

Рис. 1. Продукты эволюции компонентов тесных двойных звёзд в зависимости от исходной массы донора M_d и расстояния между компонентами a в момент заполнения полости Роша. Заштрихована область, возможно занимаемая предшественниками кислородно-неоново-магниевого белых карликов.

В эволюции Т. д. з. важную роль играет поведение аккректора. Расчёты показывают, что если характерное время аккреции меньше характерного теплового времени оболочки аккректора, энергия, выделяющаяся при аккреции, не успевает высвечиваться, тепловое равновесие оболочки нарушается, светимость и радиус звезды значительно возрастают, аккректор может заполнить свою ПР и прийти в контакт с донором. Заполнение аккректором ПР возможно также в случае, когда скорость аккреции превосходит величину, соответствующую критической светимости. Этот фактор играет особенно важную роль в эволюции Т. д. з., в к-рых аккректорами являются белые карлики, нейтронные звёзды или чёрные дыры. В итоге у системы может возникнуть общая оболочка. Исследование систем с общими оболочками находится в зачаточном состоянии из-за сложности процессов, к-рые при этом приходится учитывать. Для упрощённой оценки последствий эволюции Т. д. з. в общих оболочках можно предположить, что за счёт динамич. трения двойного ядра об оболочку происходит рассеяние последней, а необходимая для этого энергия черпается из энергии орбитального движения. Это предположение позволяет оценить изменение расстояния между компонентами на стадии общей оболочки. Возникновение общей оболочки возможно также в случае, когда из-за очень большого момента инерции одного из компонентов орбита спутника становится неустойчивой и он входит в атмосферу звезды-гиганта или сверхгиганта. Неизбежность образования общих оболочек и сближения в них компонентов наглядно демонстрирует существование катаклизмич. переменных звёзд, в к-рых расстояние между вырожденным углеродно-кислородным белым карликом и нормальной звездой всего $\sim R_\odot$. В этих Т. д. з. белые карлики, первоначально бывшие ядрами более массивных (неск. M_\odot), далеко проэволюционировавших звёзд, могли сформироваться, только если исходное расстояние между компонентами составляло не менее (30—40) R_\odot . Аккрецирующие звёзды благодаря увеличению массы могут обогнать в эволюции доноры. Возможно также перемешивание аккректора из-за неустойчивости образующегося на его поверхности слоя из вещества донора с более высокой молекулярной массой.

Аккреция на белые карлики и нейтронные звёзды приводит к формированию на их поверхности водородного или гелиевого слоя. Тепловое равновесие слоя определяется в осн. нагревом при сжатии вследствие аккреции и охлаждением вследствие лучистого теплоотвода. Слой эволюционирует устойчиво до момента, когда скорость генерации ядерной энергии при сгорании водорода или гелия $\epsilon_{\text{яд}}$ начинает превышать скорость теплоотвода $\epsilon_{\text{диф}}$. Величина $\epsilon_{\text{яд}}$ зависит от темп-ры сильнее, чем $\epsilon_{\text{диф}}$, поэтому происходит перегрев слоя и термоядерный взрыв. Взрыв может сопровождаться выбросом вещества из системы. Подобная неустойчивость проявляется как вспышки новых

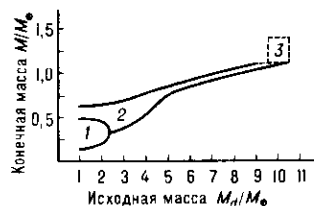
звёзд (при аккректорах — белых карликах) или *барстеров* (в случае нейтронных звёзд). Аккрецирующие нейтронные звёзды могут наблюдаться также как *рейтгеновские пульсары*.

Неустойчивость аккреционного диска и квазипериодич. выпадение его вещества на звезду также может быть причиной наблюдаемой переменности (новоподобные звёзды и транзиентные рентг. источники). Наконец, увеличение массы в результате аккреции может привести к превращению белым карликом *Чандрасекара предела* M_C и взрыву сверхновой звезды при загорании углерода в вырожденном веществе. Аналогичным образом масса *нейтронной звезды* может превысить своё макс. значение, и звезда сколлапсирует, превращаясь в *чёрную дыру*.

Значительную, а в нек-рых случаях и определяющую роль в эволюции Т. д. з. играет потеря системой в целом массы и момента импульса. Наиб. важны потеря массы и момента из общих оболочек, потеря момента за счёт магн. *звёздного ветра* от быстро вращающихся компонентов с конвективными оболочками и при излучении *гравитационных волн*. Потеря момента посредством двух последних механизмов способна обеспечить заполнение ПР и обмен веществом в случаях, когда масса донора $M_d \leq 0.8 M_\odot$ и характерное время его ядерной эволюции превышает время жизни Галактики. Излучение гравитац. волн также способно обеспечить слияние пар нейтронных звёзд и пар белых карликов (компонентов Т. д. з.). Слияние белых карликов при выполнении определ. условий может привести к взрыву сверхновой. В плотных звёздных агрегатах (напр., шаровых скоплениях) сближение компонентов двойных систем, заполнение ПР одним из них и эпизодич. обмен веществом, т. е. превращение системы в Т. д. з., возможны в результате потери момента двойными системами при столкновении последних с одиночными звёздами.

В нек-рых случаях обмен веществом происходит без заполнения ПР и принимает форму аккреции вещества мощного звёздного ветра от спутника — звезды *спектрального класса O* или *B* (в рентг. источниках) или красного (сверх)гиганта (в симбиотич. звёздах).

Рис. 2. Зависимость масс белых карликов, образующихся в тесных двойных звёздах, от исходной массы донора: 1 — гелиевые карлики; 2 — углеродно-кислородные карлики; 3 — кислородно-неоново-магниевого карлики.



Эволюционные сценарии для Т. д. з. Совокупность данных об эволюции компонентов Т. д. з. даёт возможность строить т. н. эволюционные сценарии, к-рые описывают последовательность превращений системы от пары звёзд главной последовательности и до её распада вследствие взрыва сверхновой или возникновения конфигурации, к-рая не успевает проэволюционировать за хаббловское время (напр., относительно широкой пары нейтронных звёзд или белых карликов). Сценарии позволяют сопоставлять данные теории и наблюдений, оценивать численность звёзд отд. классов, выявлять их генетич. связи, а иногда и предсказывать существование определ. объектов. Поскольку эволюция Т. д. з. зависит от масс компонентов и a , для сценариев характерно значительное число вариантов и ветвлений, особенно для звёзд малых и умеренных масс ($M \leq 10-12 M_\odot$). Поэтому ограничимся рассмотрением лишь осн. вариантов.

Типичный сценарий эволюции Т. д. з. малых и умеренных масс изображён на рис. 3. Осн. его этапы следующие: 1 — оба компонента находятся на главной последовательности и не заполняют ПР; 2 — на стадии, когда у более массивного компонента (первичного) образовалось гелиевое или углеродно-кислородное вырожденное ядро, он