

УДК 524.338.3

## **СИМБИОТИЧЕСКИЕ ЗВЕЗДЫ: ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ**

**А. М. Татарников**

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга  
МГУ им. М.В.Ломоносова

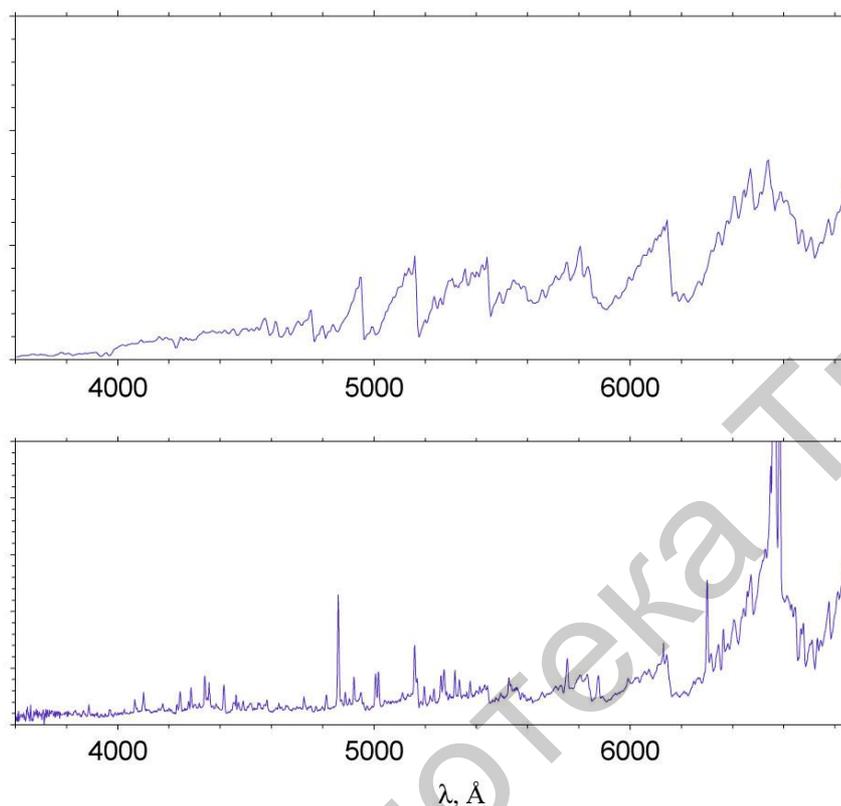
Проведен краткий исторический обзор исследований симбиотических звезд и рассмотрены нерешенные проблемы строения и эволюции симбиотических систем.

***Ключевые слова:** симбиотические звезды, строение симбиотических систем, эволюция симбиотических систем*

**Введение.** Симбиотические звезды представляют собой особый класс тесных двойных систем, в спектрах которых наряду с линиями и полосами поглощения, характерных для холодных звезд, наблюдаются эмиссионные линии, характерные для спектров планетарных туманностей. При этом симбиотические звезды представляют собой кратковременный, но чрезвычайно важный и богатый своими астрофизическими проявлениями этап в эволюции двойных звездных систем умеренных масс с начальными периодами обращения 1-100 лет.

Присутствие в одной системе таких разных объектов, как холодный гигант и горячий карлик, активный обмен веществом, газовая (а в некоторых системах и газопылевая) туманность с сильно различающейся плотностью вещества и степенью ионизации, все это вместе дает возможность изучения целого ряда явлений. Симбиотические звезды выступают в роли своеобразных физических лабораторий, позволяющих изучить различные аспекты эволюции звезд в двойных системах.

Симбиотические звезды делятся на несколько групп. Существует несколько критериев такого деления. Основной (и первый исторически сложившийся) – характер активности горячего компонента, связанный в свою очередь с характером потери вещества холодным компонентом. По этому признаку симбиотические звезды делятся на 1) классические симбиотические звезды (время от времени наблюдаются вспышки с амплитудой до 3 звездных величин), 2) симбиотические новые (за всю историю наблюдений наблюдалась одна сильная новоподобная вспышка, период возвращения к исходному уровню блеска – сотни лет), 3) повторные (рекуррентные) симбиотические новые (наблюдалось несколько очень сильных вспышек), 4) пекулярные симбиотические звезды, 5) симбиотические звезды с неактивным горячим компонентом (отсутствие вспышек).



Спектр нормального красного гиганта спектрального класса М6III (верхний график) и спектр симбиотической звезды V407 Лебедя. На фоне излучения холодного компонента на нижнем графике хорошо видны линии излучения туманности.

Еще один критерий связан с наличием (D-тип) или отсутствием (S-тип) пылевой оболочки вокруг системы. К первому типу принадлежат ~80%, а ко второму – около 20% известных симбиотических звезд.

Существует так же модельная классификация симбиотических (предложена Пачински и Рудак в 1980 г.), основанная на темпе аккреции вещества горячим компонентом и причине возникновения вспышки. Симбиотические звезды *типа I* (прототип – классическая симбиотическая звезда Z Андромеды) аккрецируют вещество из ветра холодного компонента, которое постоянно и устойчиво горит на его поверхности. При этом вспышки классических симбиотических звезд вызываются относительно небольшими флуктуациями темпа аккреции. У звезд *типа II* (прототип – симбиотическая новая V1016 Лебедя), напротив, аккреция идет медленно, и вспышка получается в результате начала горения водорода в образовавшейся у горячего компонента водородной оболочки.

В последние десятилетия вышло несколько каталогов симбиотических звезд: каталог Аллена (1984), каталог Кениона (1986) и каталог Бельчински и др. (2000). Первый из них содержит сведения о 129 симбиотических звездах и 15 кандидатах в этот класс переменных звезд, второй – о 133 симбиотических звездах и 20 кандидатах, третий – о 188 симбиотических звездах и 30 кандидатах в них. Таким образом, в настоящее время известно около 200 симбиотических звезд (небольшая часть из них находится в Магеллановых облаках).

**Начало исследований симбиотических звезд.** Впервые несколько звезд с сочетанием спектра, характерного для М-гигантов, с эмиссионными линиями, характерными для планетарных туманностей, были отобраны в отдельную группу Энни Джамп Кэннон из Гарвардской обсерватории в ходе работы над составлением каталога HD (*Henry Drapper Catalogue*) в начале XX века (сам каталог был издан в 1918 – 1924 гг.). По-видимому, одними из первых звезд, попавшими в эту группу, были звезды Z Андромеды, AG Пегаса и Т Северной Короны. Эти звезды, а также еще несколько похожих объектов, отмеченные немного позже в ходе других спектральных обзоров, начали изучаться отдельными астрономами-энтузиастами. Как образно выразился известный астрофизик Дэвид Аллен в 1987 г. во вступительной речи на конференции "*The symbiotic phenomenon*", в 20-ых годах симбиотические звезды представлялись «утконосами в звездном зоопарке» (Аллен, 1988).

Исторически, начало исследования симбиотических звезд (правда, в то время еще не имевших этого названия) совпало с активными наблюдениями планетарных туманностей и попытками понять их природу. С точки зрения внешнего вида спектра этих объектов, у них было много общего. В частности, и там и там наблюдались линии неизвестного земной науке элемента – *небулия*, гипотетического химического элемента, введенного в науку во второй половине XIX века как раз для объяснения ярких линий излучения, присутствовавших в спектрах некоторых туманных объектов. Отсутствие решения этой общей проблемы отождествления линий с известными химическими элементами в какой-то мере сдерживало и развитие представлений о природе симбиотических звезд. В 1927 г. американский астрофизик А. Боуэн доказал, что небулярные линии представляют собой так называемые запрещенные линии ионов кислорода, серы, азота, аргона и др. Оказалось, что яркие запрещенные линии могут образовываться только в очень разряженной среде. Концентрация электронов, а значит и протонов, в ней составляет  $10^4$ - $10^8$  частиц/см<sup>3</sup>. Для сравнения концентрация частиц в солнечной хромосфере  $10^{13}$  см<sup>-3</sup>. Это дало толчок к прогрессу в области изучения планетарных туманностей с одной стороны, и позволило получить

некоторые представления о плотности газа в окрестностях симбиотических звезд, с другой.

**История появления названия "симбиотические звезды".** Интересно проследить за историей появления термина "симбиотическая звезда". В 1912 г. вышла статья Вильямина Флеминг, в которой были опубликованы результаты исследований переменных звезд разных типов "*Stars having peculiar spectra*" (Флеминг, 1912), выполненных по оригинальным многолетним наблюдениям сначала в Кембридже, а затем в Перу с небольшим 20-сантиметровым телескопом, оснащенный объективной призмой. В список программных объектов попали как известные к тому моменту переменные звезды, так и открытые в ходе описываемых работ. В статье Флеминг приведены звезды самых разных типов, например, звезды с яркими эмиссионными линиями водорода, Ве-звезды, Новые звезды и др. В том числе и те, что в последствии будут названы симбиотическими звездами. В какую-либо отдельную группу эти звезды еще не оформлены и, соответственно, названия еще не получили (получив лишь обычное для всех переменных звезд обозначение).



*Вильямина Флеминг  
(1857 – 1911)  
© wikipedia.org*

Звездой с «пекулярным спектром» называется симбиотическая звезда R Водолея и в работе одного из самых известных исследователей симбиотических звезд первой половины XX века Пауля Меррилла, опубликованной в 1919 г. Тем не менее, уже в это время рассматриваемые нами звезды начали выделять в некоторую отдельную группу, но, делали это просто посредством указания списка родственных объектов (малое количество объектов – менее десятка, это позволяло сделать).

В конце 20-ых годов для обозначения симбиотических звезд начали использовать термин «звезды с комбинационным спектром», который уже явно выделял характерную особенность данной группы объектов – спектр, как бы составленный из двух независимых спектров (холодного объекта с полосами окиси титана TiO и туманности). Это

название стало широко применяться всеми авторами, работающими в этой области.

Наконец, в 1942 г. вышла статья П. Меррилла "*The spectrum of BD+11°4673 during the years 1937-1941*" (Меррилл, 1942), в которой, по всей видимости, впервые, использован термин "симбиотический" объект ("*symbiotic*" object), со словом симбиотический в кавычках. Он встречается в тексте три раза, в основном же применяется традиционное название "звезда с комбинационным спектром". Предложенное в указанной работе новое название группы звезд, похоже, осталось незамеченным ни современниками автора, ни последующими исследователями истории астрономии. В работах 40-ых годов больше оно нигде не встречается, а в поздних исторических исследованиях приводится другая, более поздняя статья Меррилла, в которой был использован термин "симбиотический".



Пауль Меррилл  
(1887 – 1961)

Тем не менее, именно в статье 1942 года приводится причина применения слова "симбиотический" к рассматриваемому объекту. Меррилл пишет, что обнаружил явную взаимную зависимость между изменениями эмиссионного спектра высокого возбуждения и молекулярных полос: "... *these spectral features are related in some curious interdependent (symbiotic) manner*". Это подтверждается и у другого известного исследователя симбиотических звезд С. Кениона (Кенион, 1986). В своей книге "*The symbiotic stars*" он приводит слова Меррилла из книги "*Etoiles a raies d'emission*" (вышла в 1958 году на французском языке, но в данной главе описываются события 1941 года): "как два на вид враждебных звездных компонента, холодный красный гигант и маленький горячий компонент, казалось, живут в общей гармонии (хотя и с редкими разногласиями)" ("*...since two seemingly hostile stellar components, a cool red giant and a small hot companion, seemed to live in general harmony (although with occasional disagreements)*").

Окончательно термин "симбиотические" звезды прижился в астрофизике к концу 50-ых годов XX века. В 1958 году он впервые

появляется в заголовке научной статьи ("*MWC 603, a High-Velocity Symbiotic Star*") в серьезном журнале и наконец-то избавляется от кавычек. Одновременно, со сцены быстро сходит старое название "звезды с комбинационным спектром" (после середины 50-ых годов оно уже не встречается в абстрактах и названиях публикаций).

**Модели симбиотических звезд.** Несмотря на достаточно полное общее понимание природы симбиотических звезд, дать точное определение тому, что же такое симбиотическая звезда непросто. Исторически так сложилось, что переменная звезда относится к одному из типов переменных звезд путем сравнения ее с заданными прототипами. Для симбиотических звезд основным таким прототипом является Z Андромеды (предложен Мерриллом в первой половине XX столетия). Однако, разнообразие явлений, встречающихся у симбиотических звезд, привело к попыткам усовершенствовать такую простую классификационную схему. В разные годы предлагались такие дополнительные признаки, как неправильная оптическая переменность, присутствие в спектре линий излучения ионов с потенциалом ионизации выше 55 эВ, наконец, просто, уже в 1982 году было предложено относить к симбиотическим звездам все те объекты, которые не могут быть классифицированы как-то иначе.

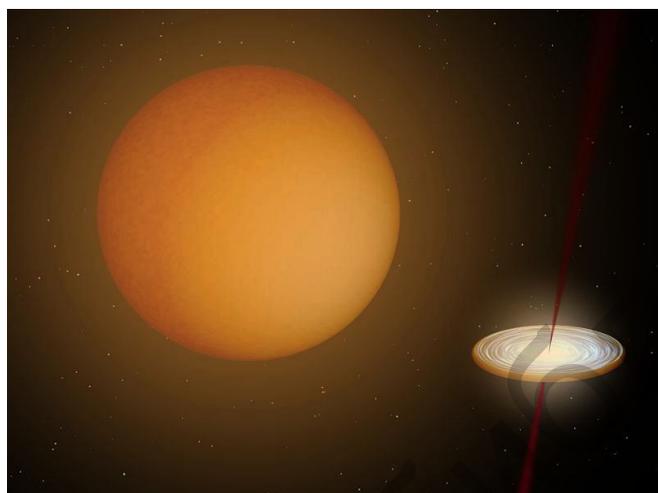
В конечном счете, были выработаны следующие наблюдательные критерии для отбора симбиотических звезд: 1) присутствие абсорбционного спектра, характерного для гигантов поздних спектральных классов; 2) либо присутствие ярких эмиссионных линий водорода и гелия; 3) либо присутствие ярких линий ионов с потенциалом ионизации больше 20 эВ; 4) и, отдельно для симбиотических новых во время вспышки – присутствие континуума спектрального класса А-Е.

Попытки выяснить природу симбиотических звезд и их эволюционный статус предпринимались на протяжении нескольких десятков лет. В настоящее время двойственность симбиотических звезд не вызывает сомнений. Мы рассмотрим этот вопрос ниже, а здесь лишь перечислим другие гипотезы, предлагавшиеся в разное время для объяснения явлений, наблюдавшихся у переменных звезд этого типа:

- 1) Гипотеза холодной звезды, окруженной плотной горячей короной.
- 2) Гипотеза горячей звезды, окруженной плотной холодной оболочкой.
- 3) Гипотеза холодной звезды с очень сильным магнитным полем и пятнами, которая активно теряет вещество.
- 4) Гипотеза аномальной хромосферной и корональной активности холодной звезды.

Появление альтернативных гипотез было вызвано в первую очередь отсутствием практически до 60-ых годов 20 века наблюдаемых периодических вариаций блеска и лучевых скоростей у симбиотических звезд. Такие колебания блеска должны были бы наблюдаться у значительной части симбиотических звезд, если гипотеза их двойственности верна. В частности, это связано с тем, что один из компонентов системы представляет собой красный гигант, имеющий большие размеры. Из-за этого, затмения компонентов друг другом должны наблюдаться в диапазоне углов наклона орбиты около  $70-90^\circ$  (т.е., при случайной ориентации орбит, практически у четверти всех известных систем).

**Двойственность симбиотических звезд.** В 20-30-ые годы прошлого века было обнаружено несколько объектов с симбиотическим (или как тогда писали "комбинационным") характером спектра – Z Андромеды, AG Пегаса, Т Северной Короны и R Водолея. Позднее к



Одна из моделей симбиотической звезды глазами художника (красный гигант не заполняет свою полость Роша, аккреция вещества на горячий компонент идет из звездного ветра гиганта через образование аккреционного диска)

предложенная для описания звезд данного типа, и именно она оказалась верной.

В настоящее время наиболее популярны модели симбиотических звезд, основанные на модели двойной звезды, описывающие в той или иной степени феномен «симбиотическая звезда». Впервые такая модель была подробно описана в работах Боярчука (1967, 1970). Он получил хорошее согласие между теоретическим и наблюдаемым

ним присоединились AX Персея, CI Лебеда и RW Гидры (см. например, работу Меррилла и Хьюмансона, 1932) и др. Все они были выделены в отдельный класс переменных звезд. Берман (1932) по результатам измерений лучевых скоростей Т Северной Короны впервые предложил модель двойной звезды для описания наблюдавшихся особенностей у звезд с комбинационным спектром. Это была первая модель,

распределением энергии в спектрах нескольких симбиотических звезд в модели, состоящей из красного гиганта, компактной горячей звезды с  $T_{\text{eff}}=100000\text{K}$  и ионизованной туманности с электронной плотностью  $>10^6 \text{ см}^{-3}$ . Тукуков и Юнгельсон (1976) предположили, что горячим компонентом симбиотической звезды может быть углеродно-кислородный карлик, вспышки которого связаны с возгоранием на его поверхности водородной оболочки, собранной им из звездного ветра холодного компонента. Модель Боярчука была развита в работе Кениона и Веббинка (1984). Они расширили модель, рассмотрев другие возможные типы горячего компонента, например, пограничный слой аккреционного диска при аккреции на звезду главной последовательности.

Хотя модель симбиотической звезды как двойной звездной системы давно уже не вызывает сомнений, прямые свидетельства в пользу двойственности этих звезд в виде характерных кривых лучевых скоростей до сих пор удалось получить лишь для небольшого числа систем (да и то, для большей части систем такие кривые получены только для холодного компонента, что делает невозможным прямое определение масс компонентов). Так, до 70-ых годов XX столетия кривые лучевых скоростей были получены всего для нескольких звезд. В 80-90-ых годах к ним прибавилось еще десять объектов. Позднее Фекел и др. в серии работ 2000-2001 гг. (см., например, последнюю из них – Фекел и др., 2001) добавили к этому списку еще около полутора десятка звезд, а в 2004 г. вышла статья Джоанны Миколаевска с результатами исследования нескольких симбиотических звезд из Магеллановых облаков (Миколаевска, 2004). Согласно современным данным, основанным, в первую очередь, на фотометрических наблюдениях, орбитальные периоды симбиотических звезд лежат в широком интервале значений – от  $\sim 200$  суток (ТХ Гончих Псов, Т Северной Короны) до десятков лет (например, PU Лисички и СН Лебедя).



Туманность вокруг симбиотической звезды R Водолея

©Anglo-Australian Observatory

Другим надежным свидетельством двойственности симбиотических звезд стал вид спектров этих объектов в УФ-диапазоне, полученных спутником *International Ultraviolet Explorer* (IUE). На них непосредственно видно излучение горячего компонента, хорошо аппроксимирующееся кривой излучения абсолютно черного тела с температурой  $\sim 10^5$  К. Спутник работал на орбите с 1978 по 1996 гг. и на нем специально выделялось время для изучения симбиотических звезд, особенно затменных во время затмения горячего компонента, когда можно было в деталях изучить процесс изменения вида спектра из-за затмения сначала ионизированной оболочки, а потом и самой звезды. С начала 80-ых годов и до сих пор публикуются статьи с результатами анализа IUE-спектров симбиотических звезд.

**Исследование симбиотических звезд в России.** Начало систематических исследований симбиотических в нашей стране связано, прежде всего, с именем академика Александра Алексеевича Боярчука (род. 21.06.1931). Он начал заниматься научной деятельностью после окончания Ленинградского университета в 1953 г. Основной темой его работ является физика звезд. Работая в Крымской астрофизической обсерватории (КрАО) АН СССР, он в середине 60-ых годов разработал и обосновал модель симбиотической звезды как двойной звездной системы, в состав которой входит холодный компонент (красный гигант) и горячий компонент (горячий карлик) (Боярчук, 1967, 1970). На основе этой модели им были получены оценки основных параметров компонентов симбиотических звезд – масса, температура и радиус. За серию научных работ по теме "Симбиотические звезды" А.А. Боярчук был награжден в 2001 году премией им. Ф. А. Бредихина, которая присуждается РАН за выдающиеся работы в области астрономии.



Академик РАН  
А. А. Боярчук

До начала 80-ых годов основные наблюдения и исследования симбиотических звезд в СССР велись на базе КрАО (Т.С. Белякина, А.А. Боярчук, Р.Е. Гершберг). Эти наблюдения (фотометрия и спектроскопия) проводились в оптическом диапазоне длин волн.

С конца 70-ых – начала 80-ых годов XX столетия центр исследований симбиотических звезд в СССР переместился в Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга (ГАИШ МГУ). Наблюдательной базой, на которой проводятся все астрономические



125-см телескоп Крымской лаборатории ГАИШ МГУ с дифракционным звездным спектрографом (фото автора)

наблюдения по этой тематике, стала Крымская лаборатория ГАИШ, расположенная рядом с КрАО. В ГАИШ был значительно расширен спектральный диапазон, в котором проводятся наблюдения. В институте был разработан и изготовлен уникальный по своим параметрам инфракрасный фотометр (на диапазон длин волн 0.36 – 5 мкм), охлаждаемый жидким азотом (Наджип и др., 1986).

С многочисленными усовершенствованиями он работает до сих пор, превратившись в современный

компьютеризированный наблюдательный комплекс. В инфракрасном диапазоне наблюдают В.И. Шенаврин, О.Г. Таранова, А.М. Татарников и Б.Ф. Юдин (1949 – 2004). В оптическом диапазоне работают Е.А.Колотилов и В.П.Архипова (фотометрия), В.Ф.Есипов (спектроскопия). Помимо этого В.П.Архипова, О.Г. Таранова, А.А. Татарникова, А.М.Татарников и Б.Ф.Юдин занимаются интерпретацией результатов наблюдений, проведением модельных расчетов симбиотических систем. Ими была открыта затменная природа кривых блеска нескольких симбиотических звезд, найдены околозвездные пылевые оболочки в нескольких системах, обнаружен эффект эллипсоидальности у некоторых холодных компонентов, что говорит о близости этих звезд к заполнению своей полости Роша. Степень заполнения полости Роша имеет решающее значение при построении теоретических моделей, описывающих поведение системы, как в спокойном, так и в активном состояниях. В 1989 г. Б.Ф.Юдин защитил докторскую диссертацию на тему «Нестационарные явления в

симбиотических звездах», в которой представил результаты многолетних исследований симбиотических систем, в том числе не известных ранее.

Центр теоретических исследований симбиотических звезд в нашей стране находится в Институте астрономии РАН. С середины 70-ых годов А.В. Тугуковым и Л.Р. Юнгельсоном в нем ведутся работы



Б. Ф. Юдин  
(1949 – 2004)

по изучению эволюции симбиотических звезд как двойных звездных систем. В 1976 году они написали работу "К вопросу о происхождении и эволюционной стадии симбиотических звезд". В ней впервые предложен на роль горячего компонента симбиотической звезды углеродно-кислородный карлик, вспышки которого связаны с возгоранием на его поверхности водородной оболочки. В 1983 году вышла работа Тугукова и Юнгельсона (1983) "О природе симбиотических звезд", в которой они анализируют условия, необходимые для возникновения феномена симбиотической звезды, и место симбиотических звезд в общем сценарии эволюции двойной системы.

Ими проделана большая работа по теоретическому исследованию возможных причин возникновения вспышек симбиотических новых и классических симбиотических звезд.

С середины 90-ых годов вернулся к изучению симбиотических звезд и А.А. Боярчук. В институте астрономии РАН, научным руководителем которого он является, активно работает группа исследователей (Д.В. Бисикало, А.А. Боярчук, О.А. Кузнецов, В.М. Чечеткин, Е.Ю. Кильпио), занимающихся проведением газодинамических расчетов переноса вещества в двойных системах, в том числе, и в симбиотических звездах.

#### **Нерешенные проблемы физики симбиотических звезд.**

В настоящее время можно выделить три основные проблемы, решение которых значительно расширит наши представления о строении и эволюции симбиотических звезд: 1) степень заполнения холодным компонентом своей полости Роша у симбиотических звезд разных типов; 2) причина вспышек классических симбиотических звезд (наиболее многочисленной группы); 3) отсутствие ясности в вопросе о

месте симбиотических звезд в общем сценарии эволюции двойных систем. Все это усугубляется большими ошибками в оценках основных параметров симбиотических систем – массах и светимостях компонентов, вызванными отсутствием надежных оценок расстояний до этих объектов и сложностью определения скоростей горячих компонентов.

Степень заполнения холодным компонентом полости Роша ключевым образом влияет на поведение двойной системы в целом. От нее зависит, каким именно образом будет терять вещество холодный компонент – через звездный ветер (темп потери вещества зависит от параметров холодного компонента и составляет для большинства звезд в среднем  $10^{-7} M_{\odot}/\text{год}$ ) или через внутреннюю точку Лагранжа (темп потери вещества может превышать  $10^{-5} M_{\odot}/\text{год}$ ). До последнего времени большинство исследователей считало, что холодные компоненты классических симбиотических звезд не заполняют свои полости Роша (см., например, Фекел и др. (2001, 2002) и Шилд и др. (2001)). На конференции "*Symbiotic stars probing stellar evolution*", прошедшей в 2002 г. на Канарских островах, один известный исследователь симбиотических звезд, выйдя на трибуну, решительно написал на доске "Холодные компоненты классических симбиотических звезд не заполняют свои полости Роша!", после чего начал свой доклад. Однако в последнее время, начинает появляться все больше свидетельств в пользу обратного (см., например, Миколаевска Дж. (2004), Юдин и др. (2005), Рутковски и др. (2007)).

Гипотез о причинах возникновения вспышек у классических симбиотических звезд за все годы их исследования было выдвинуто немало. Считается, что в спокойном состоянии на поверхности белого карлика идет постоянное термоядерное горение аккрецируемого вещества холодного компонента. И вспышка происходит из-за вариации темпа потери вещества холодным компонентом или нестабильности переноса вещества в аккреционном диске.

Возможны два случая. Первый: в случае падения темпа аккреции ниже некоторой критической величины горение затухает и вновь падающее вещество накапливается на поверхности, а возгорание накопленной материи будет происходить в виде новоподобной вспышки большой амплитуды и длительности (звезда проявит себя как симбиотическая новая). И второй: в случае если темп аккреции повысится, то падающее вещество не будет участвовать в горении, а образует псевдофотосферу большого радиуса и невысокой температуры (соответствующей сверхгиганту спектрального класса А-F) – происходит вспышка классической симбиотической звезды.

Одна из основных проблем, связанных с таким сценарием развития циклов активности классических симбиотических звезд –

слишком узкий диапазон допустимого темпа аккреции вещества в спокойном состоянии. Например, для белого карлика массой  $0.6 M_{\odot}$  (горячий компонент Z Андромеды) допустимый темп аккреции лежит в пределах от  $\approx 2 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{год}$  до  $\approx 4.5 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{год}$  (Пачински и Рудак, 1980). Получается, что самый населенный класс симбиотических звезд должен был бы быть самым редко встречающимся.

Один из выходов в сложившейся ситуации – образование своеобразного буфера между холодным и горячим компонентом, который будет накапливать вещество из ветра гиганта, выдавая его с необходимой скоростью горячему компоненту. Таким буфером является аккреционный диск, образующийся вокруг горячего компонента. При этом вспышки могут вызываться либо возникновением неустойчивости в диске и выпадением части накопленного вещества на поверхность белого карлика (см., например, Соколки и др. 2006), либо полным разрушением диска с выпадением всего вещества (см. работу Бисикало и др. (2006) и ссылки в ней). Модельные расчеты, проведенные Бисикало и др., подтверждают, что разрушение аккреционного диска способно объяснить как временные, так и энергетические особенности, наблюдаемые при вспышках классических симбиотических звезд. Более того, учет взаимодействия ветров от горячего и холодного компонентов (модель взаимодействующих ветров), позволил Бисикало и др. объяснить наблюдающиеся особенности на кривых блеска вспышки Z Андромеды.

Тем не менее, приведенная модель пока не нашла окончательного подтверждения, т.к. не удалось найти признаков наличия аккреционного диска у Z Андромеды во время спокойного состояния.

Помимо этого, существуют звезды, по всем параметрам относящиеся к классическим симбиотическим звездам, но не показывающие характерной для них вспышечной активности на протяжении всего периода наблюдений (например, V443 Геркулеса).

И наконец, одним из самых интригующих вопросов эволюции симбиотических звезд – вопрос об их месте в звездной эволюции. Еще в работе Тугукова и Юнгельсона (1976) была рассмотрена эта проблема, определена "область существования" феномена симбиотической звезды и получены оценки количества этих звезд в Галактике (~1000 систем). Однако результаты численного моделирования эволюции двойных звезд не дают, например, удовлетворительного объяснения распределения систем по орбитальным периодам.

О важности места симбиотических звезд в общем сценарии эволюции двойных говорит и тот факт, что в последнее время симбиотические звезды с массивным белым карликом в качестве горячего компонента, как пример – повторная новая T Северной

Короны, все чаще рассматриваются в качестве кандидатов на роль предшественников сверхновых звезд I типа (одними из первых на такую возможность указали Тутуков и Юнгельсон, 1976).

Как видно из вышеприведенного, симбиотические звезды в настоящее время привлекают к себе внимание в связи с самыми разными вопросами звездной эволюции. Это сложные и привлекательные объекты исследования, как для наблюдателей, так и для теоретиков.

#### **Список литературы**

1. Аллен (Allen D.A.) A catalogue of symbiotic stars //Proc. Astron. Soc. Aust. 1984. V. 5. P. 369.
2. Аллен (Allen D.A.) //A perspective on the Symbiotic Stars. International Astronomical Union. Colloquium 103. 1987. Torun, Poland. Ed. J. Mikolajewska. 1988. P. 3–11.
3. Бельчински и др. (Belczynski K., Mikolajewska J., Munari U., Ivison R.J., Friedjung M.) A catalogue of symbiotic stars //Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 2000. V. 146. P. 407.
4. Берман (Berman L.) The spectrum and temperature of T Coronae (Nova 1866) //PASP. 1932. V. 44. P. 318.
5. Бисикало и др. (Бисикало Д.В., Боярчук А.А., Кильпио Е.Ю., Томов Н.А. и Томова М.Т.) Исследование процесса развития вспышки в классической симбиотической звезде Z And в рамках модели сталкивающихся ветров //Астрон. Ж. 2006. Т. 83. С. 809.
6. Боярчук А.А. О двойственности Z And //Астрон. Ж. 1967. Т. 44. С. 1016.
7. Боярчук А.А. Симбиотические звезды //В книге: Эруптивные звезды. 1970. С. 113-156.
8. Кенион (Kenyon J.S.) The symbiotic stars //Cambridge University Press. Cambridge. 1986.
9. Кенион и Веббинк (Kenyon S.J., Webbink R.F.) The nature of symbiotic stars //Astron. J. 1984. V. 279. P. 252.
10. Крат В.А. //Курс астрофизики и звездной астрономии. ред. А.А. Михайлов. Т. II. изд. физ.-мат. лит. 1962. С. 134.
11. Куто П. Наблюдения визуально-двойных звезд //Изд. «Мир». 1981. С. 18.
12. Меррилл (Merrill P.W.) The spectrum of BD+11°4673 during the years 1937–1941 //Ap. J. 1942. V. 95. P. 386.
13. Меррилл и Хьюмансон (Merrill P.W. and Humason M.L.) A bright line of ionized helium,  $\lambda 4686$ , in three stellar spectra with titanium bands //PASP. 1932. V. 44. P. 56.
14. Миколаевска (Mikolajewska J.) Symbiotic stars in the Magellanic clouds //RevMexAA. 2004. V. 20. P. 33.

15. Наджип и др. (Наджип А.Э., Шенаврин В.И. и Тихов В.Г.) Новый инфракрасный InSb-фотометр ГАИШ //Труды ГАИШ. 1986. Т. 59. С. 119.
16. Пачински и Рудак (Paczynski B. and Rudak B.) Symbiotic stars – Evolutionary Considerations //Astron. and Astrophys. 1980. V. 82. P. 349.
17. Пустыльник И. О ранней истории разрешения парадокса Алголя //Статья в сборнике «Двойные звезды» под ред. Масевич А.Г. 1997. С. 6–17.
18. Рутковски и др. (Rutkowski A., Mikołajewska J. and Whitelock P.) Modeling Light Curves of Symbiotic Stars //Balt. Astron. 2007. V. 16. P. 49.
19. Соколоски и др. (Sokoloski J. L., Kenyon S. J., Espey B. R., et al) A "Combination Nova" Outburst in Z Andromedae: Nuclear Shell Burning Triggered by a Disk Instability //Astriphys. J. 2006. V. 636. P. 1002.
20. Тутуков А.В., Юнгельсон Л.Р. К вопросу о происхождении и эволюционной стадии симбиотических звезд //Астрофизика. 1976. Т. 12. С. 521–530.
21. Тутуков А.В., Юнгельсон Л.Р. О природе симбиотических звезд //НИ. Сер. Астрофизика. 1983. Т. 52. С. 107–115.
22. Фекел и др. (Fekel F.C., Hinkle K.H., Joyce R.R., Skrutskie M.F.) Infrared Spectroscopy of Symbiotic Stars. III. First Orbits for Three S-Type Systems //Astron. J. 2001. V. 121. P. 2219.
23. Фекел и др. (Fekel F.C., Hinkle K.H. and Joyce R.R.) Rotational Velocities of Symbiotic stars //ASP Conference Proceedings. 2003. V. 303. P. 113.
24. Флеминг (Fleming W.P.) Stars having peculiar spectra //Annals of Harvard College Observatory. 1912. V. LVI. N. VI.
25. Шилд и др. (Schild H., Dumm T. et al) High resolution spectroscopy of symbiotic stars. VI. Orbital and stellar parameters for AR Pavonis //Astron. and Astrophys. 2001. V. 366. P. 972.
26. Юдин и др. (Юдин Б.Ф., Шенаврин В.И., Колотилев Е.А., Татарникова А.А., Татарников А.М.) ИК-фотометрия симбиотической звезды BF Cyg: открытие эллипсоидальной переменности блеска холодного компонента //Астрон. ж. 2005. Т. 82 С. 262.

**SYMBIOTIC STARS: HISTORY OF THE RESEARCH AND  
UNSOLVED PROBLEMS**

**A. M. Tatarnikov**

Lomonosov Moscow State University  
Sternberg State Astronomical Institute

A short overview of the studies of symbiotic stars is given and unsolved problems of the structure and evolution of symbiotic systems are considered

**Keywords:** *symbiotic stars, symbiotic systems structure, evolution of symbiotic systems*

*Об авторах:*

ТАТАРНИКОВ Андрей Михайлович – научный сотрудник государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В.Ломоносова, 119899, Москва, Университетский проспект, 13, МГУ, ГАИШ.