



НАУКА И ЖИЗНЬ

ISSN:1683-9528

4

2020

● Бетельгейзе медленно, но верно снова набирает яркость... ● Как устроены коронавирусы и как реагируют на них наши клетки? ● опыты и фокусы: проверяем физику через 130 лет ● «На долгом и трудном пути познания природы мы снова и снова находим идеи, восходящие к Эйнштейну» (академик Я. Б. Зельдович).



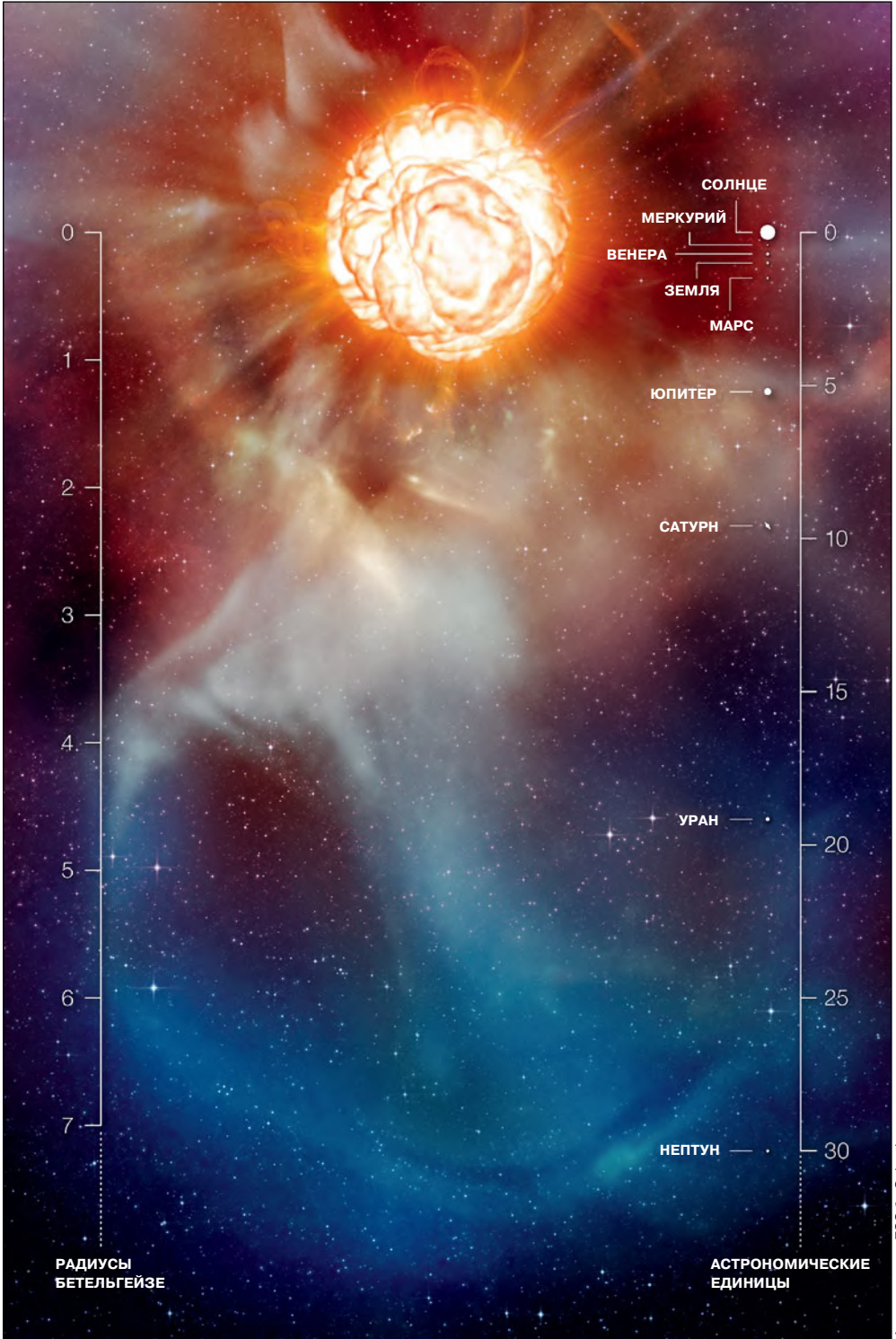


Иллюстрация: ESO/L. Calçada

Рисунок помогает представить, как выглядит гигантская звезда Бетельгейзе. Показаны огромные пузыри на «кипящей» поверхности звезды и гигантский газовый хвост размером почти с Солнечную систему. Справа приведена масштабная шкала для оценки расстояний в сравнении с размерами Солнечной системы и её объектов.



ГИГАНТСКАЯ. КРИТИЧЕСКИЕ ДНИ БЕТЕЛЬГЕЙЗЕ

Кандидат физико-математических наук Алексей ПОНЯТОВ.

Красноватый дневной свет нарастал. Бетельгейзе поднималась тихо и величественно... неустойчивая и ненадёжная, совсем не похожая на Солнце.

Филип Дик. Тони и жуки

Наблюдая за звёздами, астрономы, как правило, не видят их диска. Им крайне редко удаётся следить за какими-либо процессами на поверхности и в окрестности небесных светил, за исключением Солнца. Отсюда огромный интерес к тем немногим звёздам, которые выглядят не просто как яркая точка. И когда в декабре 2019 года одна из таких звёзд — Бетельгейзе — неожиданно на глазах начала сильно терять свою яркость, это сразу привлекло внимание, тем более что звезда находится на той стадии эволюции, когда она может превратиться в сверхновую. Возможность такого сценария сильно подогревала интерес к поведению звезды, породив вал публикаций в прессе с предположениями, что звезда вот-вот взорвётся.

Разберёмся с причинами глубокого «обморока» звезды и вспомним, что мы знаем о Бетельгейзе и её загадках.

КРАСНЫЙ СВЕРГИГАНТ

Бетельгейзе входит в десятку самых ярких звёзд неба и в пятёрку самых ярких звёзд Северного полушария. Но самое главное, благодаря её огромному размеру и достаточно близкому расположению к Земле астрономы способны увидеть не только окрестности звезды, но и её диск. Именно Бетельгейзе стала в 1920 году первой звездой, для которой на 2,5-метровом телескопе в обсерватории Маунт-Уилсон (тогда крупнейшем в мире) было получено изображение диска и с помощью первого звёздного интер-

ферометра измерен его угловой размер. По странному совпадению это тоже произошло в декабре. Отдадим должное мастерству исследователей — для того времени это было серьёзное достижение. Несмотря на зачаточное состояние интерферометрии, полученный результат мало отличался от современного. Для понимания сложности наблюдений заметим, что диск Бетельгейзе примерно соответствует размеру монеты в 1 рубль (диаметр 2 см), поднятой на высоту 100 км. Сконструировал звёздный интерферометр и провёл измерения нобелевский лауреат Альберт Майкельсон, прославившийся разработкой интерферометров и измерениями скорости света.

Но несмотря на размеры и близость, Бетельгейзе оказалась очень трудным объектом для точных измерений. Во-первых, у неё не нашлось спутников, что лишило астрономов надёжного метода измерения массы звезды. Хотя об их обнаружении сообщалось неоднократно, последующие наблюдения эти результаты не подтверждали. Тем не менее знаменитую «Планету обезьян» французский писатель-фантаст Пьер Буль поместил именно на орбиту Бетельгейзе. Второй проблемой стала сильная изменчивость звезды, значительно снижающая точность измерений. И наконец, существенной помехой оказалось то, что Бетельгейзе — красный сверхгигант, то есть звезда, находящаяся на закате эволюции. В этот период звёзды активно теряют своё вещество, которое заполняет пространство вокруг них. У Бетельгейзе облака пыли простираются в области, сопоставимой по размерам с Солнечной системой, что мешает астрономам «прицелиться» на саму звезду. Кроме того, определение точного расстояния до звезды осложняется тем, что её годичный параллакс примерно в 10 раз меньше углового размера самой звезды. Поэтому, несмотря на сто лет измерений, расстояние до неё до сих пор имеет большую погрешность, приводящую к разбросу оценок и других параметров звезды. Наибольший прогресс в этом вопросе достигнут в последнее десятилетие после ввода в строй самых современных телескопов.

Наиболее точная оценка расстояния до Бетельгейзе сделана совсем недавно,

в 2017 году, в результате анализа данных, полученных сразу несколькими телескопами: космическим «Hubble» (Европейское космическое агентство, ESA) и наземными системами VLA (США), e-MERLIN (Англия) и ALMA (Европейская южная обсерватория, ESO). Среднее расстояние до звезды оценено в 720 световых лет с разбросом возможных значений от 615 до 880 световых лет. Новый метод определения массы сверхгиганта был предложен в 2011 году. Он дал интервал 7,7—16,6 массы Солнца со средним значением $11,6 M_{\odot}$.

Измерению диаметра звезды помимо указанных выше причин мешают её пульсации и, возможно, несимметричная форма, приводящие к изменению со временем размера звезды. Кроме того, красные сверхгиганты не имеют чётко очерченной границы, как фотосфера нашего Солнца. Это приводит к тому, что размеры звезды сильно различаются при наблюдении в разных диапазонах волн. Последние оценки 2017 года дают радиус звезды $4,1 \pm 0,9$ астрономических единиц ($1 \text{ а. е.} = 150$ миллионов километ-

ров — расстояние от Земли до Солнца). Это примерно в 900 раз больше радиуса Солнца. Таким образом, если поместить Бетельгейзе на место Солнца, то её внешние слои будут находиться где-то за пределами пояса астероидов, возможно простираясь до орбиты Юпитера. Для сравнения приведём радиусы орбит астероида № 1, а ныне карликовой планеты Цереры — 2,7 а. е. и Юпитера — 5,5 а. е. Орбиты Земли и Марса (1,5 а. е.) будут находиться глубоко внутри звезды. Полный оборот вокруг своей оси неповоротливый гигант делает примерно за 36 ± 8 лет (данные 2018 года).

С вращением связана одна из загадок Бетельгейзе. Её внешние слои вращаются со скоростью 5—15 км/с, что приблизительно в 100 раз быстрее, чем должно быть у звезды подобных размеров, ведь при её расширении скорость вращения должна упасть примерно до 0,1 км/с. Снижение скорости вращения следует из закона сохранения момента импульса — именно благодаря этому закону фигурист замедляет своё вращение, раскинув руки.

Инфракрасное изображение, полученное с помощью космического телескопа «Гершель», показывает несколько дуг слева от Бетельгейзе — вещество, выброшенное из звезды, когда она превратилась в красный сверхгигант, возможно, при поглощении компаньона. Они сформировались в результате ударного взаимодействия с межзвёздной средой, сквозь которую звезда движется со скоростью около 30 км/с. Слабая полоса пыли (ещё левее), вероятно, связана с галактическим магнитным полем или краем межзвёздного облака. Дуги «ударят» о неё через 5000 лет, а сама Бетельгейзе — через 12 500 лет.

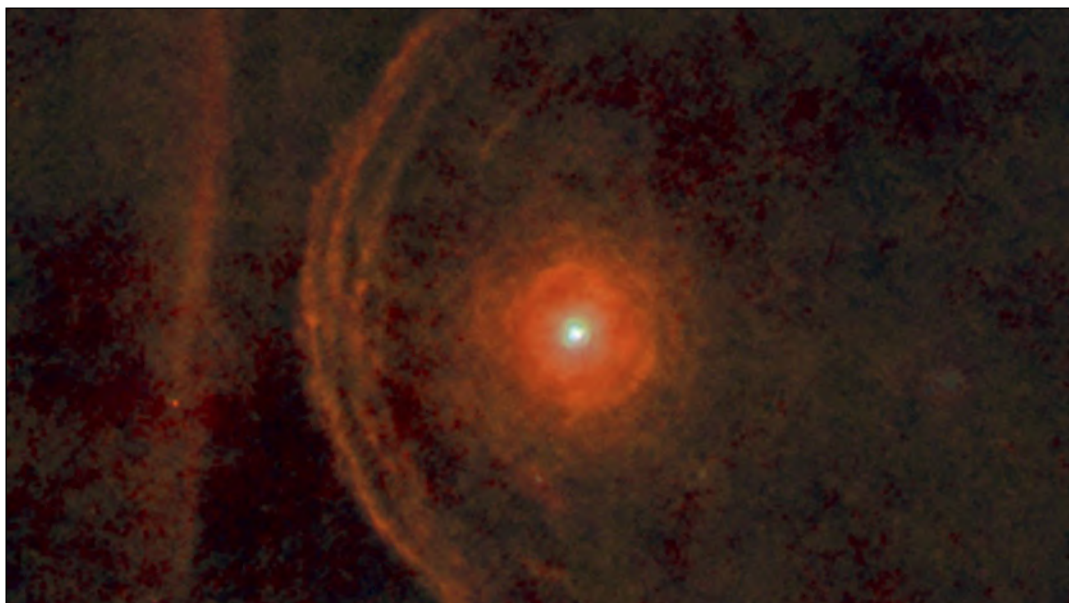
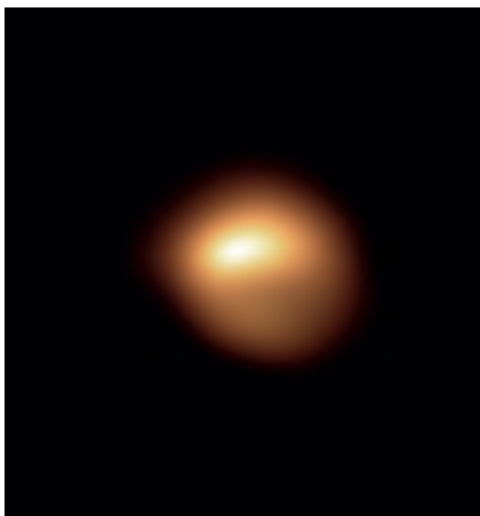
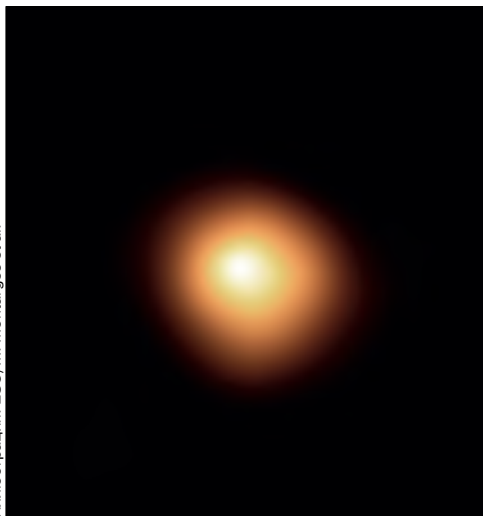


Иллюстрация: ESA/Herschel/PACS/L. Decin et al



Изображение поверхности Бетельгейзе в оптическом диапазоне, полученное с помощью инструмента SPHERE на телескопе VLT в Чили (ESO) в январе (слева) и в декабре (справа) 2019 года. Видно, что в декабре звезда потемнела, особенно снизу, и стала менее несимметричной.

Что же могло так сильно раскрутить звезду? В 2016 году группа американских астрономов предположила, что раньше Бетельгейзе была двойной звездой с компаньоном значительно меньшей массы. Когда Бетельгейзе раздулась и превратилась в красного сверхгиганта, она поглотила его. В результате произошёл взрыв, выбросивший в космос значительную часть вещества компаньона и сообщивший Бетельгейзе дополнительную скорость вращения. Надо отметить, что в окрестностях сверхгиганта в 2012 году действительно обнаружена охватывающая его дуга вещества неизвестного происхождения. Астрофизики ранее полагали, что это ударная волна, создаваемая в межзвёздной среде быстро движущейся звездой, однако, как оказалось, существует и другое объяснение её происхождения.

Любопытно, что поглощение звездой своего компаньона может отдалить срок превращения сверхгиганта в сверхновую. Дело в том, что вещество компаньона, слившись с ядром Бетельгейзе, искусственно «омолодило» его.

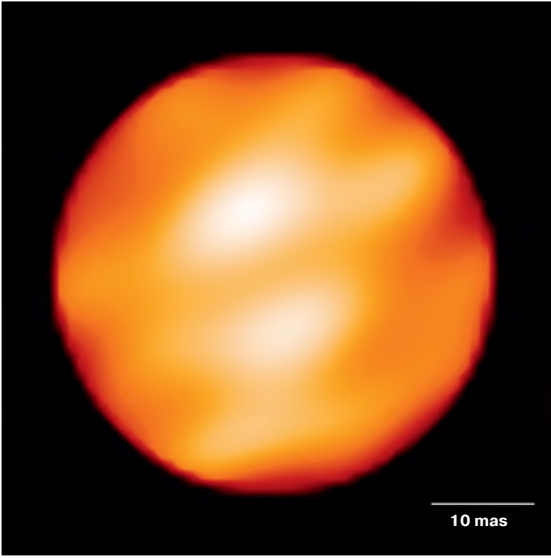
Несмотря на эволюционную «старость», возраст Бетельгейзе всего 8—8,5 миллиона лет. На момент рождения звезды на Земле уже давно вымерли динозавры и вот-вот должны были появиться далёкие предки человека — гоминиды.

Судя по всему, Бетельгейзе начинала как голубой гигант с массой более 20 солнечных, а такие звёзды горячие и светят ярко, но быстро «сгорают».

Температура на поверхности Бетельгейзе около 3600 К (у Солнца — 6000 К). Её светимость благодаря огромному размеру в 90—150 тысяч раз превосходит солнечную. Видимая звёздная величина в оптическом диапазоне с учётом данных XIX века и 2020 года $0^m-1,6^m$. Заметим, что, если бы наши глаза были чувствительны к инфракрасному излучению, Бетельгейзе была бы ярчайшей звездой неба, здесь её блеск достигает -4^m !

Как ни странно, но большая яркость Бетельгейзе подчас доставляет проблемы астрономам. Современные телескопы, предназначенные для поиска очень далёких и слабых объектов, имеют чувствительное оборудование, которое столь яркая звезда может попросту сжечь. Поэтому наблюдателям приходится предпринимать различные меры, чтобы этого не произошло. Например, кембриджские астрономы поворачивали свой телескоп с такой скоростью, чтобы ни один участок приёмной матрицы не подвергался воздействию света Бетельгейзе слишком долго.

Бетельгейзе обычно считается одиночной изолированной звездой, убегающей со скоростью около 30 км/с от места сво-



На изображении, полученном с помощью интерферометра IOTA (США) в инфракрасном диапазоне, видны два больших ярких пятна (конвективные ячейки) на поверхности Бетельгейзе. Их температура на 500 градусов выше окружающей поверхности. Более крупное пятно имеет размер, в полтора раза превышающий расстояние от Земли до Солнца.

его рождения, которое до конца неясно. Исходя из своего нынешнего положения и движения, «отматывание» назад во времени привело бы Бетельгейзе на 290 парсеков в сторону от галактической плоскости, в район, где нет области звездообразования. Это невозможное место рождения.

Наиболее вероятный сценарий звездообразования для Бетельгейзе предполагает, что это «убегающая» звезда из Ассоциации Орион OB1, области звездообразования вблизи Пояса Ориона (звёзды Альнитак, Альнилам и Минтака). Гравитационное взаимодействие или вспышка сверхновой когда-то выбросили её из колыбели. Проблема в том, что линия движения Бетельгейзе не пересекается с этой областью. Так что, видимо, звезда потом меняла курс под воздействием другого близлежащего взрыва сверхновой.

Бетельгейзе прекрасно видна невооружённым глазом и потому известна с глубокой древности. Она упомянута в Альмагесте Клавдия Птолемея как «яркая красноватая звезда на правом плече Ориона». Некоторые историки полагают,

что древние астрономы знали и о переменности звезды. Однако однозначно это утверждать трудно, достоверных сведений до нас не дошло. В новое время переменность Бетельгейзе открыл Джон Гершель в 1836 году. Как правило, Бетельгейзе — вторая по яркости звезда в созвездии Ориона после Ригеля ($0,1^m$). Однако, как отмечал сам Гершель, временами она затмевает его. Так или иначе, но в «Уранометрии» Иоганна Байера, первом атласе звёздного неба современного типа, изданном в 1603 году, Бетельгейзе получила обозначение «альфа», а так обычно именуют ярчайшую звезду в созвездии.

Систематические фотометрические измерения яркости Бетельгейзе с 1920-х годов ведёт Американская ассоциация наблюдателей переменных звёзд (AAVSO), а последние полвека — астрономы из Университета Вилланова (США). Астроном этого университета Эдвард Гинан стал первым, кто сообщил об экстраординарном потемнении Бетельгейзе.

Бетельгейзе — одна из самых наблюдаемых звёзд, поскольку позволяет детально изучить процессы, происходящие с красными сверхгигантами. Многолетние исследования выявили, что яркость Бетельгейзе меняется, подчиняясь нескольким циклам разной длительности. Такие звёзды называют полуправильными переменными. Накладываясь друг на друга, в сочетании с различными случайными процессами, эти циклы приводят к достаточно сложной и плохо предсказуемой периодичности блеска. Основной цикл изменений имеет длительность около 420 дней. Чуть менее выражен более длительный вторичный цикл продолжительностью около 2100 дней (примерно 5,7 года). Кроме них выявлены изменения с периодами 100—180 дней; 1,05; 6,5; 8,8 и 20,5 года.

Природа длинного вторичного цикла пока не выяснена, а вот основной характерен для красных сверхгигантов. Он связан с пульсациями звезды, которые происходят благодаря расположенному под фотосферой звезды слою дважды ионизированного гелия, играющего роль клапана. Как известно, звезда имеет размер, соответствующий равновесию между силами гравитации и давления излучения изнутри. Распухшая звезда

теряет энергию излучения и начинает сжиматься под действием гравитации. Плотность и температура гелия при этом растут до значений, при которых начинается процесс второй его ионизации. Слой такого гелия непрозрачен для излучения, идущего из недр звезды, и эффективно поглощает его, нагреваясь и расширяясь вместе со звездой. Но при этом температура падает и гелий восстанавливается, становясь прозрачным для излучения, которое покидает звезду, приводя к её сжатию, и всё повторяется. Это похоже на периодическое надувание и спускание воздушного шарика.

Во время пульсаций у Бетельгейзе сильно меняется размер. По некоторым оценкам, изменения её радиуса могут составлять около 400 радиусов Солнца.

ЗАТУХАНИЕ 2019 ГОДА

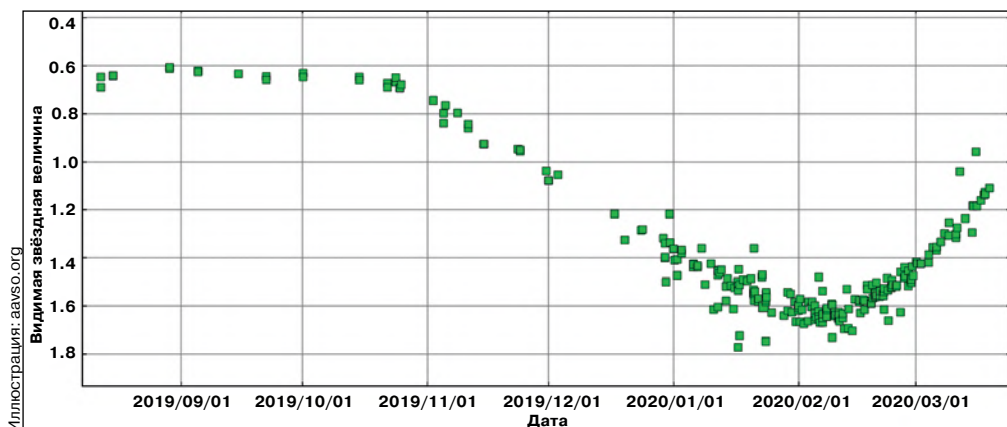
Как показали наблюдения за последние 100 лет, Бетельгейзе может изменять свой блеск в довольно широких пределах: от $0,4^m$ до $1,2^m$, что соответствует изменению яркости не более чем на 25%. Поэтому, когда в октябре 2019 года звезда начала гаснуть, это не вызвало удивления. Однако в декабре 2019 года яркость упала более чем на 30%, что было беспрецедентно за весь период наблюдений. Это привлекло внимание астрономов. К концу месяца её блеск составил $1,4^m$, а температура поверхности упала на 80 К. В начале февраля блеск Бетельгейзе упал до рекордных $1,66^m$, а температура поверхности — на 100 К. Звезда потеряла около двух третей

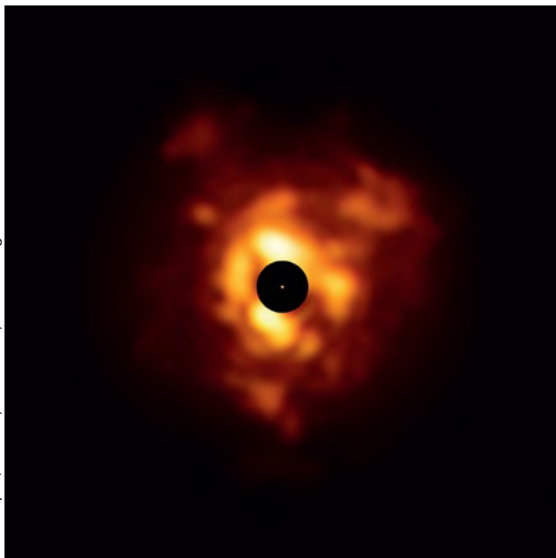
своего блеска, что заметно даже невооруженным глазом. Но после 7 февраля начался его рост, к 20 марта он поднялся до $1,1^m$. Так что можно ожидать, что через некоторое время Бетельгейзе засияет, как прежде. Предсказаниям катастрофы не суждено сбыться.

Одно из немногих мест на Земле, где можно получить высококачественное изображение поверхности Бетельгейзе, — очень большой телескоп Южной европейской обсерватории на горе Серро Параналь в Чили (VLT, ESO). Группа астрономов под руководством Мигеля Монтарже (Miguel Montargès) из Лёвенского католического университета в Бельгии в декабре 2019 года с помощью инструмента SPHERE получила великолепное новое изображение поверхности Бетельгейзе в оптическом диапазоне. Удачно получилось, что они исследовали звезду и в январе 2019 года, ещё до того, как она начала тускнеть. Это позволило сравнить изображения Бетельгейзе до и после падения её блеска и наглядно увидеть изменения, произошедшие как с блеском, так и с видимой формой звезды. На новых снимках звезда выглядит довольно несимметричной и совсем непохожей на привычное для нас плотное, почти идеально круглое Солнце.

Пока причины потемнения Бетельгейзе остаются до конца не прояснёнными. Астрономы предложили несколько объяснений этого явления, но ни одного из них по отдельности недостаточно для описания всех наблюдений. По крайней

Наблюдаемая видимая звёздная величина Бетельгейзе в период с августа 2019 года по 20 марта 2020 года, по данным Американской ассоциации наблюдателей переменных звёзд (AAVSO).





Изображение пылевого облака вокруг Бетельгейзе, полученное с помощью инфракрасного приёмника VISIR на телескопе VLT в Чили (ESO) в декабре 2019 года. Чёрный диск маскирует звезду и центральную зону, так как они очень яркие и не позволяют без этого увидеть более слабые пылевые струи. Размер точки в центре соответствует размеру Бетельгейзе (близок к размеру орбиты Юпитера).

мере, понижения температуры на 100 К и сопровождающего его уменьшения радиуса звезды явно недостаточно, чтобы вызвать такое сильное снижение блеска.

Как и у всех «действующих» звёзд, в ядре Бетельгейзе протекают термоядерные реакции синтеза, выделяющие огромные количества тепла. Тепло передаётся на поверхность посредством конвекции. Возникающие при этом потоки плазмы получили название конвективных ячеек. На поверхности звезды они проявляют себя в виде пятен. Впервые их обнаружили на поверхности Бетельгейзе в 1990-е годы. Подобные образования на Солнце называются гранулами. Благодаря им поверхность звезды похожа на кипящую жидкость. Вот только если на Солнце их размер порядка 1500 км, то на гигантской Бетельгейзе размеры ячеек сопоставимы с расстоянием от Земли до Марса и могут достигать 60% диаметра самой звезды.

За последние 10 лет астрономы неоднократно наблюдали на Бетельгейзе гигантские светлые пятна, соответствующие участкам горячей плазмы. Их температу-

ра составляет 4—5 тысяч кельвинов. Помимо конвекции за их образования могут отвечать пульсации звезды, нагревающие плазму, ударные волны, возникающие в атмосфере Бетельгейзе при столкновении потоков плазмы в её недрах, и другие процессы.

Возникновение, изменение и исчезновение огромных конвективных ячеек — одна из причин изменчивости Бетельгейзе. А одно из главных объяснений потемнения звезды заключается в появлении большой необычно холодной конвекционной ячейки. Это объясняет и наблюдаемую несимметричную форму звезды.

Впрочем, многие астрофизики полагают, что конвекционная ячейка не может объяснить столь сильное потемнение звезды. Более привлекательной им кажется гипотеза, что Бетельгейзе была скрыта от нас облаком околосвёздной холодной пыли.

Звёзды на стадии красного сверхгиганта имеют огромный размер и, следовательно, удерживают свои внешние слои меньшей силой гравитации. Это приводит к тому, что вещество звезды, выдуваемое звёздным ветром, покидает её, формируя в окружающем пространстве гигантские облака пыли. Исследования Бетельгейзе показали, что она теряет вещество не равномерно, а большими порциями. На её поверхности образуются огромные пузыри, подчас сопоставимые по размеру с самой звездой, которые, лопааясь, выбрасывают её вещество в космос. Каждый год звезда теряет массу, сопоставимую с массой Земли.

Выброшенная пыль выглядит как светящаяся туманность в непосредственной близости от звезды. Однако её практически невозможно увидеть в обычный телескоп, поскольку яркий свет Бетельгейзе затмевает свечение туманности. Подобная проблема возникает и при наблюдении короны Солнца. Её решают, создавая искусственное затмение, закрывая при наблюдении солнечный диск. Так же поступили астрономы при наблюдении Бетельгейзе при помощи инфракрасного датчика VISIR, который был установлен на телескопе VLT. Заслонив звезду, они в 2011 году получили изображение этой туманности. Она простирается на рас-

стояние в 60 миллиардов километров от Бетельгейзе (примерно 400 а. е.), что на порядок дальше орбиты Нептуна. Другое наблюдение обнаружило дугу холодного газа массой в две трети земной и температурой 150 К на расстоянии 50 а. е. (это максимальное удаление Плутона от Солнца). Она протянулась на расстояние, равное расстоянию от Солнца до Нептуна.

Во всём объёме газопылевого облака происходят сложные хаотические движения, вызывающие изменение количества света Бетельгейзе, достигающего Земли. Особенно густое облако пыли вполне могло вызвать столь сильное наблюдаемое падение яркости звезды. В пользу этой гипотезы говорит то, что с помощью инструмента VISIR в декабре 2019 года астрономам удалось обнаружить огромное облако вещества, испущенного Бетельгейзе. А спектры Бетельгейзе, полученные в феврале 2020 года прибором HARPS в обсерватории Ла-Силья в Чили (ESO), выявили заметное присутствие там оксида титана TiO , поглощающего большую часть видимого света и поэтому непрозрачного для него.

Хотя, возможно, на яркость звезды влияют сразу несколько факторов, в том числе совпадающие минимумы длинного и короткого циклов.

ЭВОЛЮЦИЯ И ВЗРЫВ СВЕРХНОВОЙ

Астрофизики полагают, что Бетельгейзе покинула главную последовательность около миллиона лет назад и пребывает в статусе красного сверхгиганта около 40 000 лет (разброс оценок от 20 000 до 140 000 лет). Оценить время пребывания Бетельгейзе в виде красного сверхгиганта можно, сравнив скорость потери массы звездой с количеством вещества в окружающем её пространстве, а также по содержанию тяжёлых элементов на её поверхности. Однако точная оценка затруднена из-за того, что Бетельгейзе — бегущая звезда и могла потерять по дороге некоторую часть окружающего её облака, к тому же выбросы вещества могут варьироваться в широких пределах.

Хотя, если верить китайским учёным, опубликовавшим исследование в 1978 году, этот срок может быть значительно меньше. Дело в том, что китайский

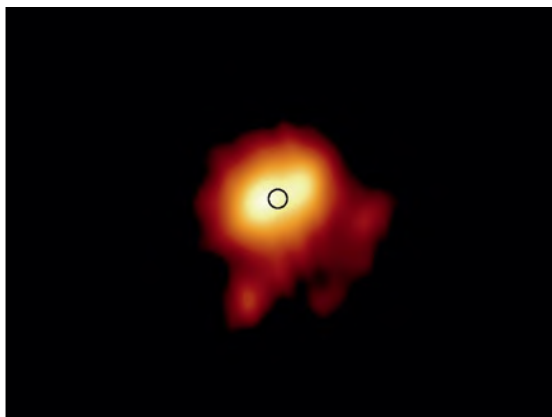


Иллюстрация: University of Manchester

Изображение Бетельгейзе, полученное интерферометром e-MERLIN из семи радиотелескопов (Англия). Видны яркие пятна на поверхности и огромный шлейф пыли размером с Солнечную систему. Чёрный кружок показывает размер звезды.

астроном I века до н. э. Сыма Цянь в своём трактате перечислил эталонный список цветов звёзд: «белый, как Сириус, красный, как Антарес, жёлтый, как Бетельгейзе, голубой, как Беллатрикс». Любой современный астроном полностью согласен с цветами Сириуса, Антареса и Беллатрикса. Но Бетельгейзе не жёлтая, а красная, как Антарес! Причём об этом, как говорилось выше, писал уже Птолемей, живший спустя 300 лет после китайского астронома. Что это, ошибка или нет?

Разумеется, мы можем предположить, что не совсем правильно понимаем написанное 2000 лет тому назад, но остаётся факт, что Сыма Цянь однозначно различал цвета Бетельгейзе и Антареса, в то время как сейчас их цвета практически идентичны, да и жёлтый цвет в списке должен присутствовать. Так что, если верить ему и Птолемею, Бетельгейзе резко изменила цвет на рубеже нашей эры. Но может ли такое быть? Конечно. Горячая голубая звезда эволюционирует в красную с температурой поверхности около 4000 К как раз через стадию жёлтой звезды с температурой примерно 5500 К. При этом в размере звезда увеличивается вдвое. Таким образом, не исключено, что Бетельгейзе перешла в стадию красного сверхгиганта почти на наших глазах, что представляет огромный интерес для астрофизиков, занимающихся эволюцией

звёзд. Ведь тогда мы будем иметь редчайший случай, когда известно время одного из этапов жизни звезды, что позволяет проверить эволюционные модели.

В соответствии с современными представлениями об эволюции звёзд красный сверхгигант с массой больше 8 солнечных должен превратиться в сверхновую второго типа с гравитационным коллапсом ядра (см. статью на с. 81). Этот катастрофический взрыв уничтожит Бетельгейзе, скорее всего, оставив на её месте нейтронную звезду. Когда это произойдёт, неизвестно, возможно — скоро, а может, через сто тысяч лет, причём последний срок, по мнению специалистов, более вероятен. Как пошутил астроном из Калифорнийского университета в Беркли Алексей Филиппенко в интервью изданию «The New York Times», «не задерживайте дыхание в ожидании большого взрыва, если вы не умеете задерживать дыхание в течение 100 000 лет». Вполне вероятно, что в дальнейшем астрономам удастся уменьшить возможный интервал, получив более точные данные о звезде — её массе, размере, светимости и скорости вращения. В любом случае Бетельгейзе находится в самом верху списка кандидатов в сверхновые.

Вспышка сверхновой в нашей Галактике — чрезвычайно редкое явление. Последний раз оно произошло в 1604 году. Это была Сверхновая Кеплера, названная в честь открывшего и изучившего её немецкого астронома. В 1987 году астрономы смогли наблюдать сверхновую SN 1987A, вспыхнувшую в спутнике Млечного Пути — Большом Магеллановом Облаке. Хотя это была самая близкая сверхновая после 1604 года, видимая даже невооружённым взглядом, находилась она достаточно далеко, в 168 000 световых лет от нас.

Так что неудивительно, что астрономы хотели бы живую наблюдать это редчайшее явление, причём близость к нам Бетельгейзе позволит рассмотреть все детали процесса и проверить теоретические представления. Характеристики сверхновой изменяются в зависимости от массы звезды, полной энергии взрыва и, что важно, её радиуса. Это означает, что пульсации Бетельгейзе делают предсказание процесса взрыва значительно сложнее.

Чтобы не пропустить такое событие, физики уже создали инструмент, который

будет способен предупредить астрономов о грядущей вспышке сверхновой, — нейтринные детекторы. Ведь сверхновой с коллапсом ядра будет предшествовать увеличение потока нейтрино и антинейтрино от тепловых и слабых ядерных процессов в звезде. Обнаружение сверхновых станет одной из основных задач японского детектора Супер-Камиоканде (проект SK-Gd). Японские физики обещают предупредить астрономов о вспышке сверхновой в радиусе 600 парсек за 10 часов до начала коллапса.

А обычные люди хотят просто увидеть незабываемое феерическое зрелище. Сверхновая, в которую превратится Бетельгейзе, в течение нескольких недель по яркости сравнится с полной Луной, так что предметы станут отбрасывать тени ночью. Её пиковая видимая величина будет находиться в диапазоне от -8^m до -12^m . Она даже станет видна в дневное время. Так продолжится около трёх месяцев, прежде чем сверхновая медленно угаснет, оставив после себя быстро растущий туманный остаток, который примерно через три года вернётся на текущую яркость звезды. А приблизительно через шесть лет на месте Бетельгейзе уже ничего не будет видно.

Однако ожидающих зрелище придётся разочаровать: в ближайшее время оно не состоится. Бетельгейзе медленно, но верно снова набирает яркость. А астрономы в данном случае даже не ждали вспышки сверхновой. Ни потеря массы, ни падение яркости ещё не служат признаком близости взрыва. Данные о SN 1987A и сверхновых в более отдалённых галактиках свидетельствуют о том, что эти звёзды теряли массу за годы, десятилетия и столетия до того, как они взорвались.

Не состоится и «конец света», который ждут некоторые люди. Сверхновая представляет для Земли опасность, если располагается ближе 50 световых лет. Бетельгейзе же расположена значительно дальше. Так что Земля находится на безопасном расстоянии. Что касается ударной волны и остатков звезды, то, согласно исследованию, опубликованному в 2016 году в «Астрофизическом журнале», потребуется шесть миллионов лет, прежде чем они доберутся до Солнечной системы, значительно ослабленными.