

## Физика и параметры предкатаклизмических переменных

*В.В. Шиманский*<sup>1</sup>, *Н.А. Сахибуллин*<sup>1</sup>, *Н.В. Борисов*<sup>2</sup>  
*С.А. Позднякова*<sup>1</sup>, *И.Ф. Бикмаев*<sup>1</sup>, *Н.Н. Шиманская*<sup>1</sup>, *А.И. Галеев*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казанский государственный университет, кафедра астрономии

<sup>2</sup> Специальная астрофизическая обсерватория РАН

Поступила в редакцию 26 ноября 2005 г.

**Аннотация.** Представлен обзор результатов исследований предкатаклизмических переменных разных типов на основе фотометрических и спектроскопических наблюдений.

THE PHYSIC AND PARAMETERS OF PRECATAclysmic VARIABLES, *by Shimansky V.V., Sakhbullin N.A., Borisov N.V., Pozdnyakova S.A., Bikmaev I.F., Shimanskaya N.N., Galeev A.I.*

**Ключевые слова:** эволюция звезд, тесные двойные системы

---

### 1 Введение

Использование с начала 90-х годов ПЗС-матриц больших размеров и разработка на их основе фотометров и спектрометров высокой чувствительности позволили радикально улучшить наблюдательную базу современной астрофизики. Достаточно сказать, что новейшие ПЗС-инструменты имеют преимущества по сравнению с их фотографическими аналогами по спектральному разрешению в 3-10 раз, по регистрируемому диапазону в 2-3 раза, а по чувствительности до 200 раз! Это дает возможность перейти от феноменологического анализа сложных астрофизических объектов к их массовому, количественному моделированию, непосредственно опирающемуся на наблюдаемые спектральные и фотометрические характеристики. Областью астрофизики, где прогресс оказался наиболее очевидным, является теория формирования, строения и эволюции тесных двойных систем. Ряд исследований таких объектов, выполненных в последнее время на кафедре астрономии КГУ, представлен нами ниже.

### 2 Результаты

Предкатаклизмические переменные (ПП) являются недавно выделенным (Риттер, 1986), компактным (около 70 членов) классом тесных двойных систем, включающих нормальные, холодные звезды и горячие остатки эволюции их спутников – белые карлики или голубые субкарлики. Характерной особенностью объектов является отсутствие прямого механического взаимодействия компонент при их тесной близости. В этих условиях главным фактором, влияющим на наблюдаемые характеристики систем, оказываются эффекты отражения, вызванные поглощением и переработкой излучения горячей компоненты на поверхности холодной. Такие эффекты приводят к появлению периодических колебаний блеска звезд и к появлению в спектрах эмиссионных линий. Методика точного моделирования эффектов отражения, разработанная на

кафедре астрономии (Сахибуллин, Шиманский, 1997), позволила превратить их из серьезного препятствия на пути исследования ПП в мощный инструмент анализа. Для практической реализации методики в 1999-2005 гг. на 6-м и 1-м телескопах САО РАН и 1.5-м телескопе РТТ КГУ выполнены масштабные спектроскопические и фотометрические наблюдения более 10 ПП разных типов, а так же более 20 кандидатов в такие объекты. Анализ полученных данных показал, что необходима внутренняя классификация систем на старые ПП, содержащие остывающие белые карлики, и молодые ПП с субкарликами В-типа ( $T_{eff} = 20000-40000K$ ) и О-типа ( $T_{eff} = 40000-130000K$ ). Такая классификация подтверждается наблюдаемыми свойствами звезд, их физическим состоянием и связью с предыдущей и последующей фазой эволюции ПП. При исследовании членов каждой из названных групп мы пришли к следующим выводам.

1) Формирование излучения всех ПП происходит, главным образом, под действием эффектов отражения. Влияние звездного ветра, внутренних магнитных полей звезд, горизонтального переноса энергии на их поверхностях для систем с температурой горячих компонент выше  $T_{eff} = 20000K$  незначительно.

2) Старые ПП (**MS Peg**, **LM Com**, **HR Cam**, **EG UMa**) не имеют следов влияния предшествующей фазы эволюции – фазы общей оболочки, их вторичные компоненты находятся в спокойном состоянии с параметрами, характерными для звезд Главной Последовательности. Моделирование эффектов отражения, спектров и кривых блеска старых ПП может адекватно выполняться в рамках приближения термодинамического равновесия в атмосферах звезд. Полученные таким образом фундаментальные параметры старых ПП имеют наиболее высокий уровень точности. Дополнительно нами предложен и реализован новый метод поиска и идентификации таких объектов на основе спектроскопических наблюдений линии  $SiI \lambda 3905\text{\AA}$ . В результате обнаружена новая система **PG 2200+085** с орбитальным периодом  $P_{orb} = 0.^d316$ , принадлежащая к типу старых ПП, с массивной вторичной компонентой К-класса и белым карликом без признаков водородных линий в спектрах.

3) Исследование кривых блеска молодых ПП с В-субкарликами (**HW Vir**, **NY Vir**), выполняемое с учетом эффектов несферичности компонент и отражения, позволяет аккуратно определить только часть их фундаментальных параметров. Однако отсутствие в спектрах систем линий, связанных с излучением вторичных компонент, создает серьезную трудность на пути их всестороннего изучения. Разработанный нами метод тонкого анализа профилей водородных линий с выявлением в них слабых эмиссий позволит в дальнейшем разрешить данную проблему, что подтверждено последними наблюдениями молодой ПП **AA Dor**. В результате поиска молодых ПП с В-субкарликами обнаружена новая тесная система **PG 1000+408** с орбитальным периодом  $P_{orb} = 1.^d04114$ , состоящая из двух вырожденных объектов.

4) Моделирование эффектов отражения в молодых ПП с О-субкарликами (**V664 Cas**, **V477 Lyr**, **BE UMa**) позволило впервые непосредственно на основе анализа наблюдательных данных изучать их физическое состояние и определять полные наборы фундаментальных параметров. При этом обнаружено, что холодные компоненты всех систем находятся в возбужденном состоянии со светимостью, превышающей нормальную до 20 раз! Этот факт свидетельствует об остаточном влиянии фазы общей оболочки на современное состояние молодых ПП. Сравнение характеристик вторичных компонент 10 молодых ПП показывает уменьшение их избыточной светимости с увеличением времени существования систем после сброса общей оболочки при среднем периоде полуохлаждения около 150000 лет. Одновременно нами обнаружены эффекты поглощения оптического излучения молодых ПП в плотных планетарных туманностях, приводящие к формированию двухпиковых профилей бальмеровских линий. Исследования спектров малоизученных ядер планетарных туманностей позволило открыть молодую ПП с орбитальным периодом  $P_{orb} = 1.^d0036$  в туманности **Abell 65**.

Таким образом, на основе методики моделирования эффектов отражения нами определены фундаментальные параметры ряда ПП в каждой из групп, установлен эволюционный статус 4 слабоизученных объектов, а так же открыты 3 новые ПП разных типов. Кроме того, в процессе работы созданы методы анализа наблюдательных данных наивысшего качества. Получение подобных данных становится возможным только с внедрением на современных телескопах

фотометров с матрицами глубокого охлаждения и редукторов светосилы. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 02-02-17174, 05-024-17744).

## Литература

Ritter H. // A&A. 2003. V. 404. P. 301.

Сахибуллин Н.А., Шиманский В.В. // Астрон. журн. 1997. Т. 74. С. 432.

Шиманский В.В. // Астрон. журн. 2002. Т. 79. С. 145.

Шиманский В.В., Борисов Н.В. // Астрон. журн. 2002. Т. 79. С. 450.

Шиманский В.В., Борисов Н.В., Сахибуллин Н.А., Сулейманов В.Ф., Ступалов М.С. // Астрон. журн. 2002. Т. 79. С. 726.

Шиманский В.В., Борисов Н.В., Шиманская Н.Н. // Астрон. журн. 2003. Т. 80. С. 830.

Шиманский В.В., Борисов Н.В., Сахибуллин Н.А., Сурков А.Е. // Астрон. журн. 2004. Т. 81. С. 620.