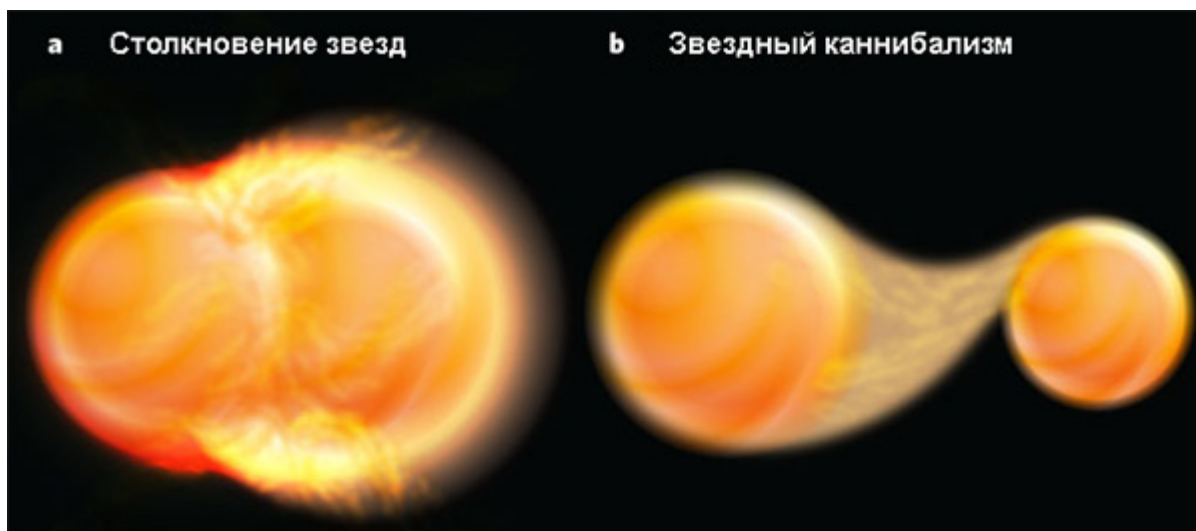


К чему приводят катастрофы в звездных скоплениях

28.12.09 | [Астрономия](#), [Алексей Левин](#)



В соответствии с теорией звездной эволюции аномально массивные звезды — так называемые «голубые отстающие звёзды» — в звездных скоплениях могут возникать двумя разными путями: **a** — в результате столкновения звезд, приводящего к их слиянию; **b** — в результате звездного каннибализма, когда одна из звезд двойной системы перетягивает на себя несгоревший водород из внешних слоев соседки и тем самым пополняет свои запасы термоядерного горючего. Наблюдения звездных скоплений подтверждают возможность обоих механизмов. Рис. из обсуждаемой статьи Melvyn B. Davies

Интернациональная группа астрономов опубликовала в последнем выпуске журнала *Nature* [работу](#), подтверждающую две общепринятые модели рождения аномально массивных звезд, замеченных во многих звездных скоплениях. К аналогичным выводам пришли два сотрудника астрономического факультета Висконсинского университета в Мэдисоне, чья [статья](#) появилась в том же выпуске журнала.

В русскоязычной литературе эти светила именуют по-разному — голубыми бродягами, голубыми дезертирами, голубыми страгглерами. Поскольку во всех этих названиях присутствует вызывающий сомнительные ассоциации цвет, я буду использовать общепринятое англоязычное сокращение **BSS** — blue straggler stars (см. [Голубые отстающие звёзды](#)). Они вовсе не обязательно отличаются голубизной своего света, просто их спектры смещены в сторону более коротких волн по сравнению со спектрами абсолютного большинства звезд, входящих в данное скопление.

Звезды со столь экзотическим титулом известны без малого шесть десятков лет. Впервые их обнаружил в 1953 году американский астроном Аллан Сэндейдж ([Allan Sandage](#)), который в следующем десятилетии прославился открытием квазаров, сделанным совместно с Томасом Мэтьюсом (Thomas Matthews). Сэндейдж обратил внимание на эти светила в ходе наблюдений яркого (видимая звездная величина 6,2) и чрезвычайно древнего (предполагаемый возраст 12 миллиардов лет) скопления [М3](#), расположенного в 33 900 световых лет от Солнца в [созвездии Гончих Псов](#). Поначалу их сочли аномалией именно этой звездной ассоциации, однако со временем BSS были выявлены и во многих других звездных кластерах. Сейчас по ним накоплена обширная статистика, согласно которой BSS встречаются практически во всех [шаровых звездных скоплениях](#) (Globular cluster), или «шаровиках», расположенных в галактических гало (см. [Galactic halo](#)). Они присутствуют и во многих открытых (в другой терминологии, [рассеянных](#))

скоплениях, которые наблюдаются в пределах дисковых зон спиральных и неправильных галактик.

Стоит отметить, что название globular cluster весьма старое, его 220 лет назад придумал Уильям Гершель. Астрономы узнали об их существовании во второй половине XVII века, хотя отдельные звезды в их составе были идентифицированы столетием позже. Типичный шаровик состоит из нескольких сотен тысяч или даже миллионов звезд со средним возрастом порядка 10 миллиардов лет. Они сильно связаны между собой гравитационными полями, вследствие чего шаровик на протяжении миллиардов лет обращается вокруг галактического центра как единое целое, сохраняя свою сферическую форму. Гигантские эллиптические галактики имеют многие тысячи шаровиков-спутников; в пределах Млечного Пути их выявлено порядка 150. В центральных областях крупных шаровиков на кубический парсек пространства в среднем приходится от 100 до 1000 звезд, в то время как на периферии кластера этот показатель падает на два-три порядка. Рассеянные звездные скопления (см. [Open cluster](#)), напротив, насчитывают всего лишь сотни или тысячи звезд и отличаются более диффузной структурой.

Теперь перейдем к предмету настоящей заметки. Как рассеянные, так и шаровые скопления содержат в своем составе очень яркие звезды, которые выглядят гораздо моложе звездной группировки в целом. На диаграмме Герцшпрунга—Рассела (см. [Hertzsprung–Russell diagram](#)) скопления М3, которую я привожу для иллюстрации, они расположены левее и выше точки поворота, по прохождении которой все звезды, за исключением маломассивных красных карликов, начинают эволюцию к образованию красных гигантов либо сверхгигантов и их преемников (чаще всего белых карликов, намного реже нейтронных звезд либо черных дыр — финал зависит от первоначальной звездной массы).

Вот в этом и состоит загвоздка. Посмотрим вновь на диаграмму Герцшпрунга—Рассела шаровика М3. Легко видеть, что слева от «колена» главной последовательности расположены голубые и белые звезды спектральных классов В и А (см. [Stellar classification](#)), чей возраст измеряется десятками или сотнями миллионов лет. Встает вопрос: откуда же они взялись в скоплении, которое возникло примерно 12 миллиардов лет назад? То же самое можно сказать и о других скоплениях, где имеются такие светила. Как утверждают общепринятые модели формирования звездных группировок, практически все звезды, составляющие то или иное скопление, являются ровесниками (в принципе, среди них могут быть и звезды-мигранты иного возраста, но их статистический вес очень невелик). Каким же образом там появились светила, которые должны были бы уже давно исчерпать свое водородное топливо? Наверное, можно не уточнять, что именно их и относят к семейству BSS.

В принципе, ответ ясен. Раз BSS никак не могли возникнуть одновременно с рождением вмещающего их скопления, то, значит, они вспыхнули намного позже. Отсюда следует, что внутри скоплений достаточно часто случаются события, в результате которых частично выгоревшие звезды скачкообразно увеличивают свою массу, разогреваются и, если так можно выразиться, голубеют.

Астрономы уже давно пришли к убеждению, что для таких событий существуют лишь два правдоподобных сценария. Один из них основан на том обстоятельстве, что многие BSS выявлены в центральных областях старых шаровиков, которые, как уже я уже говорил, отличаются особо высокой звездной плотностью. Это означает, что там вполне вероятны лобовые столкновения звезд, приводящие к их слиянию. Во второй половине 80-х годов были просчитаны компьютерные модели, из которых следует, что эти катаклизмы могут сопровождаться сравнительно небольшими выбросами звездного вещества в окружающее пространство. В таких случаях масса родившейся звезды лишь ненамного уступит суммарной массе звезд-предшественниц. В результате на свет родится звезда с большим резервом неистраченного водорода, которая войдет в число BSS.

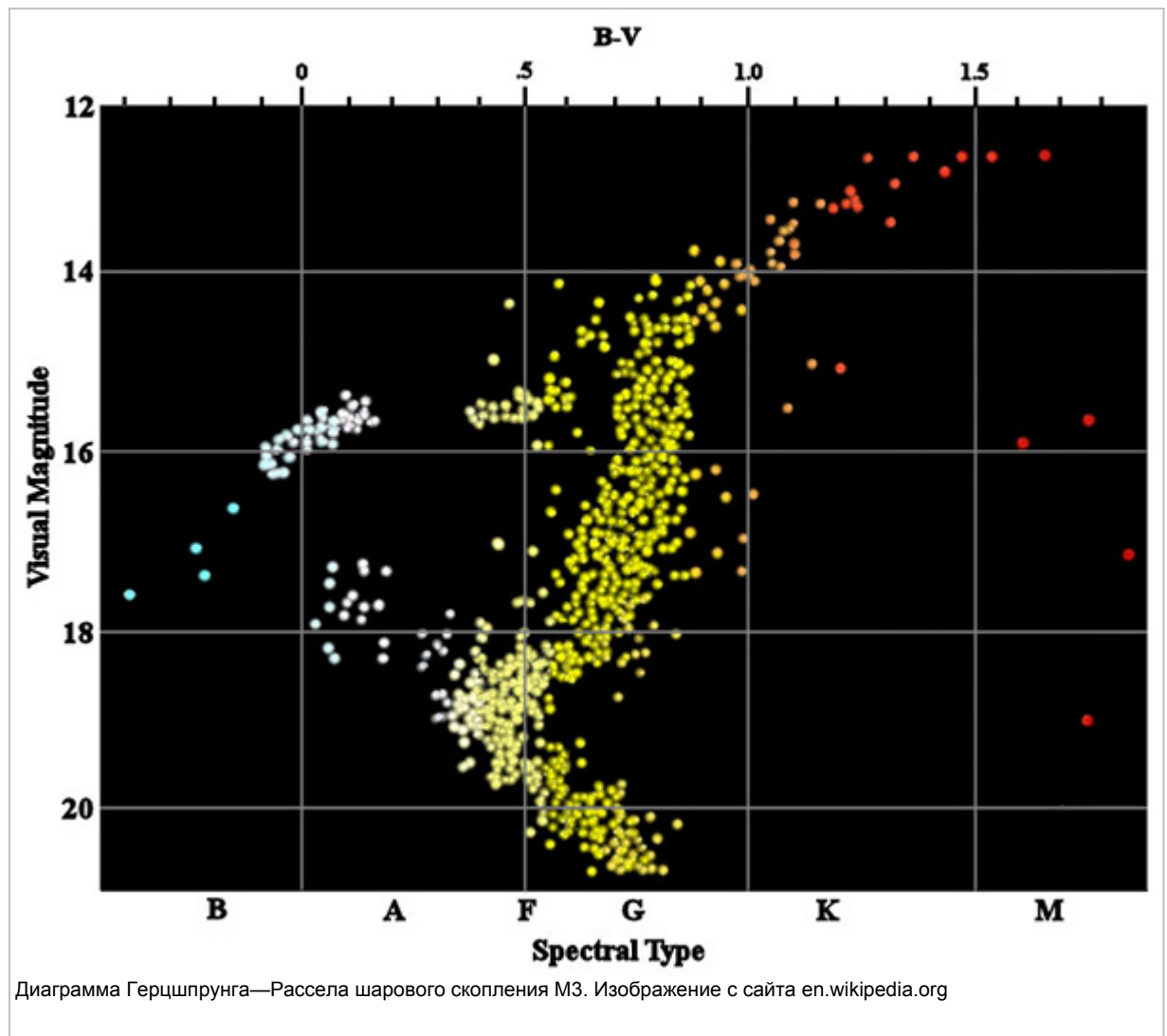


Диаграмма Герцшпрунга—Рассела шарового скопления M3. Изображение с сайта en.wikipedia.org

Однако есть и другая возможность. Некоторые BSS обнаружены в малонаселенных зонах галактических гало, где шансы столкновений очень невелики. Согласно доминирующей точке зрения, они могли родиться только в результате так называемого звездного каннибализма. Их предшественниками были двойные звездные системы, иначе говоря, объединенные силой тяготения пары звезд, обращающиеся вокруг общего центра инерции (нельзя не подчеркнуть, что в космосе такие пары чрезвычайно типичны, в то время как одиночные звезды вроде нашего Солнца встречаются куда реже). Если их массы неодинаковы, более тяжелая звезда раньше сожжет в своем ядре весь водород и станет красным гигантом. Если вторая звезда находится не слишком далеко, она сможет своим притяжением перетянуть несгоревший водород из внешних слоев соседки и тем самым пополнить свои запасы термоядерного горючего. В результате после ряда переходных процессов возникнет BSS, гравитационно связанный с тем, во что превратится красный гигант (как я уже говорил, скорее всего это будет белый карлик). Почти наверняка таким путем возникли если не все, то многие BSS, обнаруженные в сравнительно пустынных участках гало Млечного Пути.

Конечно, звездный каннибализм вполне возможен и в центральных зонах как шаровиков, так и рассеянных скоплений, где тоже вполне хватает двойных систем. Кроме того, наличие звезд-соседей может увеличить нестабильность звездной пары и заставить обе ее компоненты столкнуться и претерпеть слияние. Как показывают опубликованные в начале 2009 года [результаты](#) статистического анализа распределения BSS в 56 шаровых скоплениях, каннибалистский сценарий рождения этих звезд скорее всего преобладает даже в центральных областях шаровиков.

Новые публикации в *Nature* убедительно подтверждают все эти выводы. Авторы первой из названных работ, Ф. Р. Ферраро (F. R. Ferraro) и его коллеги, с помощью орбитального телескопа имени Хаббла провели наблюдения BSS, входящих в состав шарового скопления [M30](#). Они обнаружили, что эти звезды формируют на ГР-диаграмме скопления две близкие, но отдельные ветви. Авторы статьи полагают, что лежащая слева ветвь с более горячими звездами образована в ходе реализации коллизионного сценария, в то время как во второй ветви представлены чуть менее яркие светила, рожденные согласно сценарию звездного каннибализма. Наблюдения также показали, что свыше 80% выявленных BSS локализованы в пределах внутреннего ядра глобуляра. Интересно, что все изученные BSS родились в итоге партнерства довольно легких звезд, поскольку их типичная масса лишь в полтора раза превышает солнечную. Такие звезды светят миллиарды лет до своего превращения в красные гиганты, а затем в белые карлики, так что они могли возникнуть в весьма далеком прошлом. Авторы предполагают, что большинство изученных BSS родилось один-два миллиарда лет назад. По их мнению, кластер M30 мог тогда претерпеть гравитационное сжатие, которое заметно увеличило плотность звезд в его ядре.

Авторы второй работы, Роберт Матье (Robert Mathieu) и Аарон Геллер (Aaron Geller), в течение десяти лет отслеживали BSS удаленного на 5 тысяч световых лет рассеянного скопления [NGC 188](#), который на земном небосводе лежит в [созвездии Цефея](#) и соседствует с Полярной звездой, отстоя от нее всего на 4 градуса. В своей работе они использовали 3,5-метровый телескоп [WIYN](#) Национальной обсерватории Китт Пик ([Kitt Peak National Observatory](#)) в штате Аризона. Скопление NGC 188, которое содержит около 130 звезд, сформировалось около 5 миллиардов лет назад (это древнейшее из всех известных рассеянных скоплений, которые обычно не старше нескольких сотен миллионов лет). Матье и Геллер тоже пришли к заключению, что в процессе рождения BSS задействованы все вышеперечисленные механизмы увеличения звездной массы, причем на первом месте стоит звездный каннибализм (16 из 21 BSS, которые наблюдали Матье и Геллер, с высокой степенью вероятности входят в бинарные системы). Им даже удалось обнаружить две BSS, обращающиеся вокруг друг друга. По мнению авторов, оба члена этой уникальной пары (их массы почти одинаковы, да и температуры разнятся очень незначительно, 6500 К и 6325 К) почти наверняка возникли независимо друг от друга в двух бинарных системах и затем вышли на гравитационно связанные орбиты, каким-то образом избавившись от своих прежних партнеров.

Как мне кажется, обе эти публикации представляют интерес не только в связи с проблемой генезиса BSS. Они, каждая по-своему, вновь продемонстрировали, насколько велика роль великих и малых катаклизмов в динамике Большого Космоса.

Источники:

- 1) F. R. Ferraro, et al. [Two distinct sequences of blue straggler stars in the globular cluster M 30](#) // *Nature*. V. 462. P. 1028–1031 (24 December 2009). Doi:10.1038/nature08607.
- 2) Robert D. Mathieu, Aaron M. Geller. [A binary star fraction of 76 per cent and unusual orbit parameters for the blue stragglers of NGC 188](#) // *Nature*. V. 462. P. 1032–1035 (24 December 2009). Doi:10.1038/nature08568.
- 3) Melvyn B. Davies. [Astrophysics: Stellar revival in old clusters](#) // *Nature*. V. 462. P. 991–992 (24 December 2009). Doi:10.1038/462991a.

Алексей Левин