АСТРОФИЗИКА

ТОМ 45 НОЯБРЬ, 2002 ВЫПУСК 4

УДК: 524.3-357

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ Ae-ЗВЕЗДЫ ХЕРБИГА WW VUL В МИНИМУМЕ 1997г.

Д.Н.ШАХОВСКОЙ

Поступила 10 мая 2002
Принята к печати 5 июля 2002

В ходе фотополяриметрического мониторинга звезды Ae Хербига WW Vul зарегистрировано необычное изменение линейной поляризации на выходе из глубокого минимума, которое не удается объяснить стандартным для таких объектов (звезд типа UX Ori) механизмом - переменным вкладом излучения, рассеянного околозвездной пылью. Анализ возможных причин аномального поведения поляризации показывает, что, вероятнее всего, оно было вызвано присутствием выстроенных несферических пылинок в пылевом облаке, пересекавшем в этот момент луч зрения.

1. *Введение.* WW Vul - изолированная Ae-звезда Хербига (Sp A2e) с большой амплитудой фотометрической переменности ([1,2] V= 10.3-12.7). Объекты такого типа, называемые также звездами типа UX Ori, окружены дискообразными газо-пылевыми оболочками (протопланетными дисками), ориентированными под небольшим углом к лучу зрения [3]. По своему эволюционному статусу они относятся к молодым звездам промежуточных масс, не достигшим еще Главной последовательности [4,5].

Фотометрическая переменность этих звезд обусловлена неоднородной структурой околозвездных оболочек, в которых существуют оптически толстые сгущения (облака), временами затмевающие звезду. Решающим доказательством именно такой модели переменности явилось обнаружение у ряда звезд этого типа [6,7] высокой линейной поляризации (до 10%) в минимумах блеска.

Дальнейшие наблюдения [8-11] подтвердили, что в целом переменность поляризации хорошо описывается моделью переменной околозвездной экстинкции. В этом случае собственная поляризация возникает при рассеянии излучения на пылевых частицах в околозвездном диске и связана с амплитудой ослабления блеска уравнением $\Delta P = P_0 10^{0.4\Delta m}$. Однако наблюдаемые зависимости $\Delta P(\Delta m)$ не всегда точно соответствуют этому закону, причем величина отклонений значительно превышает ошибки наблюдений. Возможны два варианта интерпретации таких отклонений:

1. Переменность коэффициента P_0, вызванная изменением геометрии рассеивающей оболочки или условий ее освещенности во время экранирования звезды пылевым облаком. [4].

2. Действие другого механизма поляризации - поглощения ориентированными несферическими пылинками.

Второй вариант впервые был рассмотрен Бердюгиным и Гринивым [12] при интерпретации аномального поведения поляризации, наблюдавшегося у WW Vul в ходе продолжительного минимума блеска в 1987г., однако дальнейшего развития эта идея не получила, поскольку не было возможности уверенно определить, действие какого из двух механизмов мы наблюдаем. В данной статье представлен эпизод, наблюдавшийся в ходе фотополяриметрического мониторинга WW Vul, в котором аномальная переменность поляризации проявилась в наиболее отчетливой форме, что позволяет выявить механизм ее возникновения.

2. *Наблюдения*. Наблюдения WW Vul в 1997г. были проведены в рамках программы фотополяриметрического мониторинга молодых звезд, выполняющейся в Крымской астрофизической обсерватории с 1986г. Все наблюдения проводились на телескопе АЗТ-11 с *UBVRI*-фотополяриметром конструкции Пиироли [13]. Использовались диафрагмы диаметром 10 и 15 угловых секунд. Инструментальная поляризация определялась ежемесячно по наблюдениям поляризационных стандартов. На рис.1 представлены наблюдения в полосе *V*. Кривая блеска демонстрирует типичную для звезд типа UX Ori неправильную переменность. В период JD2450689-2450693

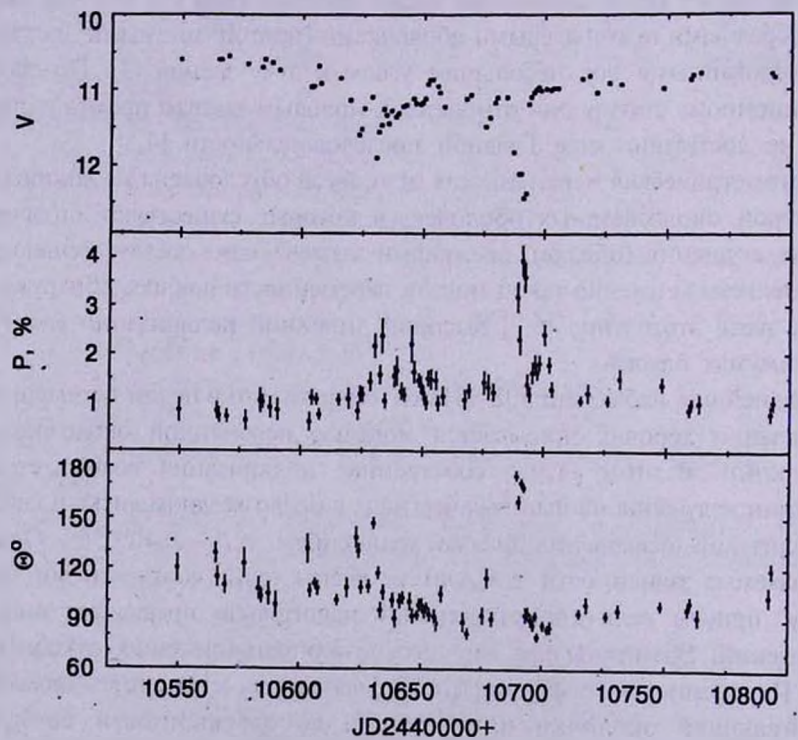

Рис.1. Результаты фотополяриметрического мониторинга WW Vul в 1997г.

наблюдался глубокий минимум блеска. В целом в сезоне 1997г. и в ходе этого минимума поляризация антикоррелирует с блеском. Однако непосредственно после минимума наблюдалась значительная переменность поляризации при практически постоянном блеске. На рис.2-6 этот эпизод показан заполненными кружками и представляет собой увеличение степени

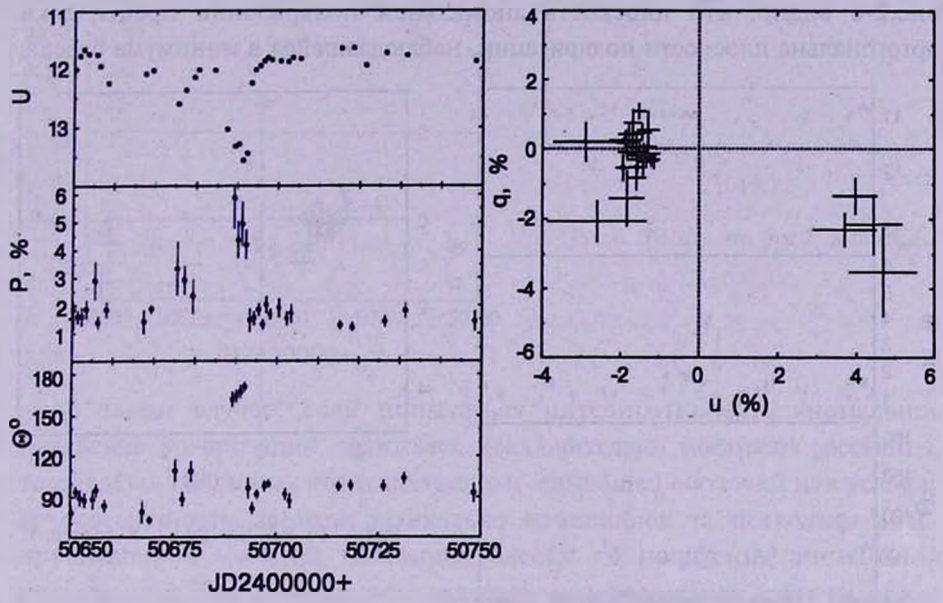

Рис.2. Изменение блеска и поляризации WW Vul в полосе *U* вблизи глубокого минимума блеска, а также положение наблюдавшихся параметров поляризации на плоскости нормализованных параметров Стокса (*u*, *q*). Заполненными кружками выделены наблюдения, в которых проявилась аномальная поляризация.

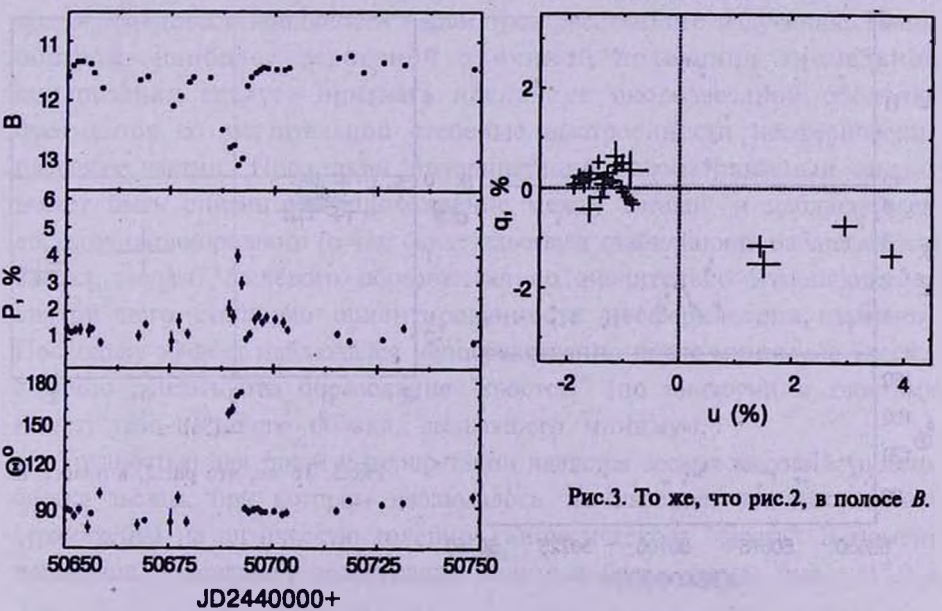

Рис.3. То же, что рис.2, в полосе *B*.

поляризации при практически неизменном позиционном угле, незаметное в полосах *U*, *B* и достигающее максимальной величины в полосах *V* и *R*. Рост и последующее падение поляризации продолжались около 10 дней. Именно этот момент и представляет особый интерес.

3. ***Анализ и интерпретация аномальной поляризации***. Из рис.2-6 видно, что плоскость аномальной поляризации практически ортогональна плоскости поляризации, наблюдавшейся в минимуме блеска.

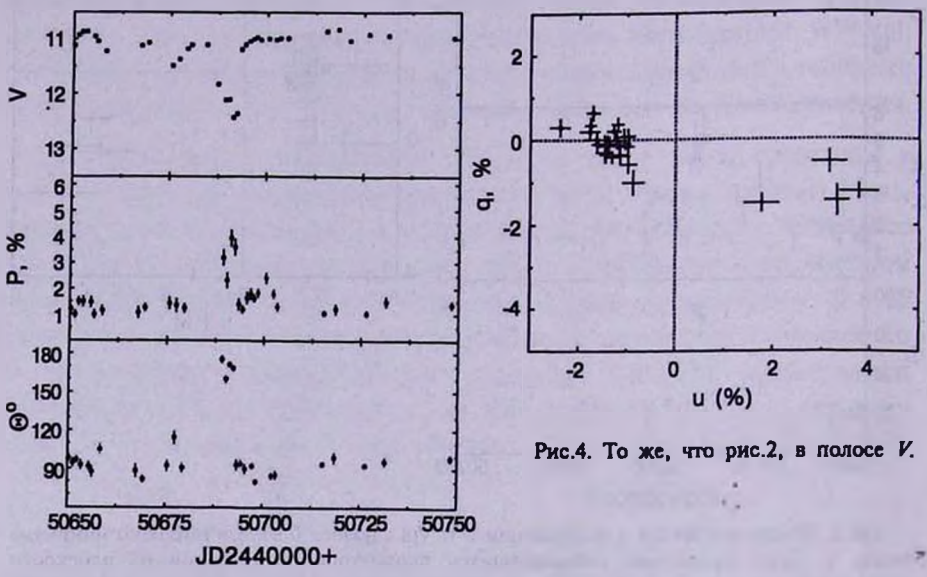

Рис.4. То же, что рис.2, в полосе *V*.

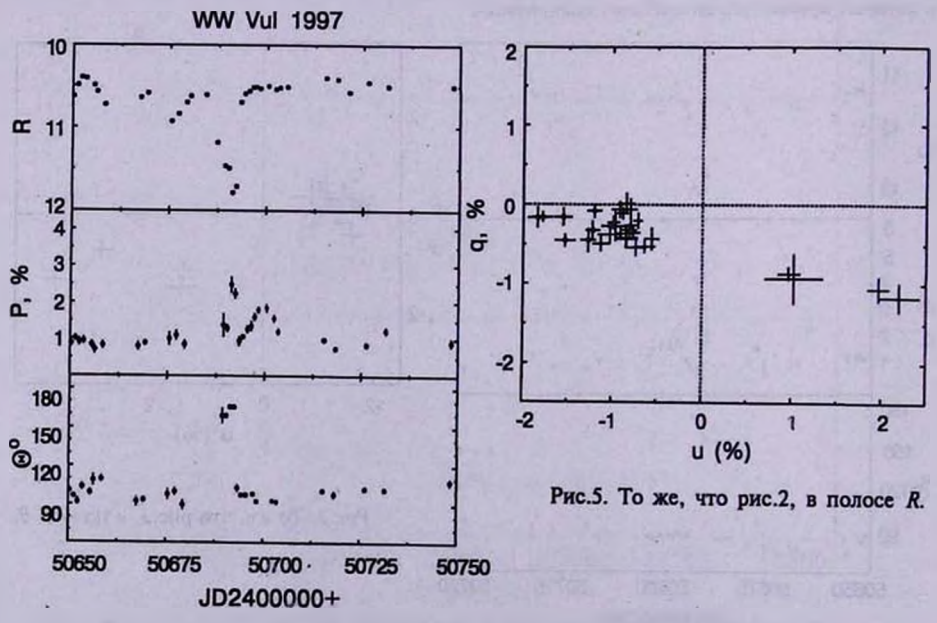

Рис.5. То же, что рис.2, в полосе *R*.

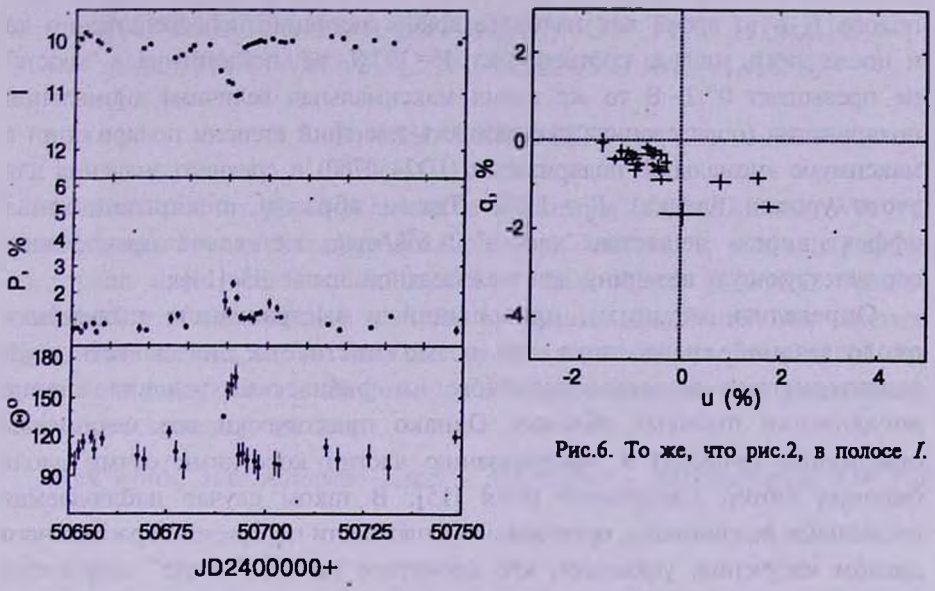

Рис.6. То же, что рис.2, в полосе *I*.

В таком случае, если попытаться интерпретировать аномальное поведение поляризации, используя исключительно механизм рассеяния, то придется допустить, что геометрия рассеивающей оболочки или условия ее освещенности звездой радикально изменились за несколько дней, прошедших с момента минимума блеска до появления аномальной поляризации. Такое объяснение выглядит маловероятным (хотя не может быть исключено полностью). Кроме того, поляризация, наблюдавшаяся в минимуме 1997г., практически не отличается от наблюдавшейся в минимумах 1987, 1989 и 1990 годов [6,10,12], что свидетельствует о долговременной стабильности параметров рассеянного излучения. Таким образом, наиболее вероятной причиной появления аномальной поляризации следует признать наличие в околозвездной оболочке фрагментов со значительной степенью выстроенности несферических пылевых частиц. При такой интерпретации рассматриваемый эпизод может быть описан как прохождение между звездой и наблюдателем достаточно однородного (о чем свидетельствует стабильность наблюдаемого блеска зведзы) пылевого образования со значительно изменяющейся внутри него степенью ориентированности несферических пылинок. Поскольку эффект наблюдался непосредственно после минимума блеска, логично считать это образование "хвостом" (по аналогии с хвостами комет) газо-пылевого облака, вызвавшего минимум.

Трудностью для такой интерпретации является весьма высокий уровень блеска звезды, при котором наблюдалось это явление, что накладывает ограничение на оптическую толщину гипотетического "хвоста". В момент появления аномальной поляризации видимый блеск звезды был ~11^{m}.0 в

полосе V, в то время как наиболее яркое состояние непосредственно до и после этого эпизода соответствует $V = 10^m.8$, т.е. поглощение в "хвосте" не превышает $0^m.2$. В то же время максимальная величина аномальной поляризации (определенная как разность значений степени поляризации в максимуме аномальной поляризации (JD2450700) и среднего значения для этого уровня блеска) $P_a = 1.2\%$. Таким образом, поляризационная эффективность вещества "хвоста" > 6%/mag, т.е. вдвое превосходит соответствующую величину для межзвездной пыли ~3 [14].

Определить механизм, приводящий к выстраиванию пылинок в околозвездной среде, пока нет возможности, т.к. не известны ни характеристики вещества пылинок, ни физические условия в зоне локализации пылевых облаков. Однако практически все механизмы ориентации приводят к выстраиванию частиц короткими осями вдоль силовых линий магнитного поля [15]. В таком случае наблюдаемая аномальная поляризация, ортогональная плоскости поляризации рассеянного диском излучения, указывает, что магнитное поле в "хвосте" направлено вдоль плоскости околозвездного диска.

4. *Заключение*. Приведенный выше анализ одного из проявлений аномальной поляризации WWVul позволяет заключить, что в данном случае она вызвана прохождением между звездой и наблюдателем фрагмента околозвездной оболочки со значительной степенью выстроенности несферических пылевых частиц. Этот результат, как и обнаружение круговой поляризации у WWVul [16], указывает на важную роль явления выстраивания частиц в различных проявлениях поляризационной активности звезд типа UX Ori, а также важность этих эффектов как инструмента изучения структуры их оболочек, в частности, диагностики магнитных полей. Не менее важным является то, что такие эффекты позволяют прослеживать аналогии и проводить сравнение явлений в Солнечной системе и в протопланетных оболочках молодых звезд.

Автор выражает В.П.Гринину благодарность за поддержку и Ю.С.Ефимову за ценные замечания.

Крымская астрофизическая обсерватория,
Украина, e-mail: shakh@crao.crimea.ua

ANOMALOUS POLARIZATION OF THE HERBIG Ae STAR WW VUL IN THE 1997 MINIMUM

D.N.SHAKHOVSKOY

In course of the photo-polarimetric monitoring of HAEBE star WW Vul unusual variations of linear polarization were detected. It seems impossible to explain them with standard model of such objects (UXORs): variable contribution of the radiation scattered by circumstellar matter into observed light. The analysis shows that the most reasonable interpretation of this anomalous polarization is the presence of aligned non-spherical grains in the dust cloud screening the star.

Key words: *stars:variables - stars - polarization - stars:individual:WW Vul*

ЛИТЕРАТУРА

1. *Г.В.Зайцева*, Диссертация, М., 1974.
2. *S.Rossiger, W.Wenzel*, Astron. Nachr. Bd., **294**, 29, 1974.
3. *V.P.Grinin, N.N.Kisilev, N.Kh.Minikulov, G.P.Chernova, N.V.Voshchinnikov*, Astrophys. Space Sci., **186**, 283, 1991.
4. *А.Н.Ростопчина*, Астрон. ж., **76**, 113, 1999.
5. *A.Natta, V.P.Grinin, V.Mannings, H.Ungerechts*, Astrophys. J., **491**, 885, 1997.
6. *В.П.Гринин, Н.Н.Киселев, Н.Х.Миникулов, Г.П.Чернова*, Письма в Астрон. ж., **14**, 514, 1988.
7. *Н.В.Вощинников, В.П.Гринин, Н.Н.Киселев, Н.Х.Миникулов*, Астрофизика, **28**, 311, 1988.
8. *V.P.Grinin*, Publ. Astron. Soc. Pacif. Conf. Ser., **62**, 67, 1994.
9. *V.P.Grinin, E.A.Kolotilov, A.N.Rostopchina*, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., **112**, 457, 1995.
10. *А.В.Бердюгин*, Изв. Крым. астрофиз. обсерв., **87**, 107, 1993.
11. *A.N.Rostopchina, V.P.Grinin, A.Okazaki, P.S.Thé, S.Kikuchi et al.*, Astron. Astrophys., **327**, 145, 1997.
12. *А.В.Бердюгин, В.П.Гринин, Н.Х.Миникулов*, Изв. Крым. астрофиз. обсерв., **86**, 69, 1992.
13. *V.Piirola*, Observ. Astrophys. Labor. Univ. Helsinki Rept., **6**, 151, 1984.
14. *K.Serkowski, D.S.Mathewson, V.L.Ford*, Astrophys. J., **196**, 261, 1975.
15. *А.З.Долгинов, Ю.Н.Гнедин, Н.А.Силантьев*, "Распространение и поляризация излучения в космической среде", Наука, М., 1979.
16. *Д.Н.Шаховской, О.С.Шулов, Е.Н.Копацкая*, Письма в Астрон. ж., **27**, 438, 2001.