

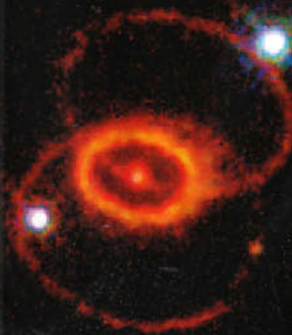
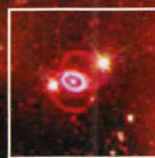
ВСПЫШКА

ОДНИМ ИЗ ВАЖНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ XX СТОЛЕТИЯ СТАЛО ПОНИМАНИЕ ТОГО ФАКТА, ЧТО ПОЧТИ ВСЕ ЭЛЕМЕНТЫ, КОТОРЫЕ ТЯЖЕЛЕЕ ВОДОРОДА И ГЕЛИЯ, ОБРАЗУЮТСЯ ВО ВНУТРЕННИХ ЧАСТЯХ ЗВЕЗД И ПОСТУПАЮТ В МЕЖЗВЕЗДНУЮ СРЕДУ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЗРЫВА СВЕРХНОВЫХ — ОДНОГО ИЗ НАИБОЛЕЕ МОЩНЫХ ЯВЛЕНИЙ ВО ВСЕЛЕННОЙ.

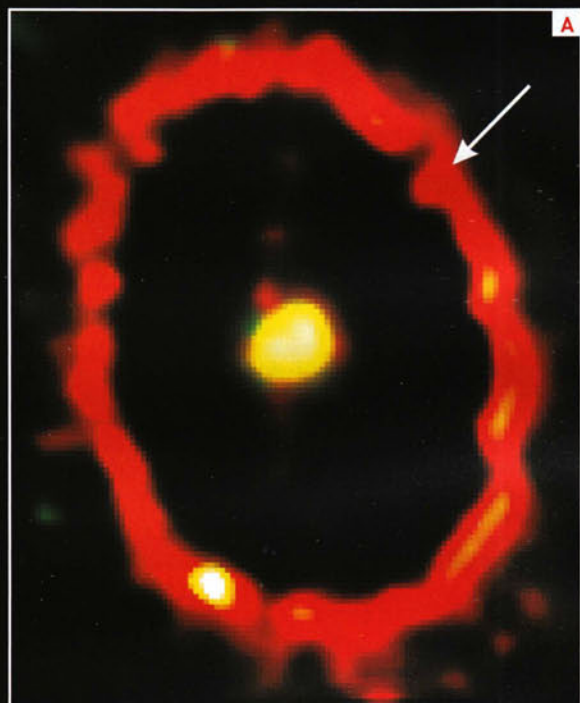
▲ Сверкающие звезды и ключья газа создают захватывающий дух фон для картины саморазрушения массивной звезды, названной сверхновой 1987А. Ее взрыв астрономы наблюдали в Южном полушарии 23 февраля 1987 года. Это изображение, полученное телескопом «Хаббл», показывает остатки сверхновой, окруженные внутренним и внешним кольцами вещества в диффузных облаках газа. Этот трехцветный снимок составлен из нескольких фотографий сверхновой и сосед-

ней с ней области, которые были сделаны в сентябре 1994, феврале 1996 и июле 1997 года. Многочисленные яркие голубые звезды вблизи сверхновой — это массивные звезды, каждая из которых возрастом около 12 млн. лет и в 6 раз тяжелее Солнца. Все они относятся к тому же поколению звезд, что и взорвавшаяся. Присутствие ярких газовых облаков — еще один признак молодости этой области, которая все еще является плодородной почвой для рождения новых звезд.

◀ «Хаббл» обнаружил кольца светящегося газа, опоясывающие место взрыва сверхновой 1987А. Возможно, два кольца могут быть «нарисованы» высокоэнергетическим излучением или частицами, аналогично тому, как световой лазерный луч чертит круги на экране. Источником излучения могут быть ранее неизвестные звездные остатки второго компонента звезды, взорвавшейся в 1987 году. На изображении, полученном «Хабблом», виден слабосветящийся объект на месте предполагаемого источника.



Мощное возмущение, вызванное взрывом, распространяется с огромной скоростью, а зона такого взрыва за несколько десятков тысяч лет покрывает гигантские области межзвездной среды. Физические условия таких областей резко отличаются от тех, что характеризуют «невозмущенную» среду: очень горячая (нагретая до нескольких миллионов градусов) плазма и значительно превышающие средние значения плотность космических лучей и напряженность магнитного поля. Выброшенное взорвавшейся звездой вещество, попадая в межзвездную среду, может участвовать в формировании новых звезд и планетных систем. Именно поэтому сверхновые звезды и их остатки являются одним из центральных объектов изучения для современной астрофизики, ведь здесь переплетаются такие важные проблемы, как эволюция нормальных звезд, рождение нейтронных звезд и других сколлапсировавших объектов, образование тяжелых элементов, космических лучей и многое другое.



◀ Кольцо на изображении (A), полученном телескопом «Хаббл» в 1994 году, показывает светящееся газовое кольцо вокруг сверхновой 1987А. Изображение (B) — недавние наблюдения 1997 года телескопа «Хаббл» показывают увеличение яркости узлов на верхней правой стороне кольца. Это место мощных столкновений между движущейся наружу взрывной волной и внутренними частями околосредного кольца. Столкновения нагревают газ и застав-

ляют его светить ярче. Это, вероятно, первый сигнал драматических и сильных столкновений, которые будут иметь место в последующие несколько лет, омолаживая сверхновую как мощный источник рентгеновского и радиоизлучения. Белая серпообразная материя в центре — видимая часть рассеянной звезды, несущаяся со скоростью 3 000 км/с, которая нагревается радиоактивными элементами, возникшими при взрыве звезды.

ФОРМИРОВАНИЕ СВЕЯЩЕГОСЯ КОЛЬЦА ВОКРУГ СВЕРХНОВОЙ 1987А



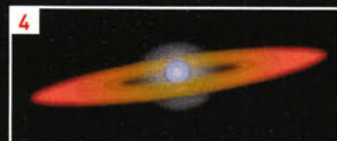
20 000 лет назад. Более крупная звезда в двойной системе раздувается, становясь красным гигантом.



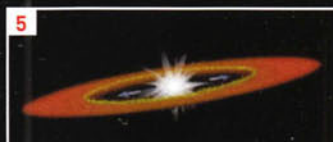
Красный гигант отдает материю голубой звезде, причем некоторая ее часть формирует диск.



Две звезды сливаются в одну голубую звезду, окруженную газовым диском.



«Ветер» со стороны звезды создает отверстие в диске.



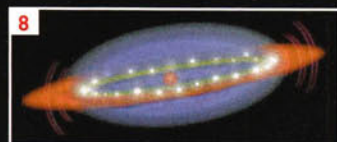
Февраль 1987 г. Вспышка сверхновой освещает внутренний край кольца.



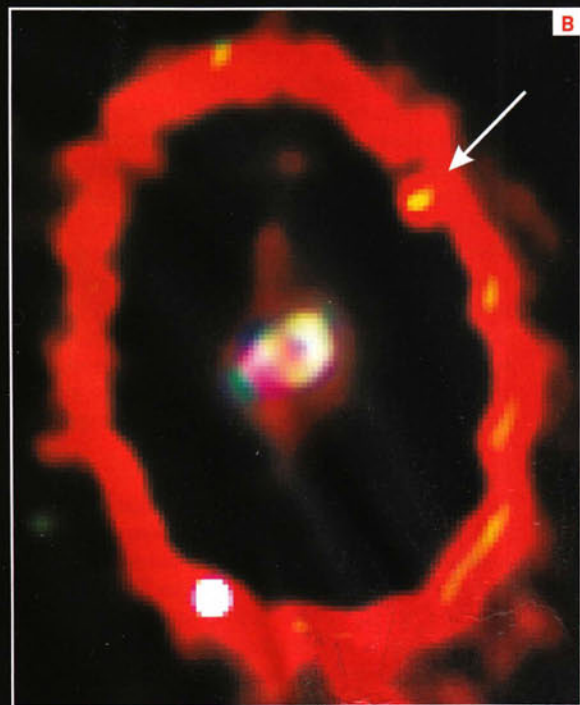
1991—1996 гг. Взрывная волна и поток обломков быстро распространяются в пространстве.



1997 г. Взрывная волна достигает внутреннего края кольца, вызывая точечные вспышки.



2007 г. Вспышки происходят по всему внутреннему краю, формируя светящееся кольцо.



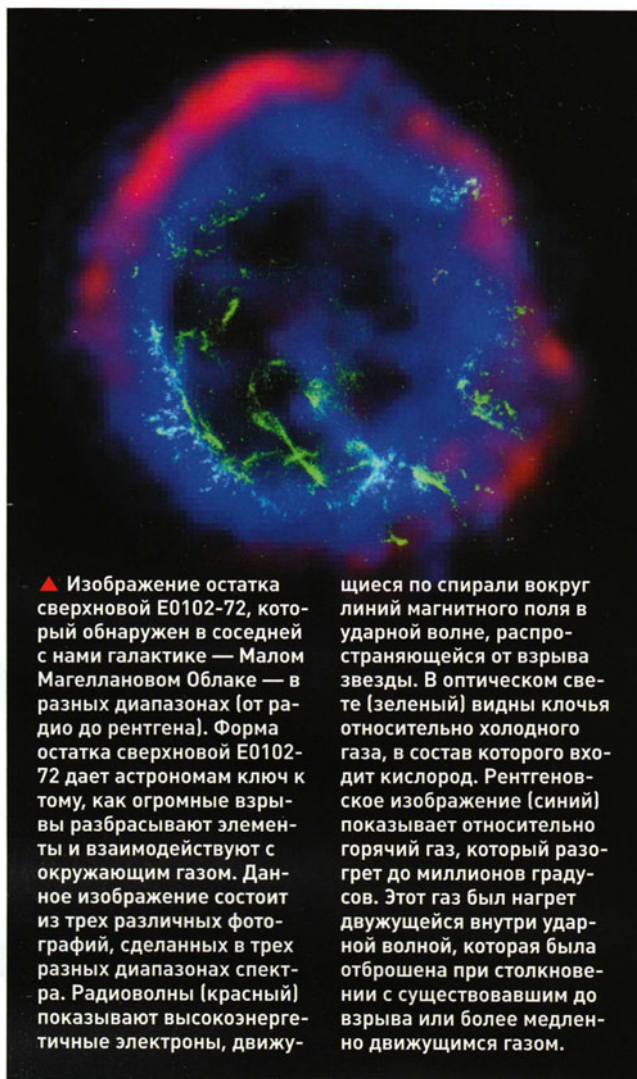
Первоначально все звезды, блеск которых внезапно увеличивался более чем в 1 000 раз, называли новыми. Вспыхивая, такие звезды неожиданно появлялись на небе, нарушая привычную конфигурацию созвездия, и увеличивали свой блеск в максимуме, в несколько тысяч раз, затем их блеск начинал резко падать, а через несколько лет они становились такими же слабыми, какими были до вспышки. Повторяемость вспышек, при каждой из которых звезда с большой скоростью выбрасывает до одной тысячной своей массы, является для новых звезд характерной. И все же при всей грандиозности явления подобной вспышки оно не бывает связано ни с коренным изменением структуры звезды, ни с ее разрушением.

За пять тысяч лет сохранились сведения о более чем 200 ярких вспышках звезд, если ограничиться такими, которые не превышали по блеску 3-ю звездную величину. Но когда была установлена внегалактическая природа туманностей, стало ясно, что вспыхивающие в них новые звезды по своим характеристикам превосходят обычные новые, так как их светимость часто оказывалась равной светимости всей галактики, в которой они вспыхивали. Необычайность таких явлений привела астрономов к мысли, что такие события — нечто совсем не похожее на обычные новые звезды, а потому в 1934 году по предложению американских астрономов Фрица Цвикки и Вальтера Бааде те звезды, вспышки которых в максимуме блеска достигают светимостей нормальных галактик, были выделены в отдельный, самый яркий по светимости и редкий класс сверхновых звезд.

В отличие от вспышек обыкновенных новых звезд вспышки сверхновых в современном состоянии нашей Галактики — явление крайне редкое, происходящее не чаще чем раз в 100 лет. Наиболее яркими были вспышки в 1006 и 1054 годах, сведения о них содержатся в китайских и японских трактатах. В 1572 году вспышку такой звезды в созвездии Кассиопеи наблюдал выдающийся астроном Тихо Браге, последним же, кто следил за явлением сверхновой в созвездии Змееносца в 1604 году, был Иоганн Кеплер. За четыре столетия «телескопической» эры в астрономии подобных вспышек в нашей Галактике не наблюдалось. Положение Солнечной системы в ней таково, что нам оптически доступны наблюдения вспышек сверхновых примерно в половине объема, а в остальной ее части яркость вспышек приглушена межзвездным поглощением. В.И. Красовский и И.С. Шкловский подсчитали, что вспышки сверхновых звезд в нашей Галактике происходят в среднем раз в 100 лет. В других галактиках эти процессы происходят примерно с той же частотой, поэтому основные сведения о сверхновых в стадии оптической вспышки были получены по наблюдениям за ними в других галактиках.

Понимая важность изучения столь мощных явлений, астрономы В. Бааде и Ф. Цвикки, работавшие на Паломарской обсерватории в США, в 1936 году начали планомерный систематический поиск сверхновых. В их распоряжении был телескоп системы Шмидта, позволявший фотографировать области в несколько десятков квадратных градусов и дававший очень четкие изображения даже слабых звезд и галактик. За три года в разных галактиках ими были обнаружены 12 вспышек сверхновых, которые затем исследовались с помощью фотометрии и спектроскопии. По мере совершенствования наблюдательной техники количество вновь обнаруженных сверхновых неуклонно возрастало, а последующее внедрение автоматизированного

Старинные летописи и хроники сообщают, что изредка на небе внезапно появлялись звезды исключительно большой яркости. Сначала они быстро увеличивали свой блеск, а затем медленно, в течение нескольких месяцев, угасали и переставали быть видимыми. Вблизи максимума блеска некоторые из этих звезд были видны даже днем.



▲ Изображение остатка сверхновой E0102-72, который обнаружен в соседней с нами галактике — Малом Магеллановом Облаке — в разных диапазонах (от радио до рентгена). Форма остатка сверхновой E0102-72 дает астрономам ключ к тому, как огромные взрывы разбрасывают элементы и взаимодействуют с окружающим газом. Данное изображение состоит из трех различных фотографий, сделанных в трех разных диапазонах спектра. Радиоволны (красный) показывают высокоэнергетичные электроны, движу-

щиеся по спирали вокруг линий магнитного поля в ударной волне, распространяющейся от взрыва звезды. В оптическом свете (зеленый) видны ключья относительно холодного газа, в состав которого входит кислород. Рентгеновское изображение (синий) показывает относительно горячий газ, который разогревается до миллионов градусов. Этот газ был нагрет движущейся внутри ударной волной, которая была отброшена при столкновении с существовавшим до взрыва или более медленно движущимся газом.

поиска привело к лавинообразному росту числа открытий (более 100 сверхновых в год при общем количестве — 1 500). В последние годы на крупных телескопах был начат также поиск очень далеких и слабых сверхновых, так как их исследования могут дать ответы на многие вопросы о строении и судьбе всей Вселенной. За одну ночь наблюдений на таких телескопах можно открыть более 10 далеких сверхновых.

В результате взрыва звезды, который наблюдается как явление сверхновой, вокруг нее образуется туманность, расширяющаяся с огромной скоростью (порядка 10 000 км/с). Большая скорость расширения — главный признак, по которому остатки вспышек сверхновых отличают от других туманностей. В остатках сверхновых все говорит о взрыве огромной мощности, разметавшем наружные слои звезды и сообщившем отдельным кускам выброшенной оболочки огромные скорости.

КРАБОВИДНАЯ ТУМАННОСТЬ

Ни один космический объект не дал астрономам столько ценнейшей информации, как относительно небольшая Крабовидная туманность, наблюдаемая в созвездии Тельца и состоящая из газового диффузного вещества, разлетающегося с большой скоростью. Эта туманность, являющаяся остатком сверхновой, наблюдавшейся в 1054 году, стала первым гала-

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАЛИ, ЧТО СВЕРХНОВЫЕ НЕ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ОДНОРОДНОЙ ГРУППЫ ОБЪЕКТОВ — КАК СПЕКТРЫ, ТАК И КРИВЫЕ БЛЕСКА (ИЗМЕНЕНИЕ БЛЕСКА СО ВРЕМЕНЕМ) СВЕРХНОВЫХ СУЩЕСТВЕННО РАЗЛИЧАЛИСЬ. СПЕКТРАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗДЕЛИЛА ИХ НА ДВА ТИПА: SN I И SN II.

СВЕРХНОВЫЕ SN I имеют весьма сходные спектры (с отсутствием водородных линий) и формы кривых блеска, в то время как спектры SN II содержат яркие линии водорода и отличаются разнообразием как спектров, так и кривых блеска. В таком виде классификация сверхновых существовала до середины 80-х годов прошлого столетия. А с началом широкого применения ПЗС-приемников количество и качество наблюдательного материала существенно возросли, что позволило получать спектрограммы для недоступных прежде слабых объектов, с гораздо большей точностью определять интенсивность и ширину линий, а также регистрировать в спектрах более слабые линии. В результате казавшаяся установившейся двоичная классификация сверхновых стала быстро изменяться и усложняться. Различаются сверхновые и по типам галактик, в которых они вспыхивают. В спиральных галактиках вспыхивают сверхновые обоих типов, а

вот в эллиптических, где почти нет межзвездной среды и процесс звездообразования закончился, наблюдаются только сверхновые типа SN I, очевидно, до взрыва — это очень старые звезды, массы которых близки к солнечной. А так как спектры и кривые блеска сверхновых этого типа очень похожи, то, значит, и в спиральных галактиках взрываются такие же звезды. Закономерный конец эволюционного пути звезд с массами, близкими к солнечной, — превращение в белого карлика с одновременным образо-

ванием планетарной туманности. В составе белого карлика почти нет водорода, поскольку он является конечным продуктом эволюции нормальной звезды. Ежегодно в нашей Галактике образуется несколько планетарных туманностей, следовательно, большая часть звезд такой массы спокойно завершает свой жизненный путь, и только раз в сто лет происходит вспышка сверхновой SN I типа. Какие же причины определяют совершенно особый финал, не схожий с судьбой других таких

же звезд? Знаменитый индийский астрофизик С. Чандрасекар показал, что в том случае, если белый карлик имеет массу, меньшую, чем примерно 1,4 массы Солнца, он будет спокойно «доживать» свой век. Но если он находится в достаточно тесной двойной системе, его мощная гравитация способна «стягивать» материю со звезды-компаньона, что приводит к постепенному увеличению массы, и когда она переходит допустимый предел — происходит мощный взрыв, приводящий к гибели звезды.

▼ Иллюстрация показывает, как в тесной двойной системе газовая оболочка красного гиганта затягивается внутрь диска, окружающего белый карлик.

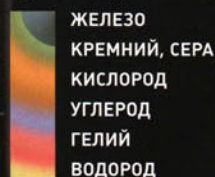


СВЕРХНОВЫЕ SN II явно связаны с молодыми, массивными звездами, в оболочках которых в большом количестве присутствует водород. Вспышки этого типа сверхновых считают конечной стадией эволюции звезд с начальной массой более 8—10 масс Солнца. Вообще же, эволюция таких звезд протекает достаточно быстро — за несколько миллионов лет они сжигают

свой водород, затем — гелий, превращающийся в углерод, а затем и атомы углерода начинают преобразовываться в атомы с более высокими атомными номерами. В природе превращения элементов с большим выделением энергии заканчиваются на железе, ядра которого являются самыми стабильными, и выделения энергии при их слиянии не происходит. Та-

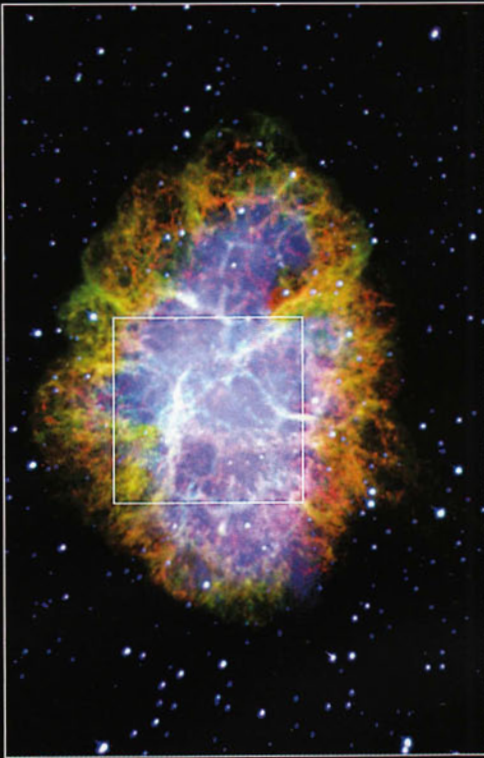


ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЯДРА ПЕРЕД КОЛЛАПСОМ



ким образом, когда ядро звезды становится железным, выделение энергии в нем прекращается, сопротивляться гравитационным силам оно уже не может, а потому начинает быстро сжиматься, или коллапсировать. Процессы, происходящие при коллапсе, все еще далеки от полного понимания. Однако известно, что если все вещество ядра превращается в

нейтроны, то оно может противостоять силам притяжения — ядро звезды превращается в «нейтронную звезду», и коллапс останавливается. При этом выделяется огромная энергия, поступающая в оболочку звезды и вызывающая расширение, которое мы и видим как вспышку сверхновой. Из этого следовало ожидать генетическую связь между вспышками сверхновых и образованием нейтронных звезд и черных дыр. Если эволюция звезды до этого происходила «спокойно», то ее оболочка должна иметь радиус, в сотни раз превосходящий радиус Солнца, а также сохранить достаточное количество водорода для объяснения спектра сверхновых SN II.



▲ Новая последовательность изображений остатка огромного звездного взрыва, полученная телескопом «Хаббл», дает астрономам глубже заглянуть в динамику связи между маленьким пульсаром «Краб» и огромной туманностью, которую он обеспечивает энергией. Цветное фото слева представляет собой полученное наземным телескопом изобра-

жение почти всей Крабовидной туманности, которая сформировалась после взрыва сверхновой более 900 лет назад. Туманность, размером 10 световых лет в поперечнике, расположена на расстоянии 7 000 световых лет в созвездии Тельца. Зеленые, желтые и красные волокна, сосредоточенные по краям туманности, являются остатком звезды, который был вы-

брошен в пространство взрывом. В центре Крабовидной туманности лежит пульсар «Краб» — сколапсировавшее ядро взорвавшейся звезды. Синее сияние во внутренней части туманности — это свет, который излучают энергетические электроны. Изображение справа получено космическим телескопом «Хаббл» и представляет собой внутреннюю область

«Краба». Сам пульсар виден как левая из пары звезд вблизи центра кадра. Пульсар окружен комплексом четких узлов и клочковатых образований. Это — одна из последовательностей изображений, которые получал «Хаббл» на протяжении нескольких месяцев. Она показывает, что внутренняя часть Крабовидной туманности более динамична, чем полагали ранее.

ктическим объектом, с которым был отождествлен источник радиоизлучения. Оказалось, что характер радиоизлучения ничего общего с тепловым не имеет: его интенсивность систематически возрастает с длиной волны. Вскоре удалось объяснить и природу этого явления. В остатке сверхновой должно быть сильное магнитное поле, которое удерживает созданные ею космические лучи (электроны, позитроны, атомные ядра), имеющие скорости, близкие к скорости света. В магнитном поле они излучают электромагнитную энергию узким пучком в направлении движения. Обнаружение нетеплового радиоизлучения у Крабовидной туманности подтолкнуло астрономов к поиску остатков сверхновых именно по этому признаку.

Особенно мощным источником радиоизлучения оказалась туманность, находящаяся в созвездии Кассиопеи, — на метровых волнах поток радиоизлучения от нее в 10 раз превышает поток от Крабовидной туманности, хотя она и значительно дальше последней. В оптических же лучах эта быстро расширяющаяся туманность очень слаба. Полагают, что туманность в Кассиопее — это остаток вспышки сверхновой, имевшей место около 300 лет назад.

Характерное для старых остатков сверхновых радиоизлучение показывает и система волокнистых туманностей в созвездии Лебедя. Радиоастрономия помогла отыскать еще много других нетепловых радиоисточников, которые оказались остатками сверхновых разного возраста. Таким образом, был сделан вывод, что остатки вспышек сверхновых, случившихся даже десятки тысяч лет назад, выделяются среди других туманностей своим мощным нетепловым радиоизлучением.

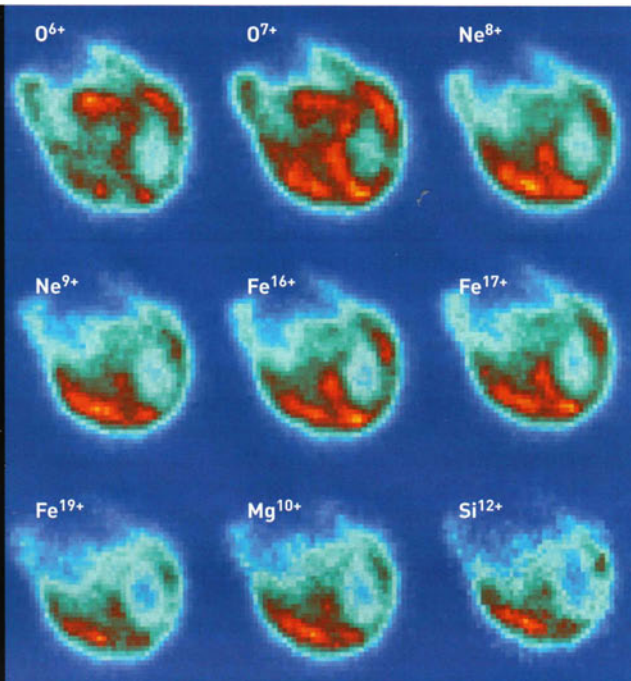
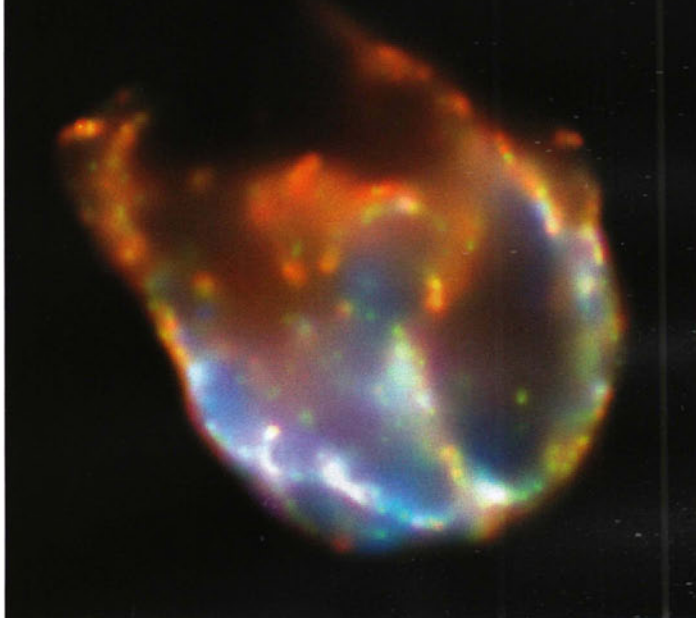
Как уже говорилось, Крабовидная туманность стала первым объектом, у которого было обнаружено рентгеновское излучение. В 1964 году удалось обнаружить, что источник рентгеновского излучения, исходящего из нее, протяженный, хотя его угловые размеры в 5 раз меньше угловых размеров самой Крабовидной туманности. Из чего был сделан вывод, что рентгеновское излучение испускает не звезда, некогда вспыхнувшая как сверхновая, а сама туманность.

ВЛИЯНИЕ СВЕРХНОВЫХ

23 февраля 1987 года в соседней с нами галактике — Большом Магеллановом Облаке — вспыхнула сверхновая, ставшая чрезвычайно важной для астрономов, поскольку была первой, которую они, вооружившись современными астрономическими инструментами, могли изучить в деталях. И эта звезда дала подтверждение целой серии предсказаний. Одновременно с оптической вспышкой специальные детекторы, установленные на территории Японии и в штате Огайо (США), зарегистрировали поток нейтрино — элементарных частиц, рождающихся при очень высоких температурах в

▼ Остаток сверхновой N132D, который находится на расстоянии 180 000 световых лет в Большом Магеллановом Облаке, составляет в поперечнике 80 световых лет. Свет от взрыва сверхновой достиг нашей планеты 3 000 лет назад. На этом четком цветном рентгеновском изображении огромные космические обломки, образовавшиеся при взрыве массивной звезды, напоминают лошадиную подкову. Остаток этой сверхновой все еще излучает в рентгеновском диапазоне, и это излучение было

обнаружено космической обсерваторией «Чандра». Так как рентгеновские лучи невидимы глазом, X-изображение представляется видимыми цветами для лучей разных энергий. Низкоэнергетические рентгеновские лучи обозначены красным, среднеэнергетические — зеленым, высокоэнергетические — синим цветом. Такие цвета выбраны, чтобы показать, что X-лучи упорядочены так же, как фотоны видимого света, от низких до высоких энергий: красный, зеленый, голубой.



▲ Наблюдения космической станции XMM-Newton с помощью спектрометров, дополненные изображениями, полученными European Photon Imaging Camera (EPIC), предоставили рентгеновские спектры высокого разрешения расширяющегося остатка сверхновой N132D. В узкой полосе длин волн каждое изображение EPIC-MOS представляет распределение 9 различных элементов. Можно за-

метить различие между более и менее ионизованными областями. Богатый кислородом газ находится в северо-восточной части остатка, где нет других элементов, излучающих рентгеновские лучи. Это может объясняться либо относительно низкой температурой газа, либо результатом взаимодействия взрывной волны от сверхновой с богатым кислородом звездным ветром до взрыва.

процессе коллапса ядра звезды и легко проникающих сквозь ее оболочку. Эти наблюдения подтвердили ранее высказанное предположение о том, что около 10% массы коллапсирующего ядра звезды излучается в виде нейтрино в тот момент, когда само ядро сжимается в нейтронную звезду. У очень массивных звезд при вспышке сверхновой ядра сжимаются до еще больших плотностей и, вероятно, превращаются в черные дыры, но сброс внешних слоев звезды все же происходит. В последние годы появились указания на связь некоторых космических гамма-всплесков со сверхновыми. Возможно, и природа космических гамма-всплесков связана с природой взрывов.

Вспышки сверхновых оказывают сильное и многообразное влияние на окружающую межзвездную среду. Сбрасываемая с огромной скоростью оболочка сверхновой сгребает и сжимает окружающий ее газ, что может дать толчок к образованию из облаков газа новых звезд. Группа астрономов во главе с доктором Джоном Хьюгесом (Rutgers University), используя наблюдения на орбитальной рентгеновской обсерватории «Чандра» (NASA), сделала важное открытие, проливающее свет на

Спустя много тысяч лет, выброшенные при взрыве облака газа начнут тормозиться окружающей средой, скорости их начнут падать и снизятся до сотен или даже десятков километров в секунду. Но еще задолго до этого не останется никаких видимых следов взорвавшейся звезды, и еще десятки тысяч лет будет существовать весьма своеобразная туманность, образовавшаяся во время гигантской космической катастрофы.

то, как при вспышках сверхновой звезды образуются кремний, железо и другие элементы. Рентгеновское изображение остатка сверхновой Cassiopeia A (Cas A) позволяет увидеть ступки кремния, серы и железа, выброшенные при взрыве из внутренних областей звезды.

Высокое качество, четкость и информативность получаемых обсерваторией «Чандра» изображений остатка сверхновой Cas A позволили астрономам не только определить химический состав многих узлов этого остатка, но и узнать, где именно эти узлы образовались. Например, самые компактные и яркие узлы состоят главным образом из кремния и серы с очень малым содержанием железа. Это указывает на то, что они образовались глубоко внутри звезды, где температура достигала трех миллиардов градусов во время коллапса, закончившегося взрывом сверхновой. В других узлах астрономы обнаружили очень большое содержание железа с примесями некоторого количества кремния и серы. Это вещество образовалось еще глубже — в тех частях, где температура во время взрыва достигала более высоких значений — от четырех до пяти мил-

лиардов градусов. Сравнение расположений в остатке сверхновой Cas A богатых кремнием как ярких, так и более слабых узлов, обогащенных железом, позволило обнаружить, что «железные» детали, происходящие из самых глубоких слоев звезды, располагаются на внешних краях остатка. Это означает, что взрыв выбросил «железные» узлы дальше всех остальных. И даже сейчас они, по-видимому, удаляются от центра взрыва с большей скоростью. Изучение полученных «Чандрой» данных позволит остановиться на одном из нескольких предложенных теоретиками механизмов, объясняющих природу вспышки сверхновой, динамику процесса и происхождение новых элементов.

СВЕРХНОВЫЕ И ПУЛЬСАРЫ

О том, что после взрыва сверхновой кроме расширяющейся оболочки и различных типов излучений остаются и другие объекты, стало известно в 1968 году благодаря тому, что годом раньше радиоастрономы открыли пульсары — радиоисточники, излучение которых сосредоточено в отдельных импульсах, повторяющихся через строго определенный промежуток времени. Ученые были поражены строгой периодичностью импульсов и краткостью их периодов. Наибольшее же внимание вызвал пульсар, координаты которого были близки к координатам очень интересной для астрономов туманности, расположенной в южном созвездии Парусов, которая считается остатком вспышки сверхновой звезды — его период составлял всего лишь 0,089 секунды. А после открытия пульсара в центре Крабовидной туманности (его период составлял 1/30 секунды) стало ясно, что пульсары каким-то образом связаны с взрывами сверхновых. В январе 1969 года пульсар из Крабовидной туманности был отождествлен со слабой звездочкой 16-й величины, изменяющей свой блеск с таким же периодом, а в 1977 году удалось отождествить со звездой и пульсар в созвездии Парусов.

Периодичность излучения пульсаров связана с их быстрым вращением, но ни одна обычная звезда, даже белый карлик, не могла бы вращаться с периодом, характерным для пульсаров — она была бы немедленно разорвана центробежными силами, и только нейтронная звезда, очень плотная и компактная, могла бы устоять перед ними. В результате анализа множества вариантов ученые пришли к заключению, что взрывы сверхновых сопровождаются образованием нейтронных звезд — качественно нового типа объектов, существование которых было предсказано теорией эволюции звезд большой массы.

СВЕРХНОВЫЕ И ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Первое доказательство прямой связи между взрывом сверхновой и образованием черной дыры удалось получить испанским астрономам. В результате исследования излучения, испускаемого звездой, вращающейся вокруг черной дыры в двойной системе Nova Scorpii 1994, обнаружилось, что она содержит большое количество кислорода, магния, кремния и серы. Есть предположение, что эти элементы были захвачены ею, когда соседняя звезда, пережив взрыв сверхновой, превратилась в черную дыру.

Сверхновые (в особенности же сверхновые типа Ia) являются одними из самых ярких звездообразных объектов во Вселенной, поэтому даже самые удаленные из них вполне можно исследовать с помощью имеющегося в настоящее время оборудования. Многие сверх-



▲ На этом изображении, полученном обсерваторией «Чандра», ясно обозначен пульсар в геометрическом центре остатка сверхновой, известной как G11.2-0.3. «Чандра» получила весомое подтверждение того, что пульсар был сформирован сверхновой 386 года, зарегистрированной китайскими астрономами. Оп-

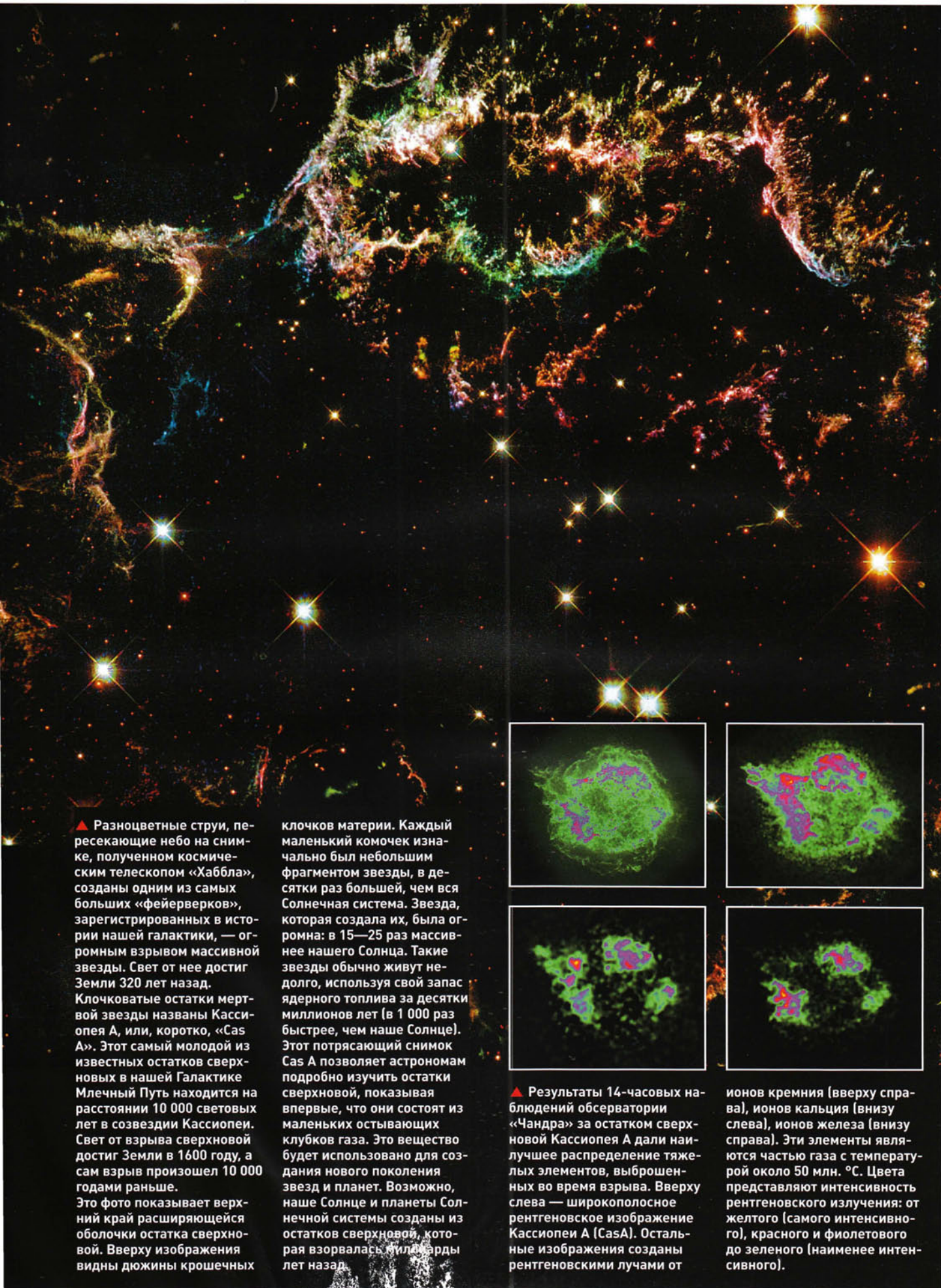
ределить подлинный возраст астрономических объектов очень трудно, поэтому исторические записи, касающиеся явлений сверхновых, имеют очень большое значение. Если это открытие подтвердится, то данный пульсар станет только вторым пульсаром, точно связанным с историческим событием.

Энергия взрыва настолько велика, что происходит синтез новых элементов, более тяжелых, чем железо. Обогащенное тяжелыми элементами вещество разбрасывается взрывами сверхновых по всей Галактике, в результате чего звезды, образовавшиеся после вспышек сверхновых, содержат больше тяжелых элементов. Межзвездная среда в «нашей» области Млечного пути оказалась настолько обогащенной тяжелыми элементами, что стало возможным возникновение Солнечной системы.

новые типа Ia были открыты в относительно близких галактиках. Достаточно точные оценки расстояний до этих галактик позволили определить светимость вспыхивающих в них сверхновых. Если считать, что далекие сверхновые имеют в среднем такую же светимость, то по наблюдаемой звездной величине в максимуме блеска можно оценить и расстояние до них. Сопоставление же расстояния до сверхновой со скоростью удаления (красным смещением) галактики, в которой она вспыхнула, дает возможность определить основную величину, характеризующую расширение Вселенной — так называемую постоянную Хаббла.

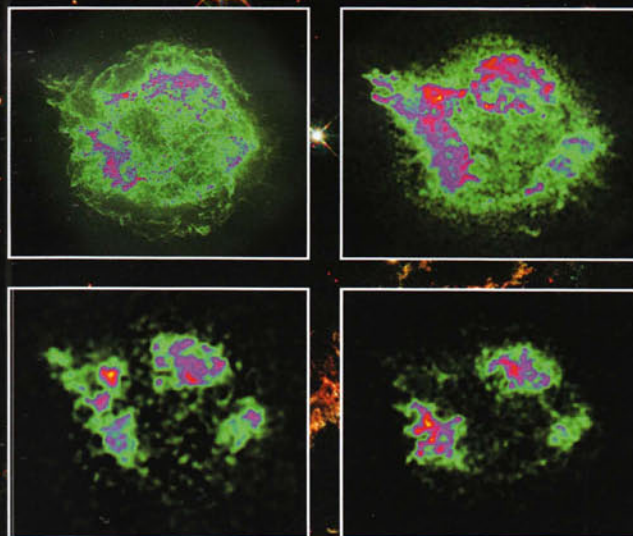
Еще 10 лет назад для нее получали значения, различающиеся почти в два раза — от 55 до 100 км/с Мпк, на сегодняшний же момент точность удалось значительно увеличить, в результате чего принимается значение 72 км/с Мпк (с ошибкой около 10%). Для далеких сверхновых, красное смещение которых близко к 1, соотношение между расстоянием и красным смещением позволяет также определить величины, зависящие от плотности вещества во Вселенной. Согласно общей теории относительности Эйнштейна именно плотность вещества определяет кривизну пространства, а следовательно, и дальнейшую судьбу Вселенной. А именно: будет ли она расширяться бесконечно или этот процесс когда-нибудь остановится и сменится сжатием. Последние исследования сверхновых показали, что скорее всего плотность вещества во Вселенной недостаточна, чтобы остановить расширение, и оно будет продолжаться. А для того чтобы подтвердить этот вывод, необходимы новые наблюдения сверхновых.

ЛЮДМИЛА КНЯЗЕВА



▲ Разноцветные струи, пересекающие небо на снимке, полученном космическим телескопом «Хаббла», созданы одним из самых больших «фейерверков», зарегистрированных в истории нашей галактики, — огромным взрывом массивной звезды. Свет от нее достиг Земли 320 лет назад. Клочковые остатки мертвой звезды называются Кассиопея А, или, коротко, «Cas A». Этот самый молодой из известных остатков сверхновых в нашей Галактике Млечный Путь находится на расстоянии 10 000 световых лет в созвездии Кассиопеи. Свет от взрыва сверхновой достиг Земли в 1600 году, а сам взрыв произошел 10 000 годами раньше. Это фото показывает верхний край расширяющейся оболочки остатка сверхновой. Вверху изображения видны дюжины крошечных

клочков материи. Каждый маленький комочек изначально был небольшим фрагментом звезды, в десятки раз большей, чем вся Солнечная система. Звезда, которая создала их, была огромна: в 15—25 раз массивнее нашего Солнца. Такие звезды обычно живут недолго, используя свой запас ядерного топлива за десятки миллионов лет (в 1 000 раз быстрее, чем наше Солнце). Этот потрясающий снимок Cas A позволяет астрономам подробно изучить остатки сверхновой, показывая впервые, что они состоят из маленьких остывающих клубков газа. Это вещество будет использовано для создания нового поколения звезд и планет. Возможно, наше Солнце и планеты Солнечной системы созданы из остатков сверхновой, которая взорвалась миллиарды лет назад.



▲ Результаты 14-часовых наблюдений обсерватории «Чандра» за остатком сверхновой Кассиопея А дали наилучшее распределение тяжелых элементов, выброшенных во время взрыва. Вверху слева — широкополосное рентгеновское изображение Кассиопеи А (CasA). Остальные изображения созданы рентгеновскими лучами от

ионов кремния (вверху справа), ионов кальция (внизу слева), ионов железа (внизу справа). Эти элементы являются частью газа с температурой около 50 млн. °С. Цвета представляют интенсивность рентгеновского излучения: от желтого (самого интенсивного), красного и фиолетового до зеленого (наименее интенсивного).