 16 долгопериодических переменных звезд, и соответственные числа измерений, когда была зарегистрирована поляризация света. Фазы определены с помощью элементов, приводимых в ОКПЗ. Конечно, есть данные, подтверждающие, что в некоторых случаях периоды у долгопериодических переменных звезд изменяются. Но более или менее существенные изменения в периодах происходят в течение времени, превышающие 100 периодов [18].

Как видно из табл. 3, из всех 34 поляриметрических измерений поляризация света зарегистрирована только в четырех случаях и все на восходящей ветви кривой блеска. С нашей точки зрения этот факт не может быть следствием случайности.

Таким образом, наши поляриметрические наблюдения показали, что из 19 программных звезд четыре показывают поляризацию света. По нашим данным поляризация света у этих звезд зарегистрирована впервые. Мы не сомневаемся, что зарегистрированная поляризация света, по крайней мере для трех звезд, имеет звездный характер, так как даже в тех случаях, когда наблюдения велись только в одном цвете (когда невозможно построить зависимость степени поляризации света от длины волны), изменение степени поляризации в течение времени говорит в пользу наличия собственной поляризации.

Как известно, около 10% долгопериодических переменных звезд показывают собственную поляризацию света [6], где отмечается, что наблюдение высокой степени собственной поляризации света ожидается

Таблица 3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ ПО ФАЗАМ

	До максимума	Максимум	После максимума
Число измерений	7	14	13
Число изм. зарег. поляризации	4	0	0

у звезд с периодами $P \geq 350^d$ и $P \leq 200^d$. Наши наблюдения подтверждают, что чуть больше 10% долгопериодических переменных звезд имеют собственную поляризацию света. Что касается зависимости степени поляризации от периода изменения блеска звезды, то мы не получили подобных результатов. Из 16 долгопериодических переменных звезд 7 имеют периоды $P > 350^d$, три - $P < 200^d$, а для остальных - $200^d \leq P \leq 350^d$. По-видимому для рассмотрения этого вопроса количество наших наблюдений не достаточно.

Рассмотрим данные, приведенные в табл. 3. Как видно, из 34 поляриметрических измерений долгопериодических переменных звезд 7 получены в фазе возгорания блеска, в четырех из них зарегистрирована поляризация света. При наблюдениях вблизи максимума (14 случай) и во время спада блеска (13 случай) поляризация отсутствует. Мало вероятно, чтобы этот результат был случайным. Более того, при наблюдениях звезды R Aql из четырех измерений три сделаны в период возгорания блеска и во всех трех случаях зарегистрирована поляризация света, и только одно измерение сделано вблизи максимума, где поляризация не зафиксирована. По-видимому, механизм образования поляризации света тесно связан с начальным этапом возрастания блеска, воздействие которой уже ближе к максимуму ослабевает.

До сих пор физический механизм пульсации долгопериодических переменных звезд типа Миры Кита до конца не выяснен. Для его выяснения, с нашей точки зрения, факт возникновения поляризации света в фазе возгорания блеска, может оказаться весьма полезным.

5. Заключение. Не секрет, что в большинстве случаев поляриметрические наблюдения проводились ближе к максимумам блеска. Наши наблюдения показывают, что в этот период степень поляризации света по крайней мере сильно уменьшается. По всей вероятности это и есть причина того, что только у 10% долгопериодических переменных звезд зарегистрирована поляризация света. Время возгорания блеска составляет приблизительно 30-40% от периода у звезд типа Миры Кита. По нашим оценкам не больше 20% поляриметрических измерений проводятся в фазе возгорания блеска звезды. Следовательно, число долгопериодических переменных звезд, показавших собственную поляризацию света, в действительности должно быть намного больше.

Проведенные поляриметрические наблюдения показывают:

1. У четырех из 19 программных звезд зарегистрирована поляризация

света, из них по крайней мере в трех случаях поляризация имеет звездный характер. Особенно интересен тот факт, что поляризация света у этих звезд имеет переменный характер.

2. Поляризацию света долгопериодических переменных звезд с большей вероятностью можно ожидать в период возгорания блеска звезды, чем вблизи максимума или же во время затухания блеска. Повидимому, степень поляризации света у этих звезд тесно связана с фазой изменения блеска.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить профессора Л.В.Мирзояна за обсуждение настоящей работы и ценные советы.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория, Армения

POLARIMETRIC OBSERVATIONS FOR 16 LONG PERIOD VARIABLES AND FOR 3 RED GIANTS

N.D.MELIKIAN, M.H.ERITZIAN, A.A.KARAPETIAN

The results of polarimetric observations for 16 Mira Ceti type long-period variables and 3 red giants of late spectral classes are presented. For 4 from 19 programm stars the light polarization are detected. The analysis of the observational data shows, that in all probability the light polarization of these stars are originating on the increasing branch of light curve.

ЛИТЕРАТУРА

1. *E.Mendoza*, Bol. Obs. Tonantzintla, 4, 28, 114, 1967.
2. *L.Celis S.*, Astron. J., 87, 1791, 1982.
3. *Р.А.Варданян*, Астрон. цирк., № 433, 1967.
4. *Р.А.Варданян*, Астрофизика, 4, 152, 1968.
5. *Р.А.Варданян*, Астрон. цирк., № 471, 1968.
6. *Р.А.Варданян*, Астрофизика, 6, 77, 1970.
7. *Н.Д.Меликян, Р.Ш.Нацелишвили, М.Делла Валле*, Астрофизика, 28, 329, 1988.

8. *Н.Д.Меликян, С.Д.Якубов*, *Астрофизика*, 38, 5, 1995.
9. *P.F.Bowers, W.Hagen*, *Astrophys.J.*, 285, 637, 1984.
10. *Nguyen-Q-Rieu, C.Laury-Micoulaut, A.Winnberg, G.V.Schults*, *Astron. Astrophys.*, 75, 351, 1979.
11. *J.Herman, H.J.Habing*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 59, 523, 1985.
12. *A.J.Deutsch*, *Astrophys. J.*, 123, 210, 1956.
13. *K.Serkowski et.al.*, *Astron. J.*, 73, 677, 1968.
14. *R.Zappala*, *Astrophys. J.*, 148, 741, 1967.
15. *В.А.Домбровский*, *Астрон. цирк.*, № 498, 1969.
16. *G.R.Knapp, M.Morris*, *Astrophys. J.*, 292, 640, 1985.
17. *М.А.Ерицян*, *Астрофизика*, 20, 355, 1984.
18. *H.Huth*, *Mitt. Verand. Sterne*, 2, 186, 1965.
19. *R.J.Pfeiffer, R.H.Koch*, *PASP*, 89, 147, 1977.
20. *K. Serkowski*, *Veröff. Remeis Sternw., Bamberg*, 9, №100, 11, 1971.