

# ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД



белый карлик

красный гигант



солнце



молодая звезда

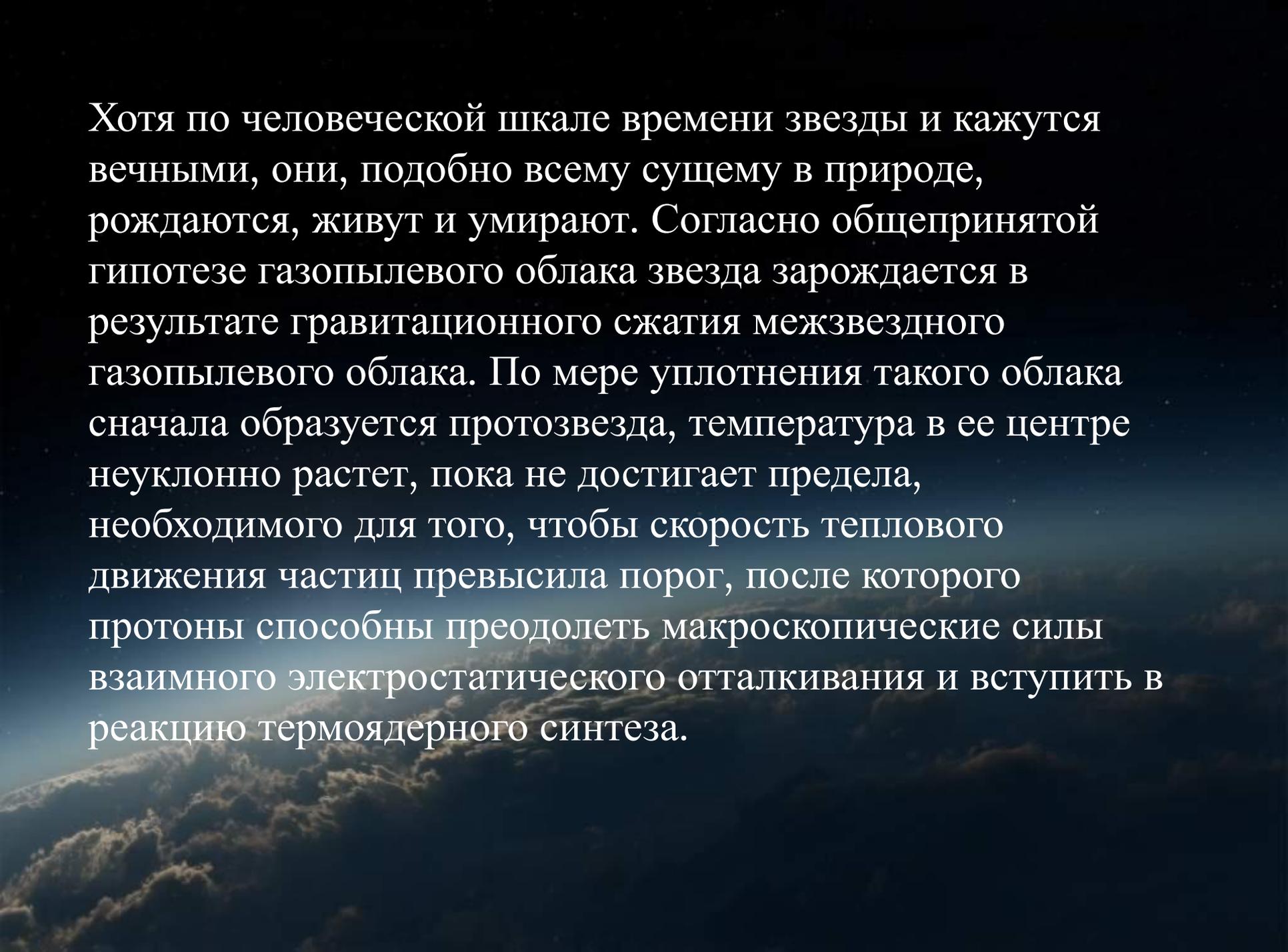


протозвезда



молекулярное облако (звездная колыбель)





Хотя по человеческой шкале времени звезды и кажутся вечными, они, подобно всему сущему в природе, рождаются, живут и умирают. Согласно общепринятой гипотезе газопылевого облака звезда зарождается в результате гравитационного сжатия межзвездного газопылевого облака. По мере уплотнения такого облака сначала образуется протозвезда, температура в ее центре неуклонно растет, пока не достигает предела, необходимого для того, чтобы скорость теплового движения частиц превысила порог, после которого протоны способны преодолеть макроскопические силы взаимного электростатического отталкивания и вступить в реакцию термоядерного синтеза.

В результате многоступенчатых реакций термоядерного синтеза внутренне ядро новорожденной звезды быстро разогревается до сверхвысоких температур, и его избыточная энергия начинает выплескиваться по направлению к ее менее горячей поверхности — и наружу. Одновременно давление в центре звезды начинает расти. Таким образом, «сжигая» водород в процессе термоядерной реакции, звезда не дает силам гравитационного притяжения сжать себя до сверхплотного состояния, противопоставляя гравитационному коллапсу непрерывно возобновляемое внутреннее термическое давление, в результате чего возникает устойчивое энергетическое равновесие. О звездах на стадии активного сжигания водорода говорят, что они находятся на «основной фазе» своего жизненного цикла или эволюции (см. Диаграмма Герцшпрунга—Рассела).



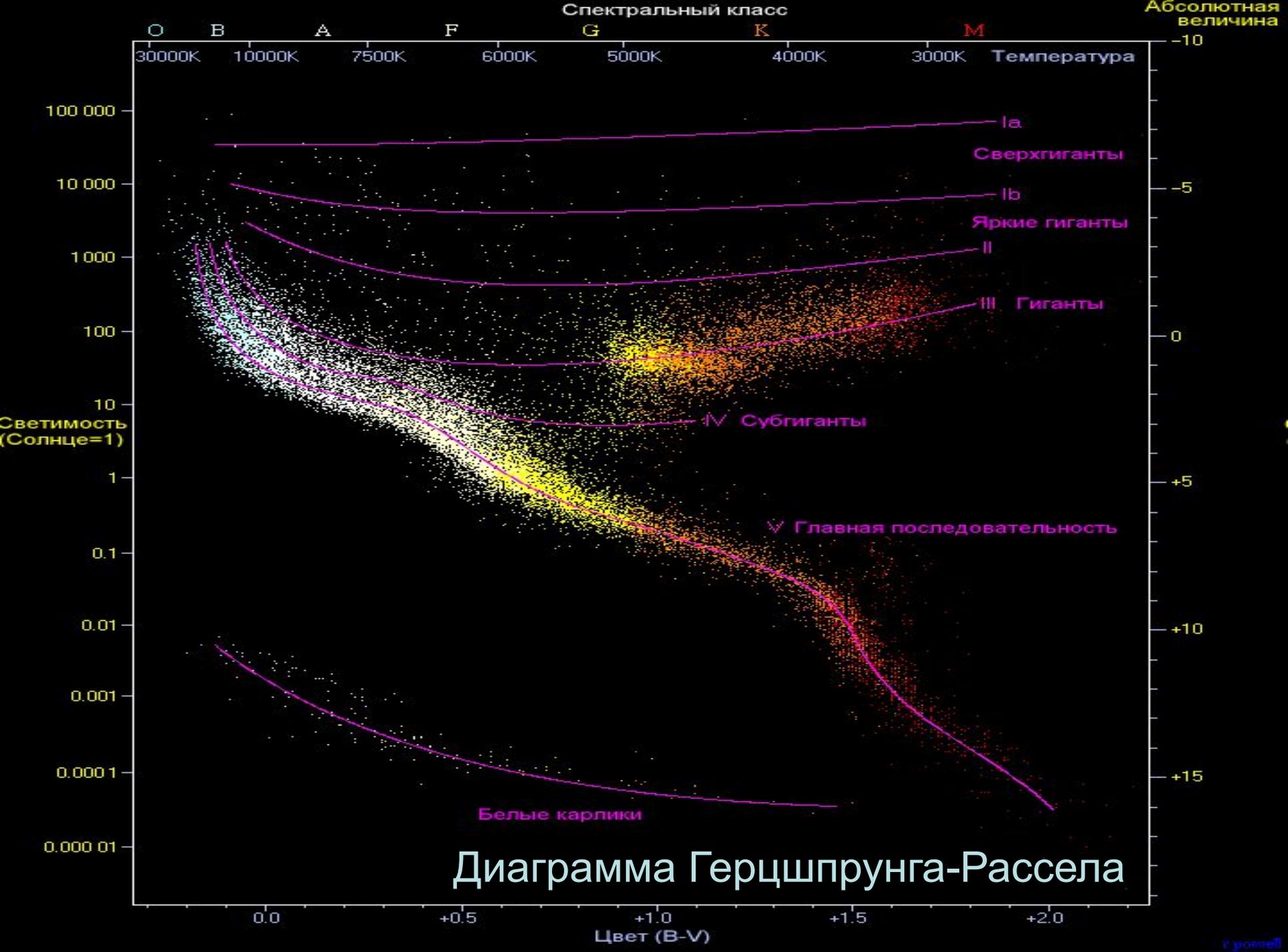
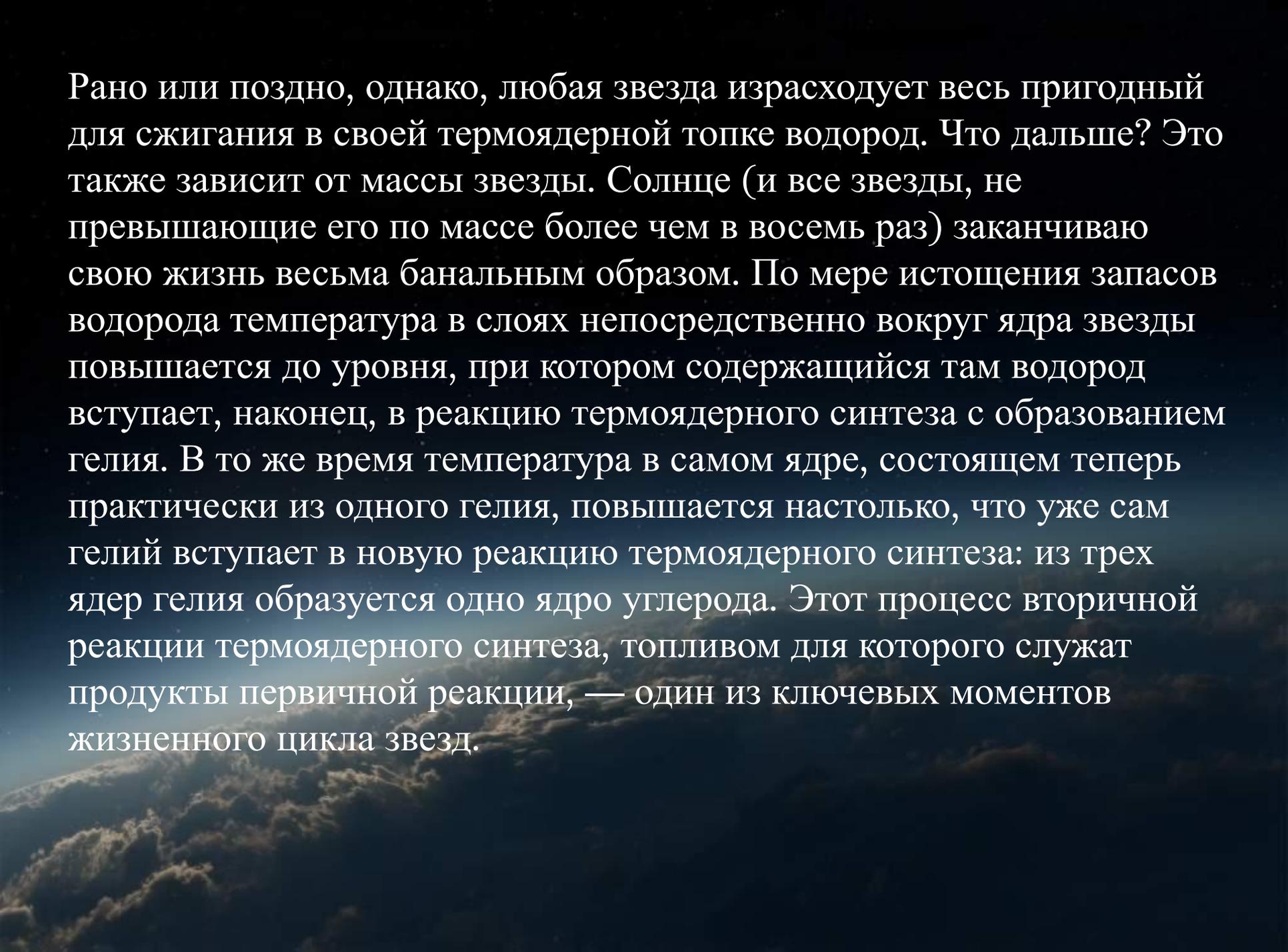
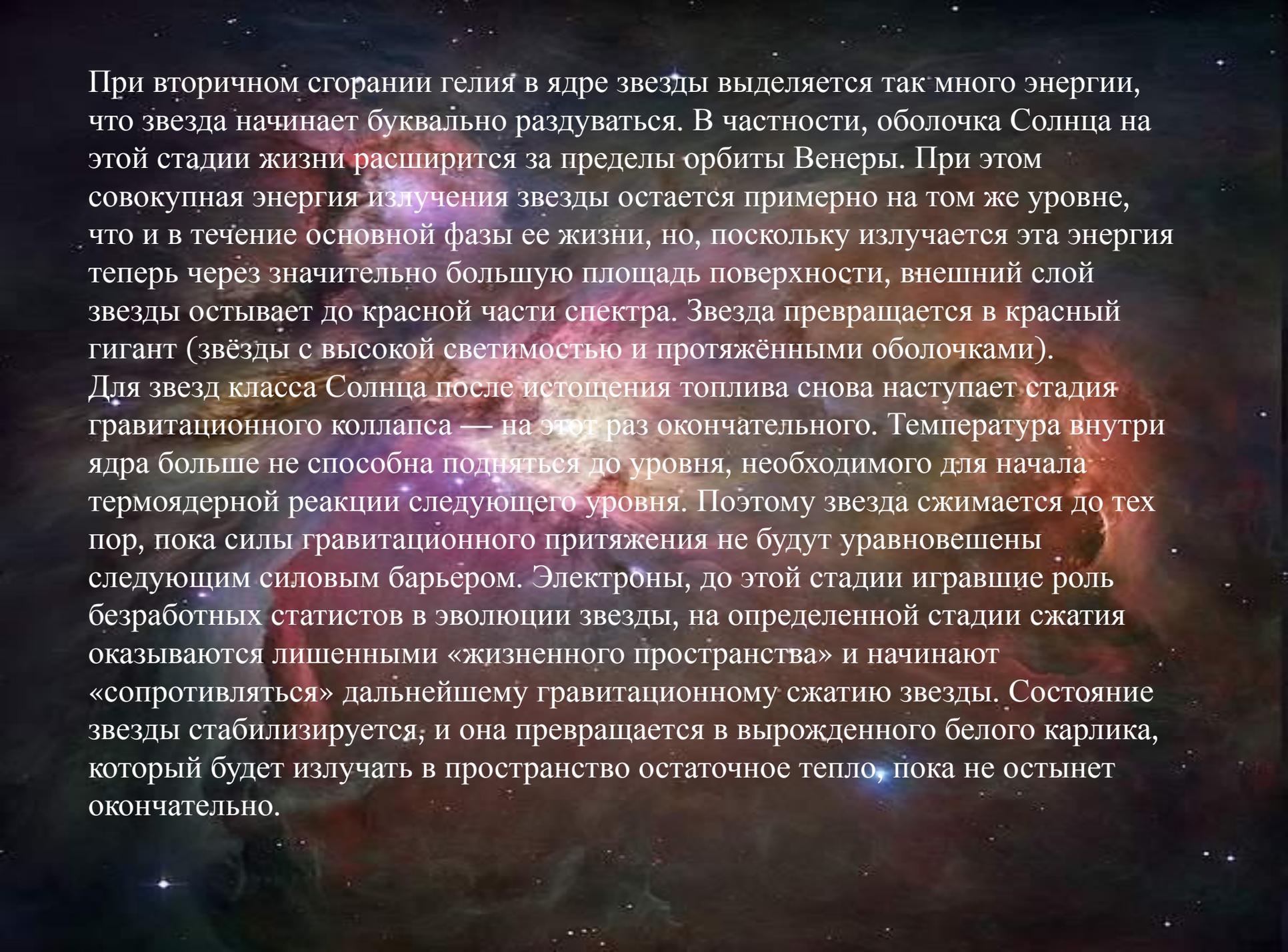


Диаграмма Герцшпрунга-Рассела

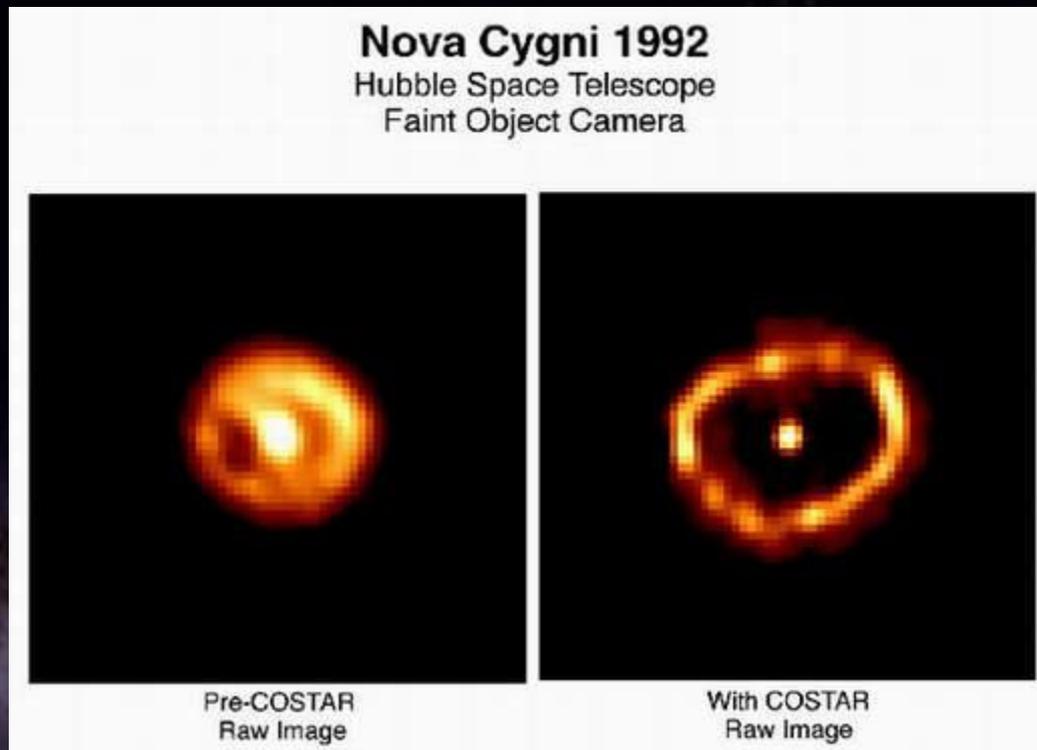


Рано или поздно, однако, любая звезда израсходует весь пригодный для сжигания в своей термоядерной топке водород. Что дальше? Это также зависит от массы звезды. Солнце (и все звезды, не превышающие его по массе более чем в восемь раз) заканчивают свою жизнь весьма банальным образом. По мере истощения запасов водорода температура в слоях непосредственно вокруг ядра звезды повышается до уровня, при котором содержащийся там водород вступает, наконец, в реакцию термоядерного синтеза с образованием гелия. В то же время температура в самом ядре, состоящем теперь практически из одного гелия, повышается настолько, что уже сам гелий вступает в новую реакцию термоядерного синтеза: из трех ядер гелия образуется одно ядро углерода. Этот процесс вторичной реакции термоядерного синтеза, топливом для которого служат продукты первичной реакции, — один из ключевых моментов жизненного цикла звезд.



При вторичном сгорании гелия в ядре звезды выделяется так много энергии, что звезда начинает буквально раздуваться. В частности, оболочка Солнца на этой стадии жизни расширится за пределы орбиты Венеры. При этом совокупная энергия излучения звезды остается примерно на том же уровне, что и в течение основной фазы ее жизни, но, поскольку излучается эта энергия теперь через значительно большую площадь поверхности, внешний слой звезды остывает до красной части спектра. Звезда превращается в красный гигант (звёзды с высокой светимостью и протяжёнными оболочками).

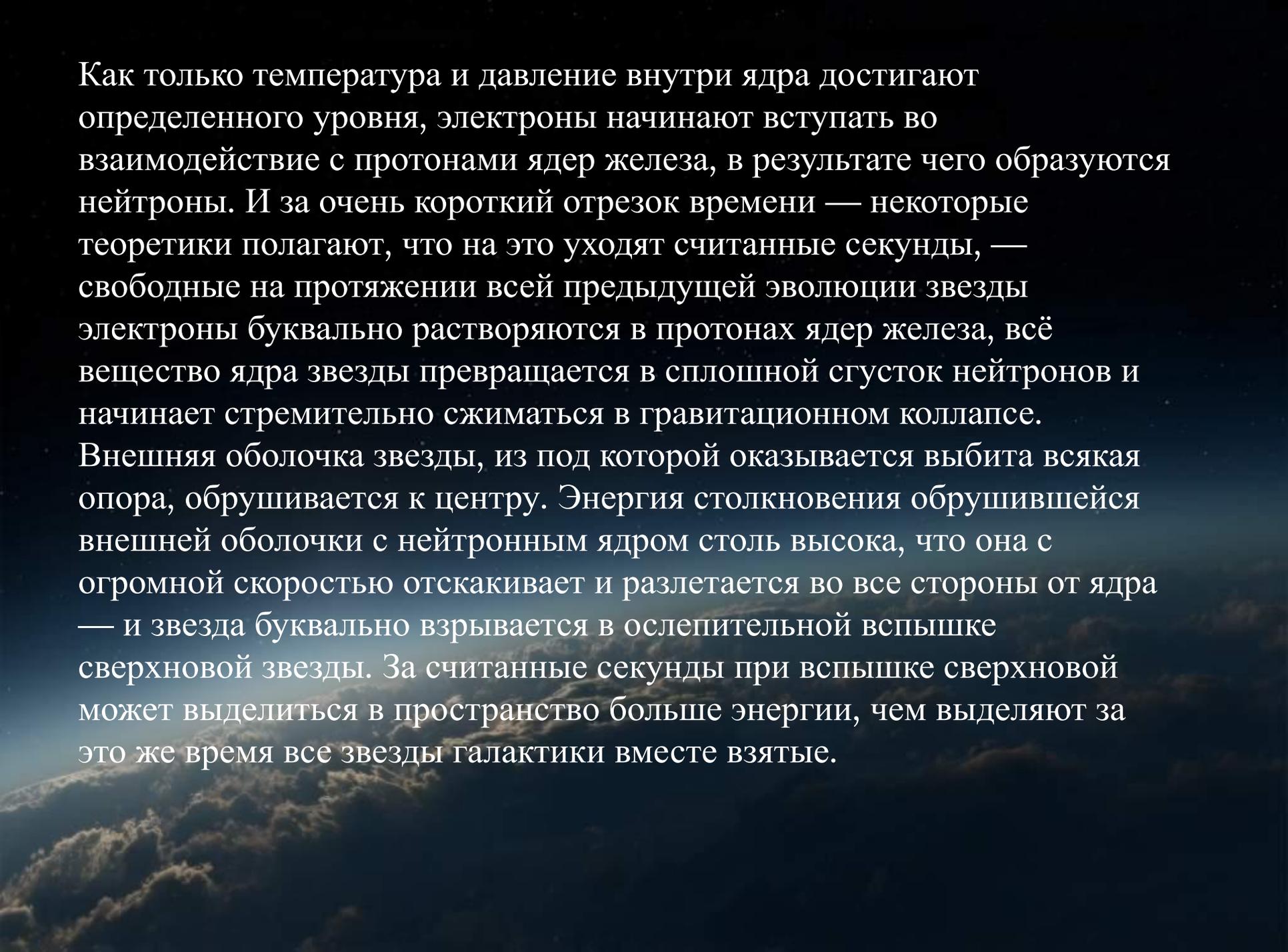
Для звезд класса Солнца после истощения топлива снова наступает стадия гравитационного коллапса — на этот раз окончательного. Температура внутри ядра больше не способна подняться до уровня, необходимого для начала термоядерной реакции следующего уровня. Поэтому звезда сжимается до тех пор, пока силы гравитационного притяжения не будут уравновешены следующим силовым барьером. Электроны, до этой стадии игравшие роль безработных статистов в эволюции звезды, на определенной стадии сжатия оказываются лишенными «жизненного пространства» и начинают «сопротивляться» дальнейшему гравитационному сжатию звезды. Состояние звезды стабилизируется, и она превращается в вырожденного белого карлика, который будет излучать в пространство остаточное тепло, пока не остынет окончательно.



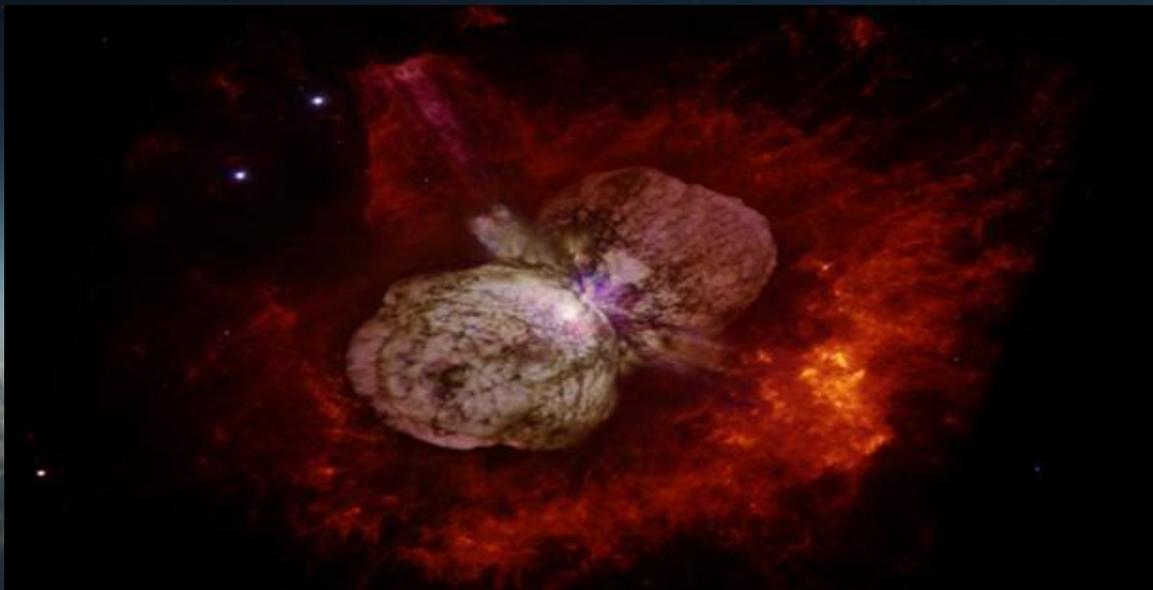
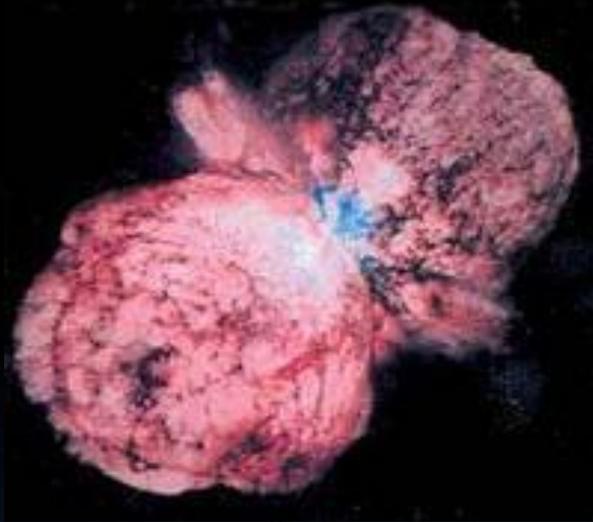
с помощью специальной технологии фотосъемки видно, что после взрыва на месте звезды осталась маленькая звезда - белый карлик.

Звезды более массивные, нежели Солнце, ждёт куда более зрелищный конец. После сгорания гелия их масса при сжатии оказывается достаточной для разогрева ядра и оболочки до температур, необходимых для запуска следующих реакций нуклеосинтеза. При этом при начале каждой новой реакции в ядре звезды предыдущая продолжается в ее оболочке. На самом деле, все химические элементы вплоть до железа, из которых состоит Вселенная, образовались именно в результате нуклеосинтеза в недрах умирающих звезд этого типа. Но железо — это предел; оно не может служить топливом для реакций ядерного синтеза или распада ни при каких температурах и давлениях, поскольку как для его распада, так и для добавления к нему дополнительных нуклонов необходим приток внешней энергии. В результате массивная звезда постепенно накапливает внутри себя железное ядро, не способное послужить топливом ни для каких дальнейших ядерных реакций.

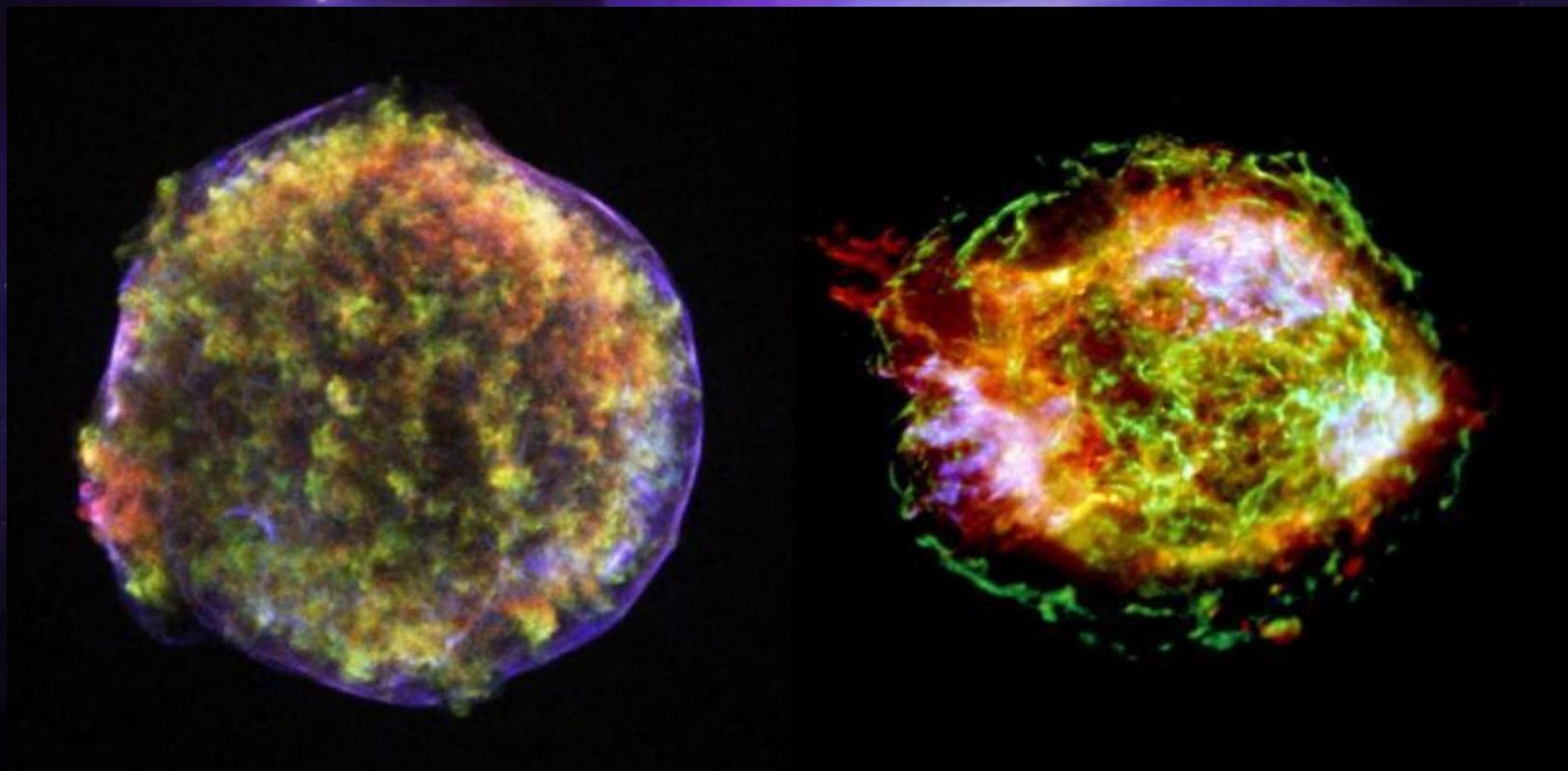




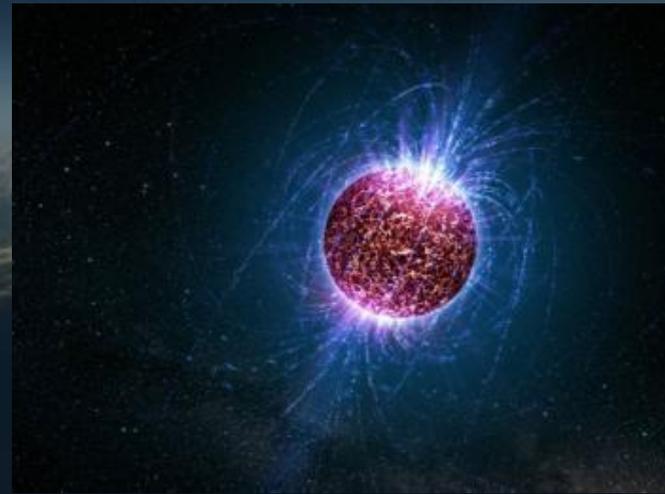
Как только температура и давление внутри ядра достигают определенного уровня, электроны начинают вступать во взаимодействие с протонами ядер железа, в результате чего образуются нейтроны. И за очень короткий отрезок времени — некоторые теоретики полагают, что на это уходят считанные секунды, — свободные на протяжении всей предыдущей эволюции звезды электроны буквально растворяются в протонах ядер железа, всё вещество ядра звезды превращается в сплошной сгусток нейтронов и начинает стремительно сжиматься в гравитационном коллапсе. Внешняя оболочка звезды, из под которой оказывается выбита всякая опора, обрушивается к центру. Энергия столкновения обрушившейся внешней оболочки с нейтронным ядром столь высока, что она с огромной скоростью отскакивает и разлетается во все стороны от ядра — и звезда буквально взрывается в ослепительной вспышке сверхновой звезды. За считанные секунды при вспышке сверхновой может выделяться в пространство больше энергии, чем выделяют за это же время все звезды галактики вместе взятые.



# Взрыв сверхновой



После вспышки сверхновой и разлета оболочки у звезд массой порядка 10-30 солнечных масс продолжающийся гравитационный коллапс приводит к образованию нейтронной звезды, вещество которой сжимается до тех пор, пока не начинает давать о себе знать давление нейтронов — иными словами, теперь уже нейтроны (подобно тому, как ранее это делали электроны) начинают противиться дальнейшему сжатию, требуя себе жизненного пространства. Это обычно происходит по достижении звездой размеров около 15 км в диаметре. В результате образуется быстро вращающаяся нейтронная звезда, испускающая электромагнитные импульсы с частотой ее вращения; такие звезды называются пульсарами. Наконец, если масса ядра звезды превышает 30 солнечных масс, ничто не в силах остановить ее дальнейший гравитационный коллапс, и в результате вспышки сверхновой образуется черная дыра.



Предполагаемый вид  
черных дыр

