

УДК 524.3:520.85

## Асинхронные полярны: аккреция и синхронизация

*Е.П. Павленко*

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 20 февраля 2006 г.

**Аннотация** Представлен обзор свойств асинхронных полярнов V1500 Cyg, BY Cam, V1432 Aql, CD Ind.

ASYNCHRONOUS POLARS: ACCRETION AND SYNCHRONIZATION, *by E.P. Pavlenko.*

**Ключевые слова:** Катаклизмические переменные; синхронизация; аккреционные зоны; структура магнитного поля

---

### 1 Введение

Полярны – это тесные двойные системы, в которых компонент позднего спектрального класса (красный карлик) теряет вещество через внутреннюю точку Лагранжа непосредственно на один или несколько полюсов магнитного белого карлика, имеющего напряженность магнитного поля  $10^7 - 10^8$  Гаусс. В полярнах орбитальный период белого карлика синхронизован с его осевым вращением. К настоящему времени известно около 70 полярнов. Из них выделяется небольшая группа, состоящая всего из 4-х полярнов с относительно небольшим асинхронизмом: для них отношение  $(P_{orb} - P_{rot})/P_{rot} < 2\%$ , где  $P_{orb}$  и  $P_{rot}$  – соответственно, орбитальный период и период вращения. Первой системой такого подкласса оказалась Новая Лебеда 1975 = V1500 Cyg (Стокман и др., 1988), после чего стали известны еще три: BY Cam (Силбер и др., 1992), V1432 Aql (Паттерсон и др., 1995) и CD Ind (Швоуп и др., 1997). Ориентация магнитного поля обычных полярнов постоянна относительно красного карлика, а асинхронных – непрерывно изменяется с фазой синодического цикла. Поэтому в асинхронных полярнах взаимодействие аккреционной струи с магнитным полем, аккреция на полюса белого карлика будут изменяться с синодическим периодом. Долговременное слежение за орбитальным периодом/периодом вращения позволит определить скорость и время орбитально-вращательной синхронизации. Можно ожидать, что изучение аккреционных режимов приведет к пониманию структуры магнитного поля белого карлика.

Большие успехи в понимании феноменологии и физики этих объектов были получены благодаря космическим рентгеновским телескопам, оптическим спектральным, поляриметрическим наблюдениям и длительному фотометрическому мониторингу, который обеспечил получение однородных рядов наблюдений.

В данной работе представлен обзор основных достижений в изучении свойств асинхронных полярных звезд, большая часть которых получена сотрудниками КрАО с коллегами из других институтов.

## 2 Причина асинхронного вращения

Распространено убеждение, что очень вероятной причиной асинхронизма могло быть явление Новой для каждой из 4-х систем. Собственно, именно на примере взрыва Новой V1500 Лебеда и было сделано это предположение. Считалось, что явление Новой для остальных трех звезд осталось незамеченными в прошлом. Можно попытаться найти некоторые косвенные свидетельства взрыва в прошлом. Так, например, теоретические предсказания Пряльник (1986) показывают, что после взрыва Новой белый карлик остывает около 200 лет. Поэтому, если предполагаемый взрыв произошел не позднее этого времени, белый карлик должен быть еще достаточно горяч – настолько, чтобы существенно нагреть обращенную к нему сторону красного карлика (“эффект отражения”). Этот эффект должен, согласно Пряльник, относительно быстро убывать со временем и быть обнаружим: либо непосредственно путем измерения температуры белого карлика, либо путем измерения эффекта отражения. Единственный эксперимент подобного рода был проделан Сомерсом и Нейлором (1999) по наблюдениям в голубой области и Павленко (2002) – по наблюдениям в визуальной области только для одного объекта – V1500 Cyg. В результате измерений амплитуды переменности блеска Новой на интервале времени более десяти лет, было показано, что амплитуда уменьшается в прекрасном соответствии с моделью Пряльник. Для остальных асинхронных систем подобную проверку осуществить трудно, так как, в отличие от V1500 Cyg, основной вклад в общее излучение у них вносят аккреционные колонны, а не эффект отражения. Прямые измерения температуры белого карлика известны также не для всех асинхронных полярных звезд, хотя те, что известны, превосходят температуру белых карликов обычных полярных звезд, у которых она ниже  $20\,000^\circ\text{K}$  (Araujo-Betancor, 2005). Скоди (1990), на основании спектральных наблюдений в далеком ультрафиолете отметила, что белый карлик VY Cam более горячий, чем у обычных полярных звезд; Рана и Сингх (2005), в свою очередь, проанализировав рентгеновские наблюдения V1432 Aql, полученные обсерваториями RXTE и XMM-Newton, также заключили, что объект является “необычным горячим полярным”. Очевидно, наиболее горячим является, все-таки, белый карлик в системе Новой Лебеда 1975 (V1500 Cyg). По данным Шмидта и др. (1995), его температура в 1992 г. составляла около  $100\,000^\circ\text{K}$ . Близкую температуру получили в 1995 г. Хабарт и др. ( $85\,000\text{ K}$ ).

Многообещающим для доказательства пропущенной вспышки Новой казалось вначале обнаружение в ультрафиолетовом спектре VY Cam (Боннэ-Бидо и Моше, 1987, Моше, 2003) необычного содержания элементов CNO, характерного для бывших новых. Однако, химсостав V1432 Aql не показал таких особенностей, как у VY Cam. Недавно Шварц и др. (2006) на основании доплеровской томографии VY Cam нашли, что аккреционная струя, покидая красный карлик, слишком глубоко проникает вглубь магнитосферы белого карлика, что может быть возможно, если темп аккреции будет не менее  $10^{-10}$  солнечных масс в год. Это на два порядка больше, чем темп аккреции катаклизмических переменных, в частности, новых, для данного орбитального периода (Patterson, 1984). Поэтому причина асинхронизма (или насильственной десинхронизации) по-прежнему остается нерешенной проблемой.

## 3 Время синхронизации

V1500 Cyg удивила астрономов не только фактом асинхронного вращения, но и фактом быстрой синхронизации. Ранее предполагалось, что магнитные катаклизмические переменные должны синхронизоваться за время, превосходящее миллионы лет. Однако Андронов в 1987 г. теоретически предсказал, что характерное время синхронизации должно быть менее 300 лет (Андронов, 1987). В 1991 г. одновременно появились две работы – Шмидта и Стокмана, и Пав-

ленко и Пельта, где авторы независимо разными методами обнаружили, что V1500 Cyg является первым асинхронным полярным и при этом полярным синхронизирующимся, причем время синхронизации составляет порядка 200 лет, что прекрасно согласуется с теоретическим предсказанием Андронова. Шмидт и др. время синхронизации определяли непосредственно из поляриметрических наблюдений белого карлика, а Павленко и Пельт – из фотометрических наблюдений путем вычисления согласно соотношению

$$1/P_{\text{rot}} = 1/P_{\text{beat}} - 1/P_{\text{orb}} \quad (1),$$

где  $P_{\text{rot}}$  – период вращения,  $P_{\text{beat}}$  – период биений,  $P_{\text{orb}}$  – орбитальный период.

Время синхронизации обычно вычисляется из молчаливого предположения, что синхронизация происходит ЛИНЕЙНО, т.е., белый карлик тормозится с постоянной скоростью  $P_{\text{rot},\text{dot}}$ :

$$\tau = (P_{\text{orb}} - P_{\text{rot}})/P_{\text{rot},\text{dot}} \quad (2).$$

В отличие от американских ученых, наша база данных включала более ранние наблюдения Новой сразу после взрыва, что позволило более внимательно измерить изменения периода вращения белого карлика. Оказалось, что в первые 3–4 года после взрыва торможение белого карлика было на несколько порядков более сильное. Сам период вращения скрыт от фотометриста – наблюдения дают два основных периода: орбитальный и период биений. На рис. 1 показано изменение частоты периода биения, которая измерялась для каждого сезона наблюдений, от времени.

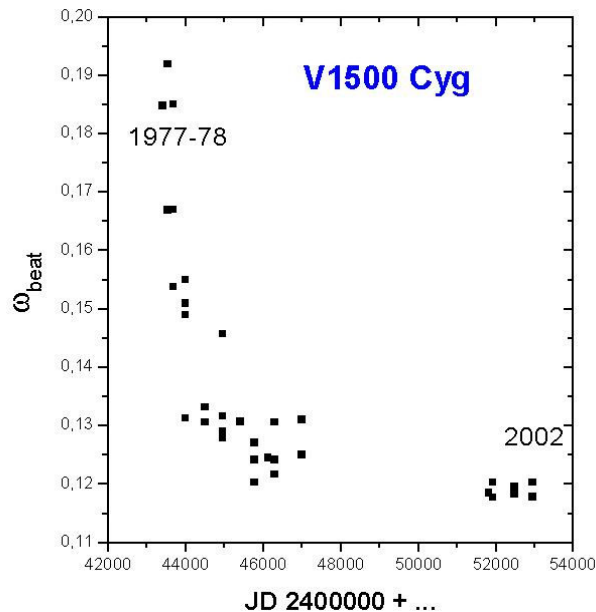


Рис. 1. Уменьшение частоты периода биений V1500 Cyg со временем.

Это изменение соответствует различной скорости торможения белого карлика  $P_{\text{rot},\text{dot}}$ :  $1.8 \times 10^{-6}$  в 1977 – 79,  $2.7 \times 10^{-8}$  в 1979 – 87,  $2.4 \times 10^{-8}$  в 2000 – 2003 (Павленко и Шугаров, 2005). Такое поведение очень хорошо согласуется с ранним предсказанием Каца (1991) о том, что в течение первых нескольких лет после взрыва дополнительным и гораздо более эффективным механизмом торможения, чем магнитное поле, может быть взаимодействие ультрафиолетового ветра от

нагретой стороны вторичного компонента с магнитным полем белого карлика. Ультрафиолетовый ветер вызывается ионизирующим ультрафиолетовым потоком от белого карлика.

Отсюда для V1500 Cyg можно определить два этапа синхронизации – ранней быстрой, последовавшей сразу после взрыва, и медленной долгой. Нелинейный характер синхронизации надо иметь в виду при оценке времени синхронизации. Остальные асинхронные поляры находятся, очевидно, на стадии поздней синхронизации. Для BY Cam найдено  $P_{\text{rot, dot}} > 10^{-9}$  (Павленко, 2006), а для V1432  $P_{\text{rot, dot}} = -5 \times 10^{-9}$  (отметим, что в этой необычной системе период вращения несколько превосходит орбитальный период, отсюда – отрицательный знак производной).

В таблице 1 приведены известные к настоящему времени орбитальные периоды (в часах), степень асинхронизма  $(P_{\text{rot}} - P_{\text{orb}})/P_{\text{orb}}$  и оценки времени синхронизации. Следует отметить, что, согласно исследованиям Андропова и др. (2006), самое короткое время синхронизации получается у V1432 Aql (около 100 лет), а BY Cam, очевидно, находится на стадии медленной синхронизации. Интересно, что по мере уточнения орбитального периода и периода вращения, оценка времени синхронизации для этого объекта увеличилась на два порядка!

Таблица 1.

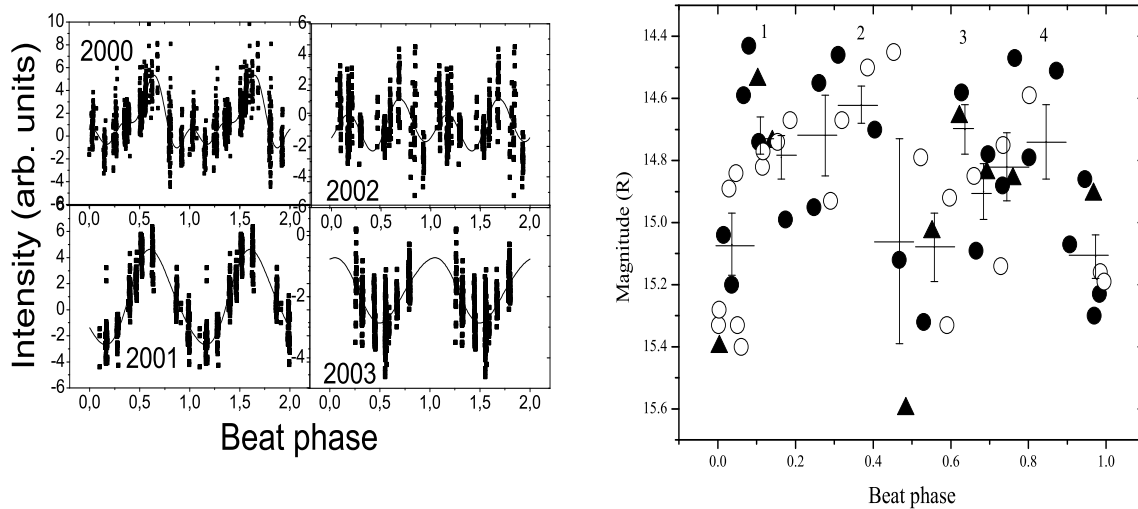
Асинхр. поляры	$P_{\text{orb}}$	$(P_{\text{rot}} - P_{\text{orb}})/P_{\text{orb}}$	$\tau$
V1500 Cyg	3.351	-1.8 %	150-250 (Павленко и Пельт, 1991; Шмидт и др., 1990)
BY Cam	3.354	-1.0 %	1600 (Силбер и др., 1997; Мэйсон и Чанмугам, 1992) >36000 (Павленко, данная работа)
V1432 Aql	3.366	0.3 %	96.7 (Андронов и др., 2006)
CD Ind	1.85		

### 3.1 Темп аккреции

Поляры относят к новоподобным звездам – таким, которые не являют вспышек типа карликовых новых (однако, как показала V1500 Cyg, могут быть классическими новыми!). Тем не менее, для них характерны переходы от яркого состояния до слабого и наоборот, вызванные колебаниями темпа потери массы вторичным компонентом и колебаниями темпа аккреции порядка  $10^{-12}$  солнечных масс в год. Из всех четырех асинхронных полярных звезд только для BY Cam известны такие состояния. В высоком состоянии его блеск изменяется в пределах  $V = 14^m - 15^m$ , а в низком – в пределах  $V = 16^m - 17^m$  (Соколов и др., 1996).

Для некоторых асинхронных полярных звезд обнаружено одно замечательное свойство: существует модуляция среднего блеска системы с фазой синодического цикла или, что то же самое, периодом биений. Такое свойство впервые было обнаружено у V1500 Cyg (Павленко и Пельт, 1991) и BY Cam в низком состоянии (Павленко, 2005, Павленко, 2006).

Изучение этой периодичности показало, что профиль кривой периода биений изменяется со временем (от года к году). Так, у V1500 Cyg он может быть как одnogорбым так и двугорбым (Павленко, 2003) и, кроме того, его амплитуда показывает большие изменения: например, амплитуда в 2003 г была в 5 раз меньше, чем в 2000 (Павленко и Шугаров, 2005).



**Рис. 2.** Изменение блеска V1500 Cyg (слева) и BY Cam (справа) с фазой периода биений. Дальнейшие объяснения в тексте.

Образец кривых изменения блеска с фазой периода биений для V1500 Cyg и BY Cam дан на рис. 2. У BY Cam на протяжении около года средний профиль был четырехгорбый, с четырьмя примерно одинаковыми максимумами, но разными минимумами. На следующий год профиль стал скорее двугорбым с обширными максимумами и острыми минимумами (см. рис. 2). Амплитуда при этом осталась практически без изменения.

Природа такой модуляции не вполне понятна. Несомненно, что она связана с изменяющейся с фазой синодического цикла ориентацией магнитного поля по отношению к красному карлику. Вращающееся магнитное поле, по-видимому, может оказывать влияние на темп аккреции, создавая более или менее благоприятные условия для проникновения струи вглубь магнитосферы. Так, например, в “неблагоприятных” для струи случаях, когда силовые линии перпендикулярны к направлению ее движения, вещество струи может образовывать “куртины” (curtains), и до магнитного полюса доберется лишь какая-то ее часть. При других ориентациях поля струя будет беспрепятственно попадать на полюс.

Другая возможность может заключаться в дополнительном переменном нагреве вторичного компонента рентгеновским излучением от горячих аккреционных полюсов, температура которых достигает миллиона градусов (Уорнер, 1995). Если магнитные полюса белого карлика лежат вблизи орбитальной плоскости – так, что в течение синодического цикла внутренняя точка Лагранжа будет последовательно попадать в конус этого излучения от проходящего полюса – это может вызвать дополнительный нагрев обращенной к белому карлику стороны красного карлика. Как следствие, это может повлечь за собой увеличение потери вещества красным карликом. На возможность увеличения потери вещества при воздействии на звезду жестким излучением белого карлика указывали еще Баско и Сюняев (1973). Очевидно, что профиль кривой периода биений связан со структурой магнитного поля белого карлика (числом полюсов). Причина изменения профиля со временем, вероятно, может быть связана с затмевающими (или/и затеняющими) эффектами в этих системах, зависящими от времени. Так, у V1500 Cyg обнаружены “клячья” (debris) аккреционного кольца (Шмидт и др., 1995), а у BY Cam – протяженные куртины (Шварц и др., 2005). Чтобы эти фрагменты газовых структур могли экранировать излучение, они должны быть протяженными также в плоскости, перпендикулярной орбитальной (по крайней мере, V1500 Cyg не является затменной системой).

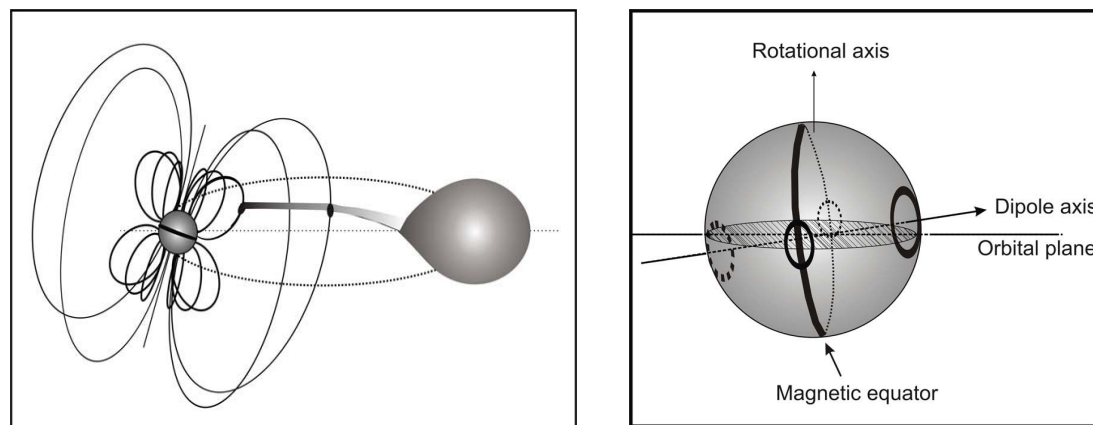
#### **4 Асинхронные полюсы как лаборатория изучения структуры магнитного поля белых карликов**

Магнитное поле полярных звезд до недавнего времени было принято считать дипольным (Кроппер, 1988) и большинство наблюдений в некоторой степени неплохо описываются моделью дипольного поля. Однако Викрамасингх и Ву (1991), Ву и Викрамасингх (1993), Ву и Мэйсон (1996) полагают, что структура магнитных полей белых карликов гораздо сложнее и, скорее всего, является конфигурацией “диполь+квадруполь”. Такой вывод был сделан в попытке объяснить некоторые наблюдательные особенности полярных звезд, а именно:

1. наличие магнитных полюсов с разной напряженностью магнитного поля;
2. основная аккреция происходит на более слабый магнитный полюс;
3. струя проникает гораздо глубже внутрь магнитосферы, чем это ей дает баланс сил магнитного давления и давления падающего газа аккреционной струи;
4. наличие у нескольких полярных звезд (DP Leo EF Eri) аккреционных полюсов, отстоящих на расстоянии много меньше  $180^\circ$ ;
5. наличие у соседних полюсов одинаковой полярности.

В частности, по поляриметрическим наблюдениям ВУ Сам, выполненным Шаховским и Пириолой в 1992-93 г, авторы предположили, что магнитное поле белого карлика в этой системе отличается от дипольного и, возможно, является квадрупольным.

Альтернативой квадрупольному полю, которая могла объяснить часть перечисленных эффектов, может быть смещенный диполь. Аргументы за и против той или иной модели рассмотрены Ву и Мэйсоном (1996) и Мартином и Викрамасингхом (1984). С течением времени появляется все больше свидетельств сложной структуры магнитного поля белых карликов. Если Кроппер в своем обзоре свойств полярных звезд в 1990 г (Кроппер, 1990) полагал, что квадрупольные поля вряд ли могут существовать, ибо привлечение сложных конфигураций поля противоречило бы принципу Оккама, то в 2005 г появилась работа Ючнера и др., где авторы, на основе Зеемановской томографии магнитного белого карлика HE 1045-0908, обнаружили, что его магнитное поле даже еще более сложное, чем квадрупольное.

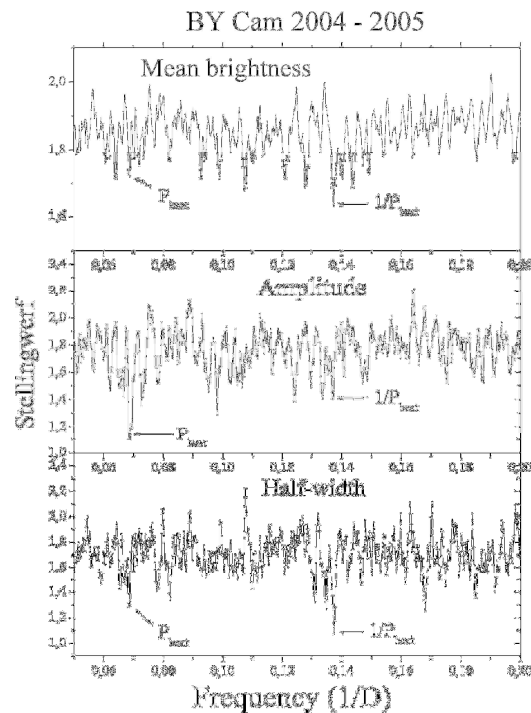


**Рис. 3.** Слева: Схематическое изображение полярной звезды со сложным магнитным полем типа “диполь + квадруполь”. Газовая струя, покидающая красный карлик, может захватываться силовыми линиями как дипольной, так и квадрупольной составляющей. Места захвата обозначены черными кружками. Справа: Аккреционные зоны на поверхности белого карлика в случае магнитного поля типа “диполь + квадруполь”. Одна пара аккреционных зон совпадает с полюсами диполя, а другая пара – с точками пересечения магнитного экватора с орбитальной плоскостью.

В диполь-квадрупольных полях дипольная составляющая, напряженность поля которой убывает как  $1/R^3$ , будет более эффективна на большом удалении от белого карлика и, поэтому, ответственна за орбитально-вращательную синхронизацию, а квадрупольная составляющая

(поле которой убывает как  $1/R^4$ ) будет более эффективно управлять движением струи ближе к белому карлику. Само магнитное поле будет иметь три магнитных полюса: два полярных и один экваториальный. Вещество красного карлика, покидая внутреннюю точку Лагранжа, в зависимости от глубины проникновения в магнитосферу белого карлика, может захватываться дипольными или квадрупольными силовыми линиями и направляться к одному или нескольким магнитным полюсам, образуя аккреционные зоны. Если магнитный экватор лежит в плоскости орбиты, аккреционная зона может быть довольно протяженной (поясообразной). В противном случае, аккреционные зоны будут находиться в точках пересечения магнитного экватора с орбитальной плоскостью (см. рис. 3).

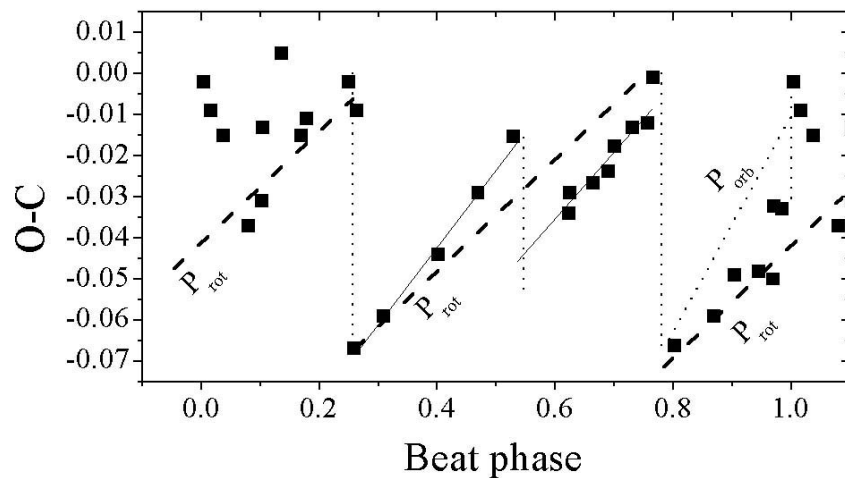
К настоящему времени признаки структуры магнитного поля, отличающейся от дипольной, обнаружены у трех систем из четырех: BY Cam (Пиирола и др., 1993, Мэйсон и др., 1998, Павленко, 2006), V1432 Aql (Рана и др., 2006) и CD Ind (Рамзей и др., 2000). BY Cam оказалась первой системой, для которой было обнаружено больше всего наблюдательных свидетельств сложного магнитного поля типа “диполь + квадруполь”. Впервые предположение о сложном поле BY Cam, как уже упоминалось, было сделано еще в 1993 г Пиирола и др. на основании поляриметрических наблюдений Шаховского, выполненных на ЗТШ (Пиирола и др., 1993) и Мэйсоном и др. (1995) по фотометрическим наблюдениям на разных обсерваториях мира, в том числе, и в КрАО. Однако только когда система надолго вошла в низкое состояние яркости, оказалось возможным найти убедительные свидетельства этому предположению (Павленко, 2006). Кривые блеска в низком состоянии показывали многогорбую структуру, причем количество горбов, их амплитуды, продолжительности и фазы изменялись во времени.



**Рис. 4.** Периодограммы, построенные методом Стеллингверфа (Пельт, 1980) для средней яркости (верхняя панель), амплитуды основного горба (средняя панель) и ширине горба на половине его высоты. Стрелки указывают на пики, соответствующие периоду биений или его половине.

Оказалось, что они изменялись не хаотически, а с фазой периода биений: на рис. 4 даны периодограммы для изменений среднего блеска, амплитуды основного горба, его полуширины и момента максимума. Периодограммы указывают на наличие либо самого периода биений, либо

его половинной величины. Если периодограммы доказывают факт асинхронного вращения компонент двойной системы, то именно фазовые диаграммы являются ключевыми для понимания структуры магнитного поля белого карлика и геометрии аккреции. Так, величины  $O-C$ , рассчитанные для максимума основного горба на кривой блеска VY Cam согласно эфемериде (Павленко, 2006), показывают три скачка на фазах  $\sim 0.25$ ,  $\sim 0.55$ ,  $\sim 0.75$ , причем, на фазах 0.25 и 0.75 – на полпериода, а на фазе 0.55 – на четверть (в данном случае под периодом подразумевается период “побочной полосы”). Это поведение  $O-C$  показано на рис. 5. В случае только дипольного поля можно было бы ожидать два скачка: через каждые полпериода биений аккреционная струя предположительно должна была переключаться на диаметрально противоположный полюс, т.е. фаза основного горба смещаться на полпериода. В промежутке между скачками поведение  $O-C$  соответствует попятному движению аккреционных областей относительно маг-



**Рис. 5.** Ход  $O-C$  для основного горба в зависимости от фазы периода биений, рассчитанных с помощью эфемериды, приведенной Павленко (2006). Пунктиром дано такое поведение  $O-C$ , как если бы их изменения соответствовали строго периоду вращения. Точечные прямые соответствуют скачкообразным изменениям  $O-C$  на половину или четверть периода.

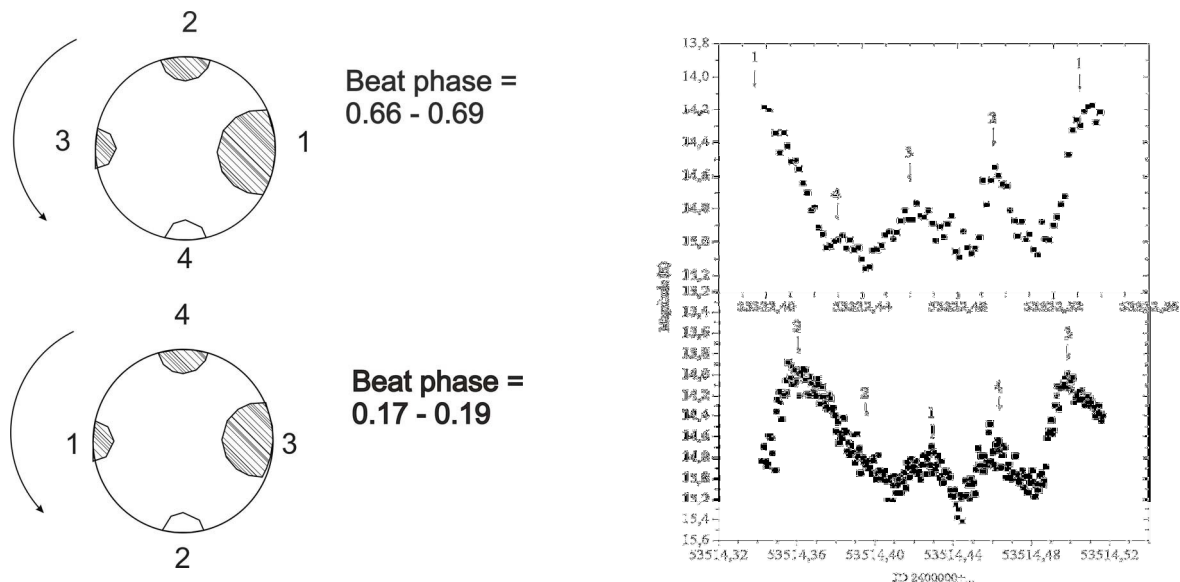
нитных полюсов (или увеличению наклона аккреционной колонны, обусловленного асинхронным вращением). Систематическое изменение  $O-C$  минимумов блеска показывает также V1432 Aql (Геккелер и Штуберт, 1997; Андронов и др., 2006). Геккелер и Штуберт полагали, что аккреция в силу особенностей ориентации магнитного поля идет только на один магнитный полюс, причем, аккреционная зона описывала окружность вокруг магнитного полюса за время, равное синодическому циклу. Это означает, что аккреционная струя захватывалась разными силовыми линиями в процессе этого периода. Андронов и др. (2006), обнаружив новый тип минимумов на кривых блеска, впервые показали, что на самом деле аккреция идет на оба полюса диполя вдоль замкнутых силовых линий, но в разном соотношении. Двухполюсная аккреция наблюдается также и для V1500 Cyg, что обнаружено Калужным и Глебовским (1988) по спектральным измерениям.

В целом для VY Cam можно сказать, что в моменты переключений струи с одной аккреционной области на другую, минимален и средний блеск системы, и амплитуда основного горба, и его полуширина.

Только у некоторых полярных звезд известны профили кривых блеска с количеством горбов больше двух. Так, для V1432 Aql по рентгеновским наблюдениям Рана и др. отметили, что в разные годы профиль может быть двух- или трех-горбый, и даже в случае двух горбов, расположение аккреционных зон сильно отличается от  $180^\circ$ .



У ВУ Сам структура кривой блеска периода вращения отличается от ночи к ночи. Однако нами было обнаружено, что в строго определенных фазах периода биений она имеет трехгорбый профиль, где горбы разделены четвертью периода вращения. Это происходит при определенных азимутах магнитных полюсов, когда наблюдаются минимальные амплитуды и полуширины основного горба, т.е. при малом темпе аккреции. Это довольно узкий диапазон фаз синодического цикла: 0.17 – 0.19 (первый диапазон) и 0.66 – 0.69 (второй диапазон). Оба они отстоят на половину синодического периода. Первый диапазон приходится на фазы, расположенные вблизи переключения большей части аккреционной струи с полюса 1 на полюс 3 и предшествующие ему, а второй диапазон – наоборот, вблизи переключения струи с полюса 3 на полюс 2 и также предшествующие этому событию. На рис.6 приведены примеры кривых для каждого из двух диапазонов. Стрелочки над кривой проставлены через четверть периода вращения, указывая на ожидаемые положения максимумов горбов, соответствующих полюсам дипольно-квадрупольного магнитного поля. На рис. 6 хорошо видно, что аккреция в течение



**Рис. 6.** Схематическое изображение четырех аккреционных зон, совпадающих с полюсами магнитного поля типа “диполь+квадруполь” для диаметрально противоположных ориентаций магнитного поля относительно красного карлика. Картинная плоскость совпадает с плоскостью, проходящей через полюса. Стрелочкой указано направление вращения белого карлика. Заштрихованы те аккреционные зоны, которые четко проявляются в виде горбов на кривых блеска. Примеры соответствующих кривых даны справа. Нумерация зон на чертеже соответствует нумерации на кривых блеска.

синодического цикла идет на все четыре полюса, но в разном соотношении: В первом диапазоне это полюса 1, 2, 3, а во втором – 1, 4, 3. Горб, соответствующий аккреции на полюс 4-й в первом диапазоне и 2-й – во втором, либо отсутствует, если аккреция на него не идет вовсе, либо “скрывается” в крыле основного горба – на вероятность этого указывает асимметричный профиль последнего. Отметим, что в обоих случаях максимальная аккреция идет на полюс, который следует за двумя соседними по ходу вращения белого карлика.

## 5 Заключение

Рассмотрение свойств асинхронных полярных систем позволяет заключить, что эти тесные двойные системы содержат белые карлики более горячие, чем в обычных полярных системах. Асинхронность не

является устойчивым явлением: эти поляры демонстрируют синхронизацию со временем – в общем случае, нелинейную. В разных системах она проходит с разным темпом  $P_{\text{rot,dot}}$ : от  $10^{-6}$  до  $10^{-9}$  и более. Конфигурация магнитного поля в большинстве случаев отличается от центрированного диполя и может быть описана сложным полем типа “диполь + квадруполь”. Аккреция может идти на несколько полюсов белого карлика, но в различном соотношении. Аккреционные зоны находятся у подножий силовых линий на белом карлике и иногда смещаются относительно полюса либо это может быть эффектом изменения угла между линиями поля и поверхностью белого карлика. Большая часть струи может переключаться с одного полюса на другой в определенных фазах синодического цикла. Вращающееся магнитное поле способствует возникновению протяженных куртин. Асинхронное вращение белого карлика при определенной ориентации магнитного поля красного карлика вызывает циклическое изменение – с фазой синодического периода – темпа потери вещества и, как следствие, аккреции на белый карлик. В такт изменению аккреции будет изменяться и размер самих аккреционных зон.

Рассмотренные особенности асинхронных полярных объектов показывают, что изучение этих объектов, действительно, является перспективным для выяснения структуры магнитных полей белых карликов, влияния магнитного поля на орбитально-вращательную синхронизацию и управлением процессов аккреции на несколько магнитных полюсов.

## Литература

- Андронов И.Л. // 1987. Астрон. журн. 63. 97.  
 Андронов и др. (Andronov I.L., Baklanov A.V., Burwitz B.) // 2006. Astron. Astroph. In press.  
 Арауджо-Бетанкор (Araujo-Betancor S.) // 2005. ASPC. 330. 159.  
 Баско и Сюняев (Basko M.M., Sunyaev R.A.) // 1973. Astrophys. Space Science. 23.71.  
 Бонне-Бидо и Моше (Bonnet-Bidaud J.M and Mouchet M) // 1987. Astron. Astroph. 188. 89.  
 Викрамасингх и Ву (Wickramasinghe D.T. and Wu K.) // 1991. MNRAS. 253. 11.  
 Ву и Мейсон (Wu K., Mason P.A.) // 1996. Astroph. Space Science Libr. 208. 203.  
 Ву и Викрамасингх (Wu K., Wickramasingh T.) // 1993. MNRAS. 260. 141.  
 Гекелер и Штуберт (Geckeler R.D. and Staubert R.) // 1997. Astron. Astroph. 325. 1070.  
 Калужный и Глебовский (Kaluzny Ja., Chlebowski T.) // 1988. ApJ. 332. 287.  
 Кац (Katz J.I.) // 1991. ApJ. 374L. 59.  
 Кроппер (Cropper M.) // 1990. Space Science Rev. 54. 195.  
 Мартин и Викрамасингх (Martin B. And Wickramasinghe D.T.) // 1984. MNRAS. 206. 407.  
 Моше и др. (Mouchet M. et al) // 2003. Astron. Astroph. 401. 1071.  
 Мэйсон и др. (Mason P.A., Ramzay G., Andronov I.L. et al.) // 1998. MNRAS. 295. 511.  
 Мэйсон и др. (Mason P.A., Chanmugam C., Andronov I.L. et al.) // 1995. Cava. Conf. 426.  
 Павленко и Пельт (Павленко Е.П., Пельт Я.) // 1991. Астрофизика. 34. 169.  
 Павленко и др. (Pavlenko E.P., Shugarov S.Yu., Goranskij V.P. et al.) // 2002. AIP Conf. Proc. 637. 519.  
 Павленко (Pavlenko E.P.) // 2003. Odessa Astronom. Publ. 16. 41.  
 Павленко Е.П. (Павленко Е.П.) // Астрофизика. 2006. Т. 49. С. 121.  
 Павленко и др. (Pavlenko E.P. Babina Yu., Andreev M. et al.) // 2006. Proc. of the 7<sup>th</sup> Pacific Rim Conf. In press.  
 Павленко и Шугаров (Pavlenko E.P., Shugarov S.Yu.) // 2005. ASP Conf. Ser. 330. 421.  
 Паттерсон и др. (Patterson J., Skillman D.R., Thorstensen J. et al.) // 1995. PASP. 107. 307.  
 Паттерсон (Patterson J.) // 1984. ApJS. 54. 44.  
 Пельт (Pelt Ja.) // 1980. Frequency Analysis of Astronomical Time Series. Valgus Publ. Tallinn.  
 Пиирола и др. (Pirola V., Coyne G.V., Takalo S.J.L. et al.) // 1994. Astron. Astroph. 283. 163.  
 Пряльник и др. (Prialnik D.) // 1986. ApJ. 310. 222.  
 Рамзей и др. (Ramsay G., Potter S., Cropper M.) // 2000. MNRAS. 316. 225.  
 Рана и др. (Rana V.R., Singh K.P., Barrett P.E.) // 2005. ASPC. 330. 427.

- Рана и др. (Rana V.R., Singh K.P., Barrett P.E. et al.) // 2006. ApJ. In press.
- Силбер и др. (Silber A., Remillard, R.A., Bradt H.V. et al.) // 1992. Astroph. J. 389. 704.
- Силбер и др. (Silber A., Szkody P., Hoard D.W. et al.) // 1997. MNRAS. 290. 25.
- Сомерс и Нейлор (Somers M.W. and Naylor T.) // 1999. Astron. Astroph. 352. 563.
- Соколов и др. (Sokolov D.A., Shugarov S.Yu., Pavlenko E.P.) // 1996. Astroph. and Space Science Libr. 208. 219.
- Стокман и др. (Stockman H.S., Schmidt G.D., Lamb D.Q.) // 1988. Astrophys. J. 332. 282.
- Уорнер (Warner B.) // 1995. Cataclysmic Variable Stars. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Хабарт и др. (Habart E., Mouchet M., J.-M. Bonnet-Bidaud et al.) // 1999. ASPC 157. 231.
- Шварц и др. (Schwarz R., Schwobe A.D., Staude A., Remillard R.A.) // 2005. Astron. Astroph. 444. 213.
- Швоуп и др. (Schwobe A., Buckley D.A.H., O'Donoghue D.) // 1997. Astron. Astroph. 326. 195.
- Шмидт и . (Schmidt G.D., Stockman H.S.) // 1991. Ap J. 371. 749.
- Штуберт и др. (Staubert R., Friedrich S., Pottschmidt K. et al.) // 2003. Astron. Astroph. 407. 987.
- Ючнер и др. (Euchner F., Reinsch K., Jordan S. et al.) // 2005. Astron. Astroph. 442. 651.