

Г О В Е Р Т Ш И Л Л И Н Г

# ГЛУБОКИЙ КОСМОС

За пределы  
Солнечной системы,  
к краю Вселенной  
и началу времен

УНИКАЛЬНЫЕ ФОТОГРАФИИ ВСЕЛЕННОЙ

 **БОМБОРА**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО



G O V E R T   S C H I L L I N G


DEEP  
SPACE

Beyond the Solar  
System to the Edge of  
the Universe and the  
Beginning of Time

Г О В Е Р Т Ш И Л Л И Н Г

# ГЛУБОКИЙ КОСМОС

За пределы  
Солнечной системы,  
к краю Вселенной  
и началу времен

 **БОМБОРА**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
Москва

УДК 52  
ББК 22.6  
Ш58

GOVERT SCHILLING  
DEEP PACE  
Beyond the Solar System to the Edge of the Universe and the Beginning of Time

Copyright © 2014, 2024 by Govert Schilling and Black Dog & Leventhal

This edition published by arrangement with Black Dog & Leventhal, an imprint of Perseus Books LLC, a division of Hachette Book Group, Inc., NY, USA via Igor Korzhenevskiy of Alexander Korzhenevski Agency (Russia). All rights reserved

В оформлении обложки использована фотография:  
Art Furnace / Shutterstock / FOTODOM  
Используется по лицензии от Shutterstock / FOTODOM

Научный редактор *К. Л. Масленников*

**Шиллинг, Говерт.**

Ш58 Глубокий космос. За пределы Солнечной системы, к краю Вселенной и началу времен / Говерт Шиллинг ; [перевод с английского Л. Левина]. — Москва : Эксмо, 2025. — 224 с. : цв. ил. — (Подарочные издания. Миссия «Космос»).

ISBN 978-5-04-215305-1

Известный писатель-астроном Говерт Шиллинг предлагает нам совершить уникальное путешествие от Солнечной системы — с её планетами, спутниками, астероидами и кометами — к самым далёким уголкам Вселенной. Мы узнаем о рождении и гибели звёзд, разнообразии галактик и о загадках сверхмассивных чёрных дыр, о миллиардах экзопланет в Млечном Пути и за его пределами. В книге рассказано о тайнах тёмной материи, тёмной энергии, теории внеземной жизни и концепции Мультивселенной.

Издание иллюстрировано яркими фотографиями, в том числе снимками с космического телескопа Джеймса Уэбба, дополнено звёздным атласом, помогающим ориентироваться в созвездиях двух полушарий звёздного неба. Это потрясающее издание идеально подходит для всех, кто хочет понять и почувствовать величие и красоту космоса.

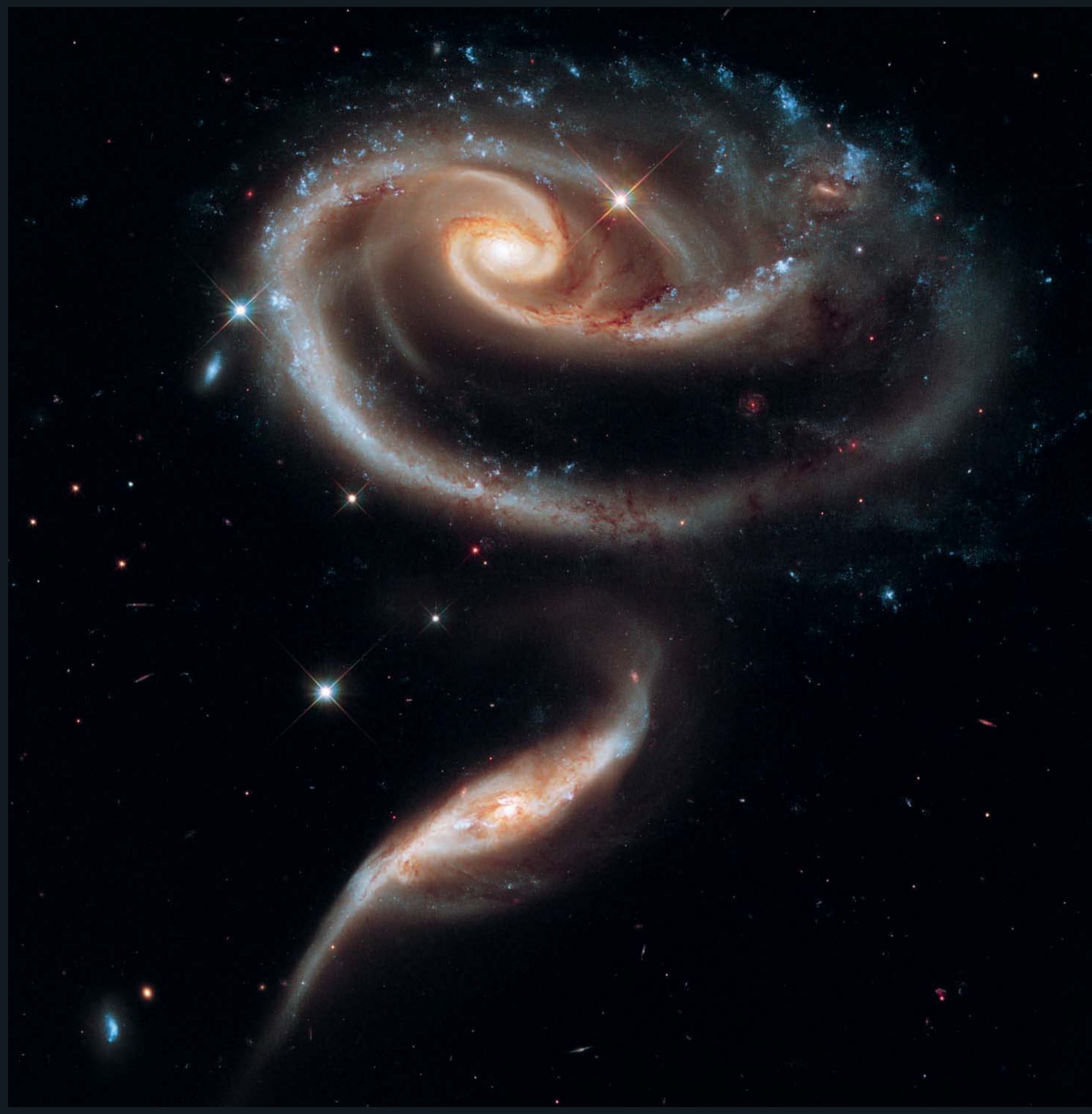
УДК 52  
ББК 22.6

ISBN 978-5-04-215305-1

© Л. Левин, перевод на русский язык, 2025  
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2025

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	7	КОСМИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ. .130
СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА . . . . .	9	МЕСТНАЯ ГРУППА . . . . .135
ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ . . . . .	23	ГАЛАКТИКИ . . . . .145
РОЖДЕНИЕ ЗВЕЗД . . . . .	27	ОКНА В КОСМОС . . . . .168
ТЕЛЕСКОПЫ . . . . .	52	СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК . . . . .171
ЗВЕЗДЫ И ПЛАНЕТЫ . . . . .	57	ВСЕЛЕННАЯ . . . . .181
СМЕРТЬ ЗВЕЗД . . . . .	83	АТЛАС ЗВЕЗДНОГО НЕБА . . . 202
ГАЛАКТИКА МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ . 111		ИНДЕКС . . . . . 220



# ВВЕДЕНИЕ

**КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ «ВОЯДЖЕР-2»**, запущенный в 1977 году, сейчас находится на расстоянии около 20 миллиардов километров от Земли. Этот исследовательский аппарат NASA в 1979 и 1981 годах пролетел соответственно мимо Юпитера и Сатурна, затем в 1986 году достиг Урана, в 1989 году — Нептуна, и сейчас направляется в межзвездное пространство. Несмотря на его огромную скорость — более 55 тысяч километров в час, — ему потребуется еще несколько десятков тысяч лет, чтобы приблизиться к другой звезде на то расстояние, которое сейчас отделяет его от нашего Солнца.

Космос огромен, и Солнечная система с ее разнообразием планет, лун, астероидов и комет — всего лишь капля воды в этом океане. Из своего маленького мирка мы можем увидеть на ночном небе космические аналоги наших улиц, городов, стран и нашей планеты.

Опубликованная издательством Black Dog & Leventhal в 2011 году книга Маркуса Чауна «Солнечная система»<sup>\*</sup> с помощью великолепных иллюстраций знакомит читателя с сестрами Земли: планетами Солнечной системы и их многочисленными спутниками. А книга, которую вы держите в руках, лишь кратко напомнит вам о Солнечной системе, чтобы затем помочь отправиться в поистине далекое путешествие — в царство звезд, туманностей, пульсаров и звездных скоплений, взрывов сверхновых и черных дыр, галактик и скоплений, и ещё дальше, до границ Вселенной и Начала времен. В конце книги вы найдете составленный голландским художником Вилом Тирионом «Атлас звездного неба», который будет служить вашим путеводителем по миру созвездий.

На пути к дальним уголкам Вселенной мы встретим множество ее знаменитых обитателей — например, звезду Бетельгейзе, туманность Ориона, звёздное скопление Плеяды и галактику Андромеды, — но это не значит, что наше путешествие будет только беглым знакомством с «космическим Фейсбуком»<sup>\*\*</sup>. Современные астрономы хорошо понимают взаимосвязи между всеми этими объектами, что позволяет восстановить историю эволюции космоса от первых флуктуаций плотности в Большом Взрыве, после которых началось формирование галактик, рождение звезд, затем — пригодных для жизни планет и, наконец, самой жизни.

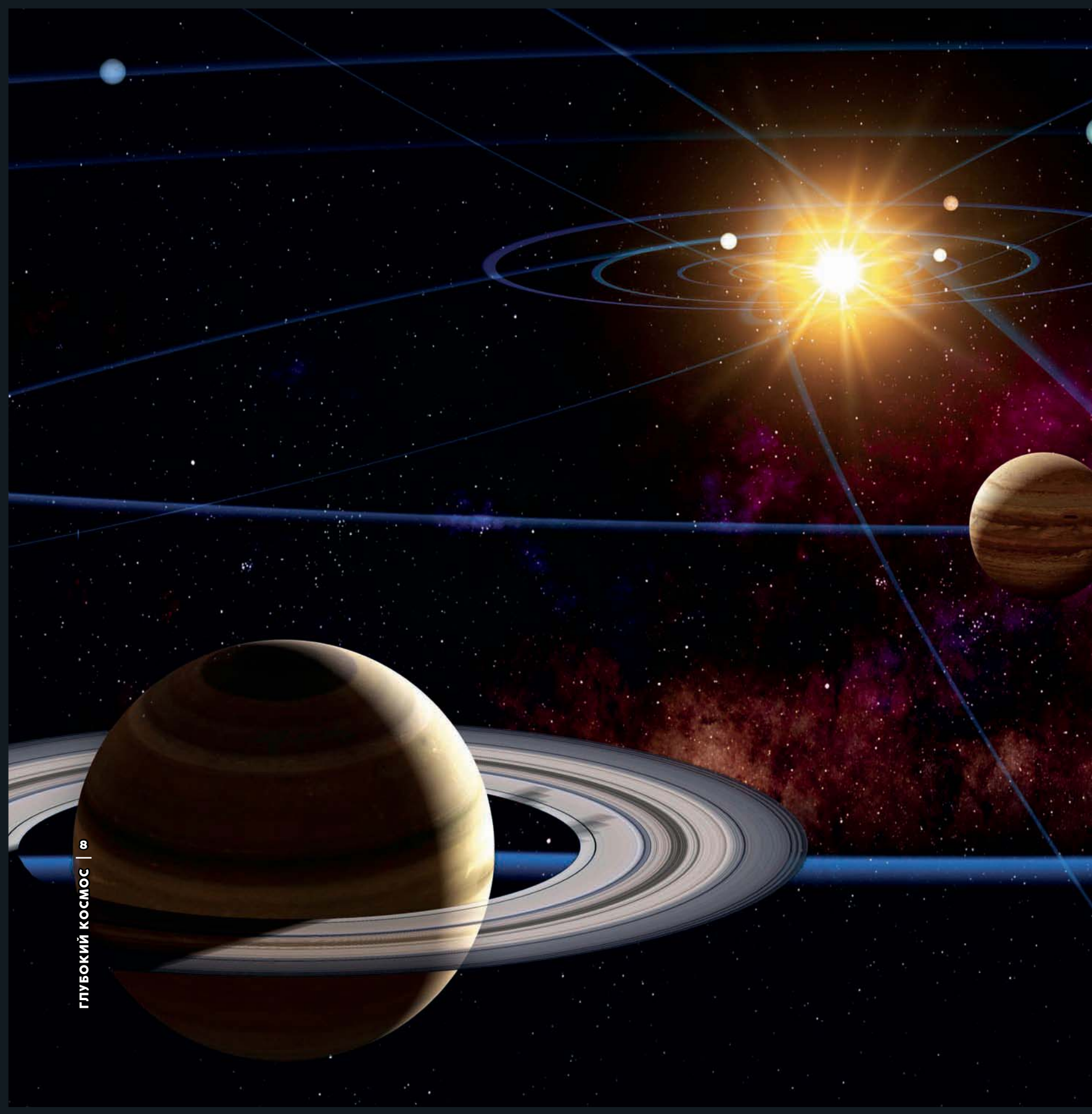
Открытие таких странных объектов, как «голубые бродяги», магнетары и квазары, а также тайны «темной материи» и «темной энергии» делают хронику Вселенной еще более запутанной. Ещё 25 лет назад эта книга не могла бы появиться: большинство изложенных в ней сведений тогда было неизвестно, не были ещё получены украшающие её великолепные фотографии, сделанные с помощью мощных наземных и космических телескопов. Нам повезло жить в те времена, когда чувствительные «глаза» больших телескопов, работающих на Земле и на земной орбите, предоставляют нам такие богатые образы, которые раньше могли возникнуть только в воображении художников масштаба Рембрандта и Ван Гога.

Когда я писал текст и выбирал иллюстрации, я еще раз убедился, как восхитительна наша Вселенная. Приглашаю вас вместе со мной отправиться в путешествие в Глубокий космос, чтобы узнать больше об огромном и удивительном мире, в котором мы живем.

◀ Эти две галактики, похожие на раскрывшуюся розу (настоящий цветок Глубокого космоса!) и отстоящие от Земли на 300 миллионов световых лет, искривлены взаимной гравитацией. Возможно, что несколько сотен миллионов лет назад меньшая галактика буквально прошла сквозь большую.

<sup>\*</sup> Русский перевод этой книги вышел в московском издательстве Corpus в 2014 году. — Прим. пер.

<sup>\*\*</sup> Принадлежит организации Meta, которая признана экстремистской и запрещена на территории РФ.





# СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

**ЗДЕСЬ ВСЁ ВРАЩАЕТСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА** как в прямом, так и в переносном смысле. Солнце, состоящее практически полностью из двух самых легких элементов таблицы Менделеева — водорода и гелия, составляет 99,86% всей массы Солнечной системы. Остальные 0,14% (это планеты со спутниками, астероиды, ледяные карликовые планеты и кометы) — всего лишь остатки рождения одной этой звезды. Наша Земля похожа на песчинку на склоне вулкана.

Солнечная система — это наше космическое «родовое гнездо», где Солнце — мать, а планеты — братья и сестры. Это правильно организованная семья, в которой четыре небольшие каменные планеты находятся близко к Солнцу, а четыре газовых гиганта — намного дальше. Все они вращаются вокруг Солнца в одном направлении и практически в одной плоскости. Только после того, как были открыты другие семейства планет в Млечном Пути, мы поняли, как нам повезло, что наша Солнечная система такая спокойная, чистая и предсказуемая!

Среди планет Солнечной системы одна заслуживает особого внимания. Разумеется, речь идет о Земле, на которой есть водные океаны, богатая кислородом атмосфера и невероятное разнообразие форм жизни — от микроскопических одноклеточных организмов до гигантских секвой и голубых китов. Наше существование тесно переплетено с жизнью всей Вселенной. Клетки нашего тела сделаны из космических материалов, а строительные блоки жизни были принесены на Землю кометами и метеоритами. В то же время мы постоянно чувствуем угрозу космических катастроф, способных легко уничтожить всю жизнь на Голубой планете.

◀ Солнечная система, расположенная в дальнем уголке галактики Млечный Путь, — семейство непохожих друг на друга планет, одна из которых — Земля.

## Паспорт

Имя: Солнце

Диаметр: 1 392 700 км

Период вращения: 25,34 дней\*

Масса: 328 946 масс Земли

Сила тяжести на поверхности: 27,9 земной

Возраст: 4,6 млрд лет

Расстояние от Земли: 149,6 млн км

\* Здесь и далее имеются в виду земные сутки. — Прим. ред.

# ЗАГАДКИ СОЛНЦА

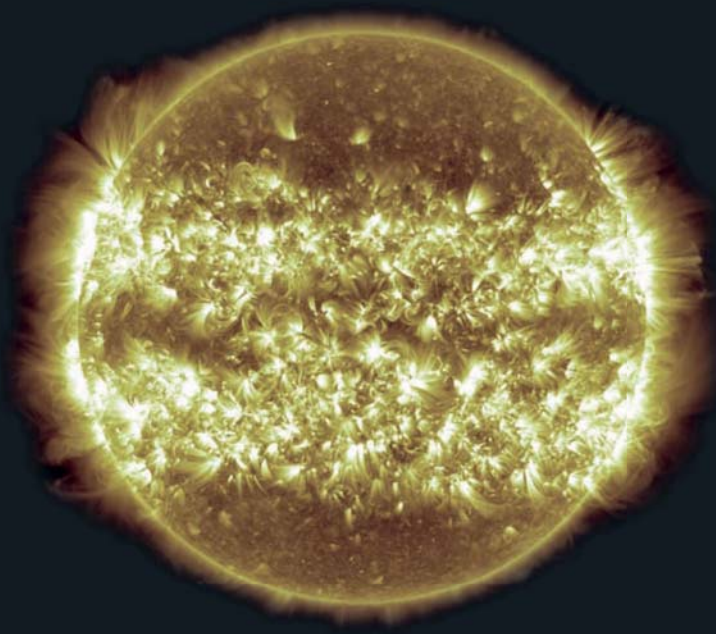
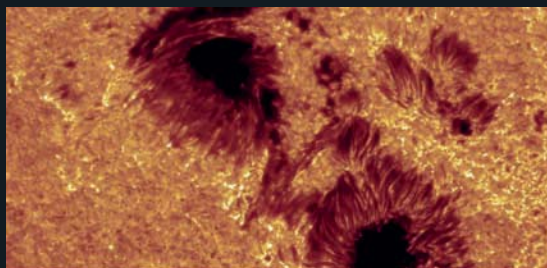
**ВО ВСЕЛЕННОЙ** около десяти квинтиллионов звёзд. Меньше одной стомиллионной доли процента от этого числа находится в нашем Млечном Пути, но при этом их здесь всё равно несколько сот миллиардов. И одна из них, карликовая жёлтая звезда — наше Солнце, источник энергии для всего живого на планете Земля. Да, в тёмных глубинах космоса это всего лишь одна из миллионов ярких искорок, но эта искорка дарит нам свет и тепло.

Строение Солнца и других звёзд неожиданно оказывается очень простым. Они состоят примерно из 75% водорода и 24% гелия, и лишь 1% вещества Солнца приходится на долю более тяжёлых атомов. Всё это вещество образует газовый шар, сжатый силой своего собственного тяготения. Чем дальше вглубь этого шара, тем выше температура и давление газа, а в его центре они становятся настолько огромными, что в газе идут ядерные реакции. Энергия,

которая при этом выделяется, излучается с раскалённой поверхности Солнца в виде света и тепла. Проще не бывает.

И всё же Солнце таит в себе много загадок. Никто, например, точно не знает, каким образом очень разреженная атмосфера Солнца, называемая солнечной короной, может разогреваться до температуры выше миллиона градусов. На Солнце действуют причудливо искривлённые магнитные поля, из-за которых на его поверхности появляются как сравнительно более холодные и тёмные солнечные пятна, так и мощные солнечные вспышки, и при этом в пространство выбрасываются потоки высокоэнергетических заряженных частиц. Активность Солнца меняется периодически, причём каждый её цикл длится одиннадцать лет — и всё же иногда в этой периодичности случаются загадочные пропуски. Не очень понятно и то, как именно Солнце влияет на климат Земли. Одно, правда, известно точно: очень сильная вспышка на Солнце может нарушить работу наших энергосистем, полностью вывести из строя сети связи, и в результате поставить такое уязвимое технологическое общество Земли на грань катастрофы.

► Эти мелкие детали строения внешних, полутеневых областей солнечных пятен сфотографированы шведским солнечным телескопом обсерватории Ла Пальма на Канарских островах (Испания).

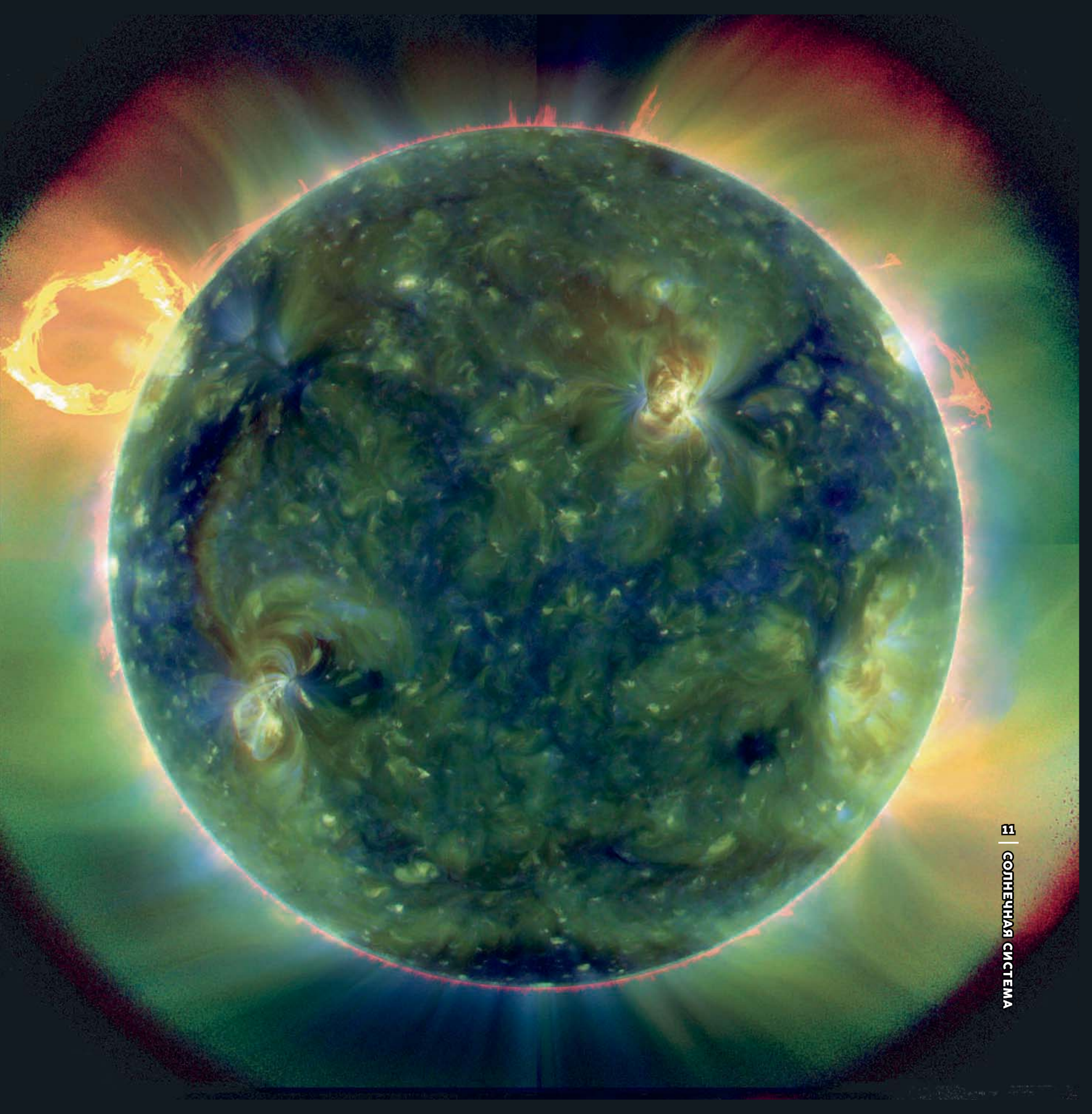


▲ На этом составном снимке, полученном наложением пяти изображений в далёкой ультрафиолетовой области спектра, видно, что в период между апрелем 2012 и апрелем 2013 года активные области на Солнце располагались в основном к северу и к югу от солнечного экватора.

▼ На этом составном снимке Солнца, полученном в нескольких интервалах длин волн 30 марта 2010 года, температура газа показана в условных цветах: красный цвет соответствует относительно холодным областям, зелёный и голубой — горячим.

► Гигантская струя раскалённого газа выбрасывается из активной области на поверхности Солнца.





# ШАРИКИ ИЗ ЖЕЛЕЗА И КАМНЕЙ

## Паспорта

Имя: Меркурий

Расстояние до Солнца: 57,91 млн км

Период обращения вокруг Солнца: 88 дней

Диаметр: 4880 км

Период вращения вокруг своей оси: 58д 15ч 31м

Масса: 0,055 масс Земли

Сила тяжести на поверхности: 0,37 земной

Число лун: 0

Имя: Земля

Расстояние до Солнца: 149,6 млн км

Период обращения вокруг Солнца: 365 дней

Диаметр: 12 756 км

Период вращения вокруг своей оси: 23ч 56м 04с

Масса:  $6 \times 10^{24}$  кг

Сила тяжести на поверхности: 1 g

Число лун: 1

Имя: Венера

Расстояние до Солнца: 108,2 млн км

Период обращения вокруг Солнца: 225 дней

Диаметр: 12 103 км

Период вращения вокруг своей оси: 58д 00ч 27м

Масса: 0,815 масс Земли

Сила тяжести на поверхности: 0,91 земной

Число лун: 0

Имя: Марс

Расстояние до Солнца: 228 млн км

Период обращения вокруг Солнца: 687 дней

Диаметр: 6794 км

Период вращения вокруг своей оси: 23ч 56м 04с

Масса: 0,11 масс Земли

Сила тяжести на поверхности: 0,38 земной

Число лун: 2

**ЧЕТЫРЕ БЛИЖАЙШИЕ К СОЛНЦУ** планеты Солнечной системы — Меркурий, Венера, Земля и Марс — называются планетами земной группы. Хотя внешне они сильно различаются, их внутреннее строение одинаковое: металлическое ядро из железа и никеля, окружённое каменной мантией. Все эти планеты состоят из тяжелых элементов и поэтому такие маленькие. Межзвездное облако из газа и пыли, из которого были созданы Солнце и планеты, содержало мало тяжелых атомов. Но мощное излучение новорожденного Солнца выдувало летучие газы из внутренних областей Солнечной системы, и планеты здесь сформировались именно из оставшихся тяжелых элементов.

На поверхности каждой из четырёх внутренних планет есть ударные кратеры — следы первичной космической бомбардировки. На Земле эти «шрамы» давно зажили благодаря выветриванию и геологической активности. Большая часть каменной оболочки Меркурия, вероятно, была разрушена катастрофическим столкновением в очень далеком прошлом, и от планеты осталось только относительно большое ядро из железа. Скорее всего, такие же космические катастрофы привели к вращению Венеры в обратном направлении, образованию нашей Луны и исчезновению плотной атмосферы, которая раньше была на Марсе. Меркурий, пожалуй, всегда был сухим и гладким каменным шаром, но вот Венера, Земля и Марс четыре миллиарда лет назад были гораздо больше похожи друг на друга, чем сейчас. Однако затем атмосфера Венеры «выкипела» из-за парникового эффекта, Марс потерял свои океаны, остыл и превратился в ледяную каменистую пустыню, и жизнь смогла укорениться только на Земле.



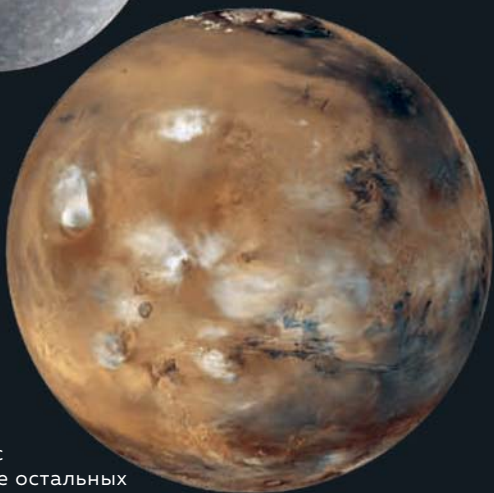
▲ Поверхность Венеры закрыта от взгляда плотной атмосферой из углекислого газа с толстыми облаками из серной кислоты.



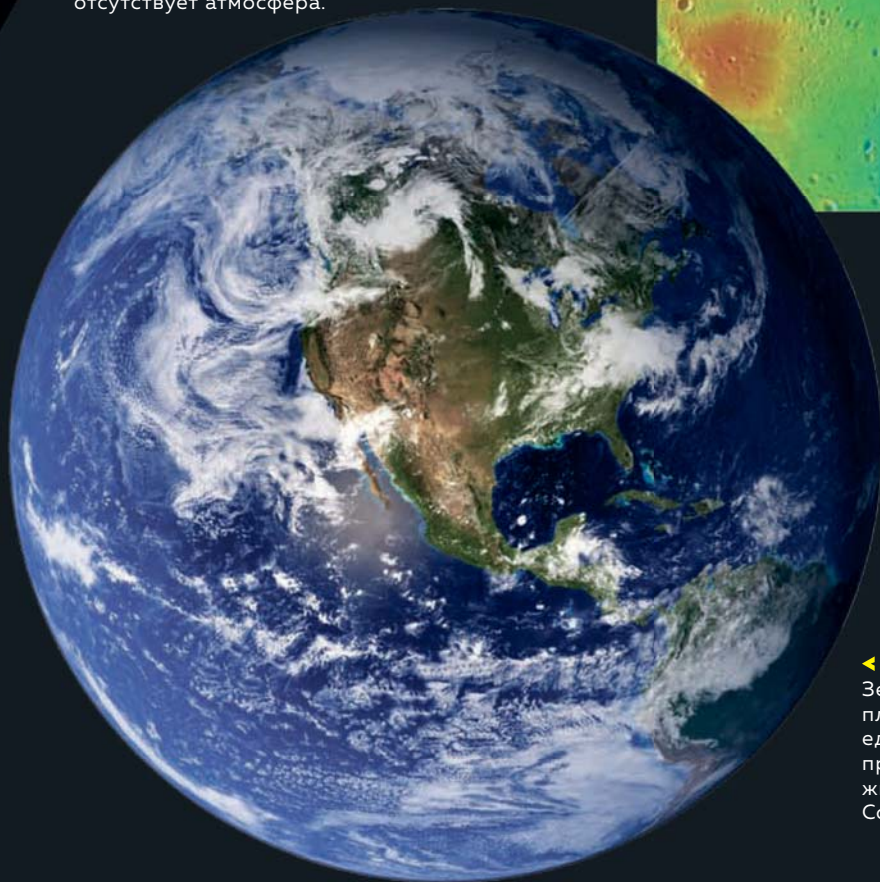
▲ Марсоход NASA Spirit сфотографировал эту панораму Красной планеты в ноябре 2005 года, спускаясь со склона Хасбанд Хилл



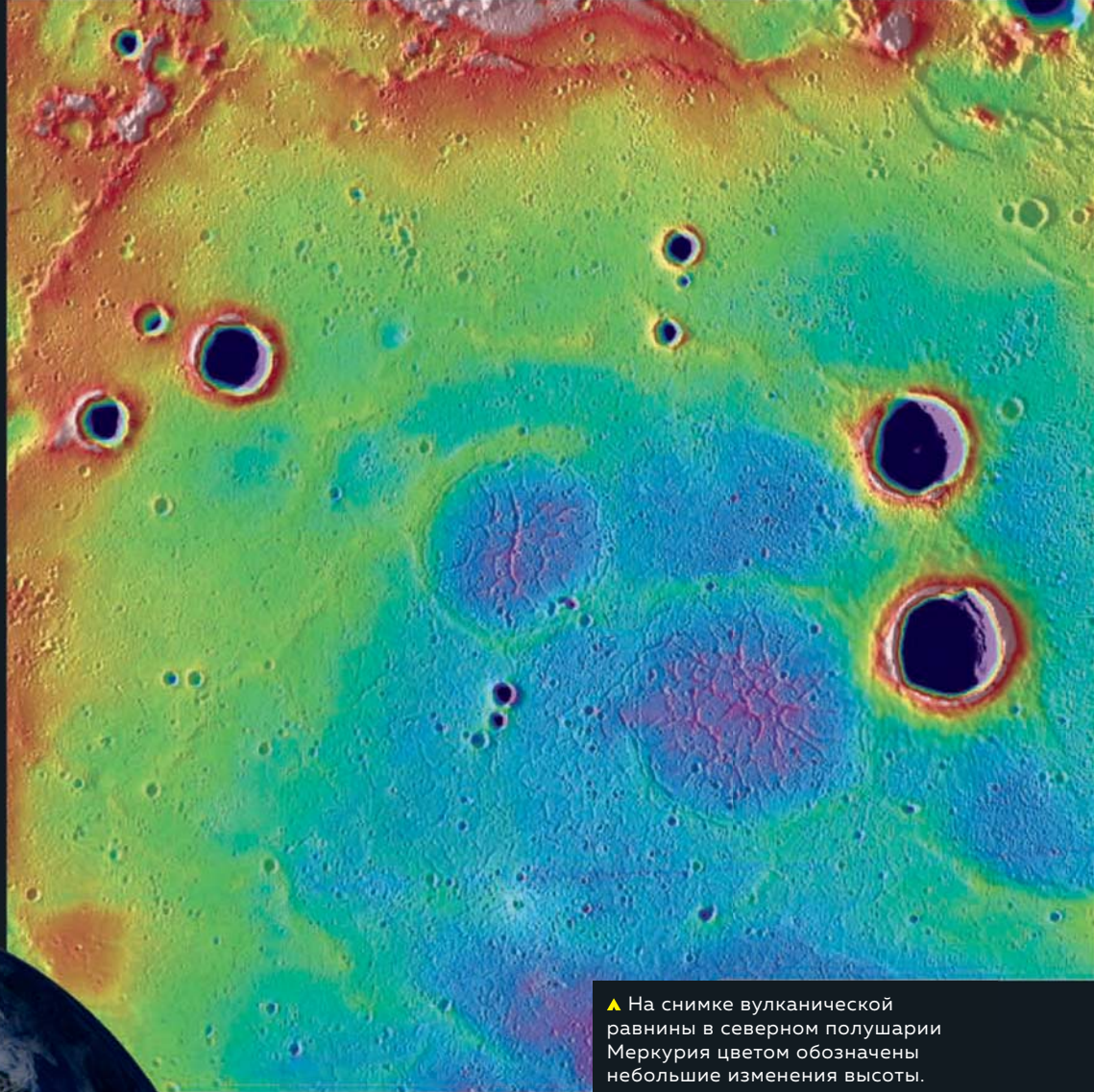
◀ На этой иллюстрации планеты земной группы показаны в масштабе. Меркурий с его огромным ядром из никеля и железа — самая маленькая планета этой группы.



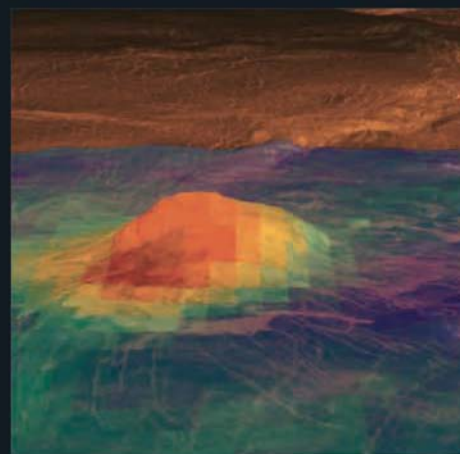
▶ Марс больше остальных планет похож на Землю, но у него на поверхности нет воды в жидком состоянии и практически отсутствует атмосфера.



◀ Теплая влажная Земля, Голубая планета — единственная пригодная для жизни планета Солнечной системы.



▲ На снимке вулканической равнины в северном полушарии Меркурия цветом обозначены небольшие изменения высоты.



▲ Инфракрасные измерения показали, что на вершине щитовидного вулкана на Венере есть горячая точка. Эта планета остается геологически активной.

## Паспорта

Имя: Юпитер

Расстояние до Солнца: 778,2 млн км

Период обращения вокруг Солнца: 11,86 года\*

Диаметр: 142 200 км

Период вращения вокруг своей оси: 9ч 55м 30с

Масса: 317,8 масс Земли

Сила тяжести на поверхности: 2,37 земной

Число лун: 95

Имя: Сатурн

Расстояние до Солнца: 1,43 млрд км

Период обращения вокруг Солнца: 29,46 года

Диаметр: 120 500 км

Период вращения вокруг своей оси: 10ч 39м 22с

Масса: 92,5 масс Земли

Сила тяжести на поверхности: 0,93 земной

Число лун: 146

Имя: Уран

Расстояние до Солнца: 2,86 млрд км

Период обращения вокруг Солнца: 84,02 года

Диаметр: 51 120 км

Период вращения вокруг своей оси: 17ч 14м 24с

Масса: 14,5 масс Земли

Сила тяжести на поверхности: 0,89 земной

Число лун: 27

Имя: Нептун

Расстояние до Солнца: 4,48 млрд км

Период обращения вокруг Солнца: 164,77 года

Диаметр: 49 530 км

Период вращения вокруг своей оси: 15ч 57м 59с

Масса: 17,1 масс Земли

Сила тяжести на поверхности: 1,12 земной

Число лун: 14

\* Имеется в виду земной год. — Прим. ред.

# ГИГАНТЫ ИЗ ЛЬДА И ГАЗА

**В БОЛЕЕ ХОЛОДНЫХ ВНЕШНИХ ОБЛАСТЯХ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ** было больше материала для формирования планет. Здесь происходила кристаллизация летучих молекул водяного пара, метана и аммиака, и излучению новорожденного Солнца было нелегко «выдуть» эти льдинки из протопланетного облака. В результате сформировались относительно большие и тяжелые ядра четырех гигантских планет. Их гравитационное поле притягивало газообразный водород и гелий в огромных количествах, что привело к образованию колоссальных по размерам газовых планет без твердой поверхности, в плотных атмосферах которых бушуют ураганы невиданной силы.

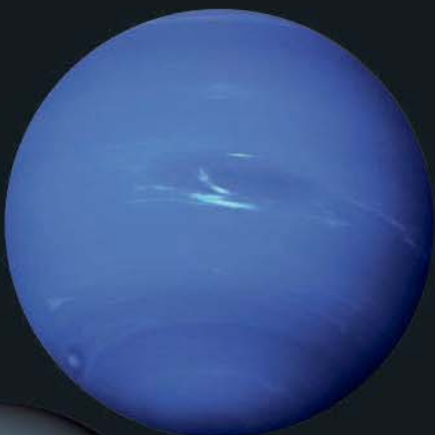
«Большое красное пятно» в атмосфере Юпитера, таинственный шестиугольный циклон вокруг северного полюса Сатурна, бури с невиданной скоростью ветра (более 2 тысяч км/ч) на Нептуне — по сравнению с этими природными явлениями самые сильные земные циклоны и торнадо кажутся бурей в стакане воды. Условия внутри этих планет также сильно отличаются от земных: газы в самой глубине Юпитера и Сатурна сжаты с такой силой, что превращаются в жидкость и даже приобретают свойства металла; мантии Урана и Нептуна — это сверхкомпактный «теплый лед», состоящий из воды, аммиака и метана.

Юпитер и Сатурн подробно исследовали американские автоматические космические зонды «Галилео», «Кассини» и «Юнона». Об открытых соответственно в 1781 и 1846 годах Уране и Нептуне известно намного меньше. В 1986 и 1989 годах мимо этих двух ледяных гигантов пролетал «Вояджер-2», но в остальном исследования двух самых дальних планет Солнечной системы выполнялись только с помощью наземных и орбитальных телескопов.

◀ Гигантский Юпитер с его грандиозным облачным слоем и ураганами намного превосходит остальные планеты Солнечной системы по размерам и массе.



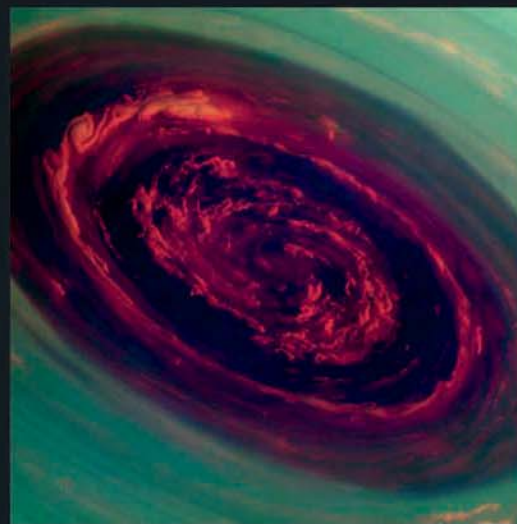
▶ Нептун, сфотографированный с борта пролетающего мимо него «Вояджера-2» в августе 1989 года, — самая далекая планета Солнечной системы.



◀ На фото с борта «Вояджера-2», который пролетел мимо Урана в январе 1986 года, плотная однородная атмосфера этой планеты не выглядит особенно интересной.

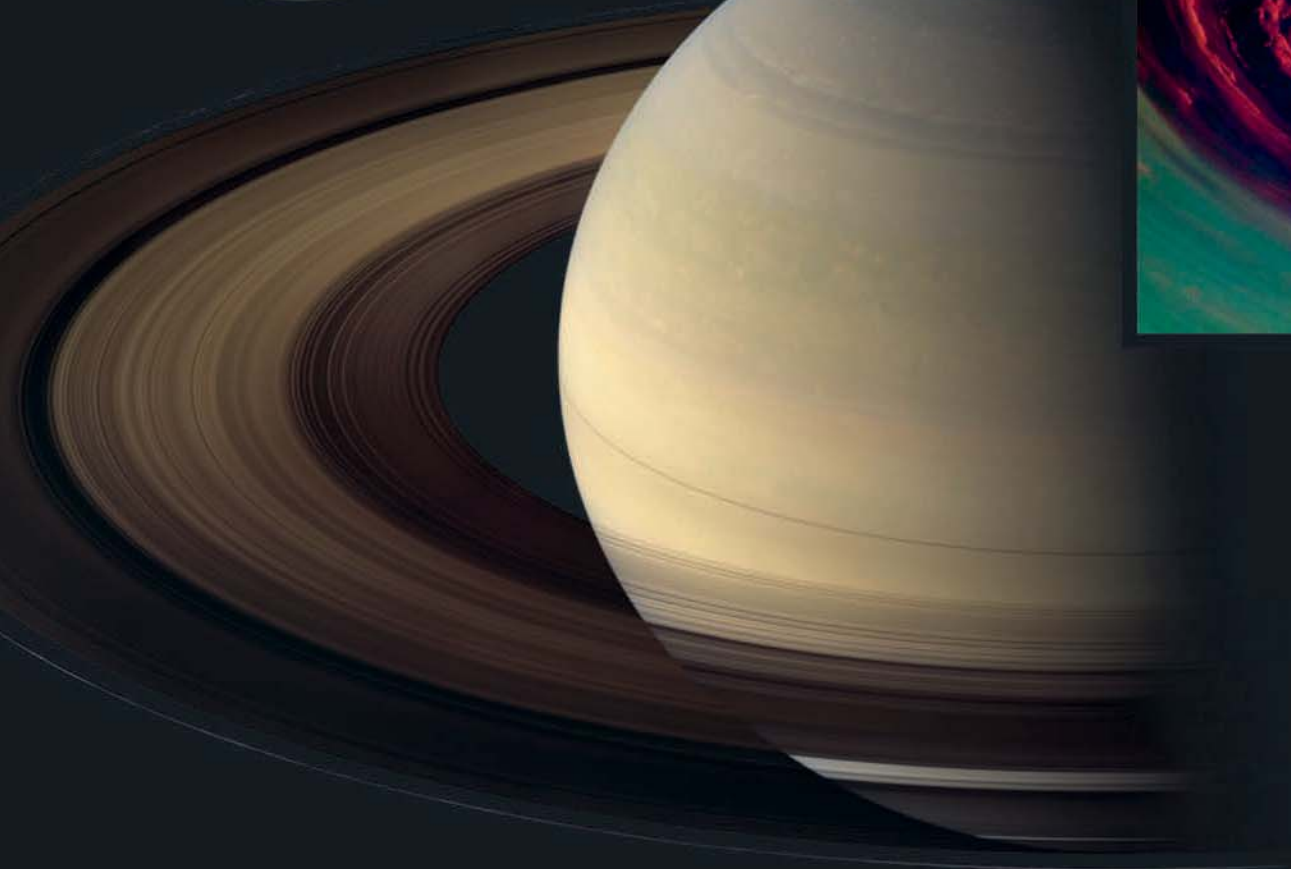


▶ «Большое красное пятно» Юпитера, фото которого сделал космический аппарат NASA «Юнона», — гигантский антициклон, бушующий уже несколько столетий.



▲ Ураганный вихрь поперечником в 2 тысячи километров на северном полюсе Сатурна снят в ближнем инфракрасном диапазоне.

◀ На этом прекрасном фото, снятом космическим аппаратом NASA «Кассини» во время равноденствия на Сатурне, солнечные лучи освещают систему колец вокруг планеты точно с ребра.

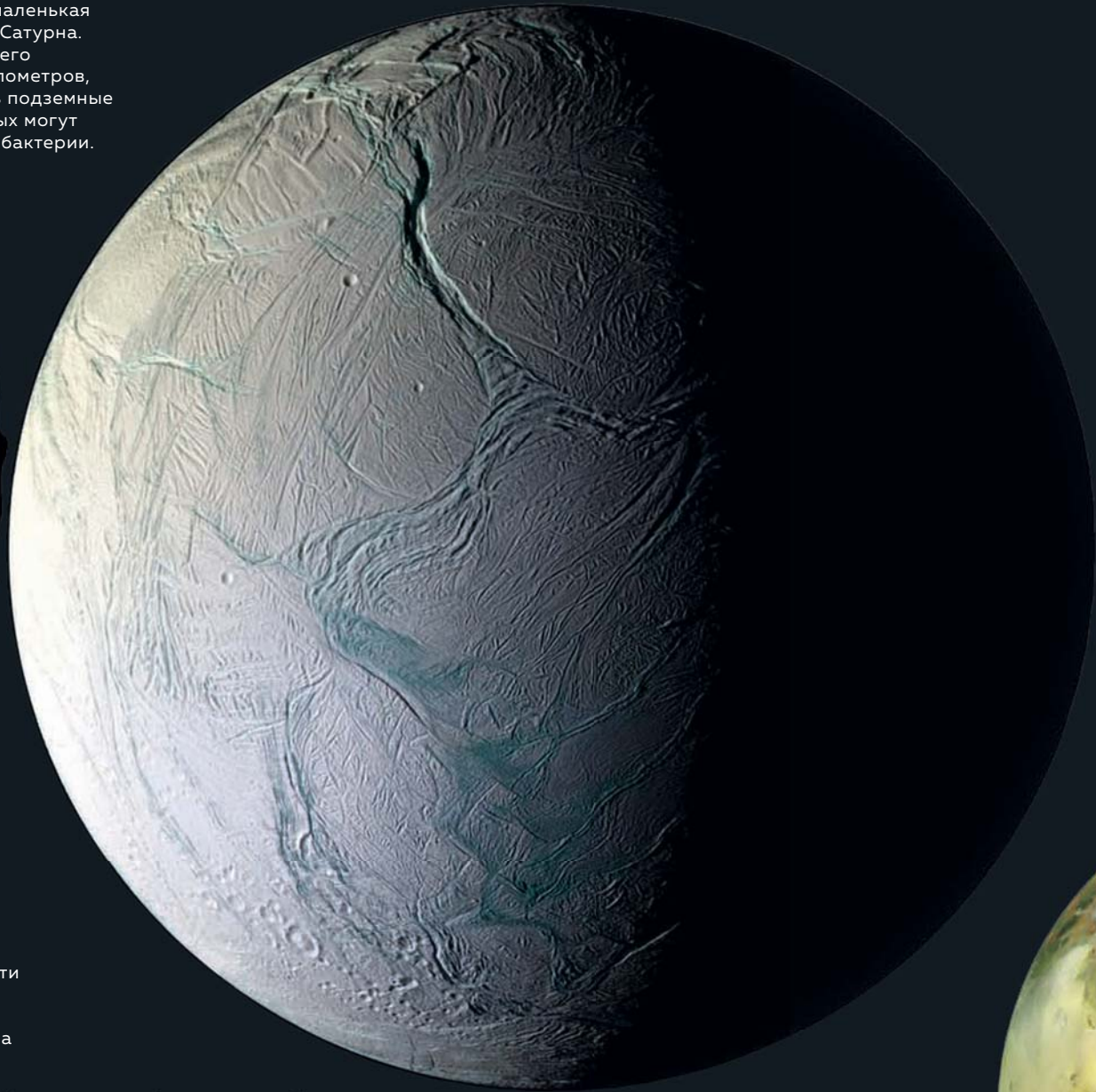


► Энцелад — маленькая ледяная луна Сатурна. Ее диаметр всего около 500 километров, но на ней есть подземные моря, в которых могут существовать бактерии.

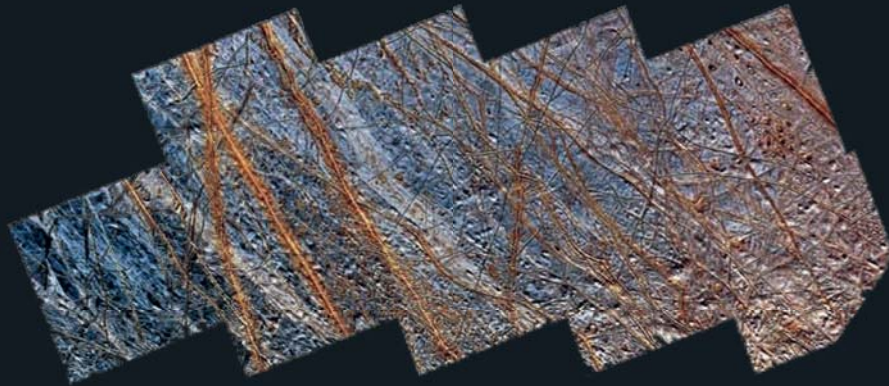


▲ Поперечник Гипериона, еще одной луны Сатурна, — всего лишь несколько сотен километров в диаметре. Это пористое тело неправильной формы, состоящее из замерзшей воды.

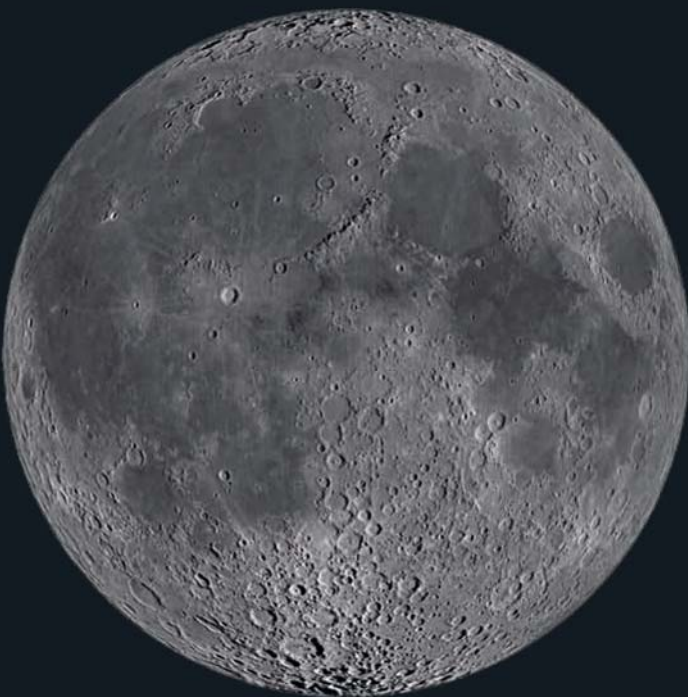
▼ Трещины и гребни на ледяной поверхности Европы, луны Юпитера, изображённой в условных цветах, свидетельствуют о существовании подповерхностного океана из жидкой воды.



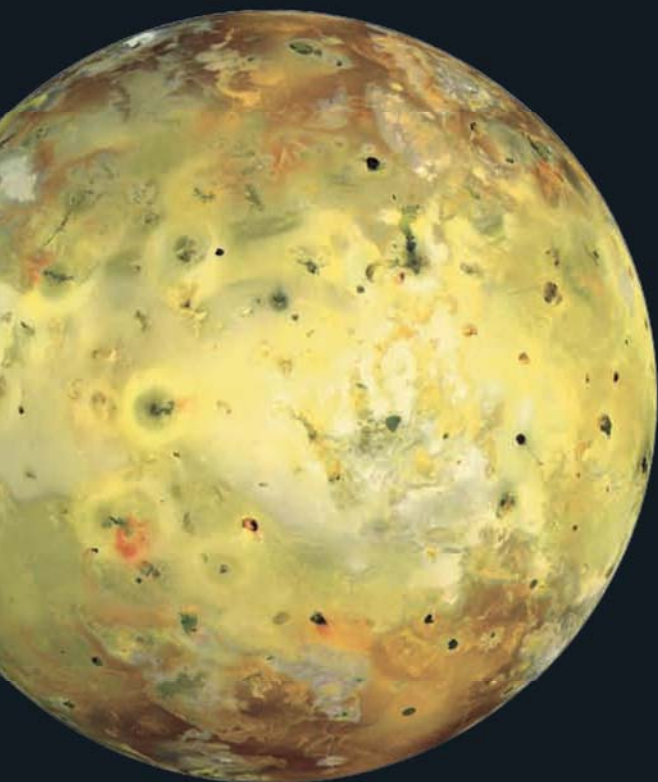
► Ученые из Лаборатории реактивного движения NASA, изучавшие данные «Вояджера», прозвали спутник Юпитера Ио «луной-пиццей», потому что ни одно из тел Солнечной системы не проявляет такой бурной вулканической активности.



# ВАССАЛЫ ПЛАНЕТ



▲ На нашей Луне есть следы космических столкновений, произошедших в основном сотни миллионов лет назад.



В 1610 году Галилео Галилей обнаружил, что у других планет тоже есть спутники — как Луна у нашей Земли. Галилей открыл четыре спутника Юпитера. Благодаря постоянному совершенствованию телескопов и камер с тех пор открыто множество спутников планет, немало их обнаружили и космические зонды «Вояджер». Сейчас в Солнечной системе известно почти 300 спутников, причем у 19 из них диаметры превышают 500 километров.

У Меркурия и Венеры нет естественных спутников. Возможно, что наша Луна образовалась в результате космического столкновения катастрофического масштаба, а два небольших спутника Марса — астероиды, захваченные гравитацией этой планеты. Многие маленькие спутники гигантских планет, часто вращающиеся по нерегулярным орбитам, тоже скорее всего являются захваченными объектами, например, колоссальный спутник Нептуна Тритон. Однако большие спутники Юпитера, Сатурна и Урана, движущиеся по регулярным орбитам, сформировались вместе со своими материнскими планетами, образовав как бы миниатюрные «солнечные системы».

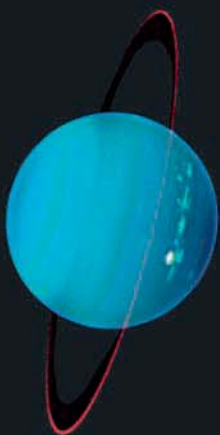
Десятки спутников планет Солнечной системы демонстрируют невероятное разнообразие геологических свойств: начиная от активных серных вулканов на луне Юпитера Ио и заканчивая ледяными фонтанами на спутнике Сатурна Энцеладе и крутыми ледяными обрывами Миранды, вращающейся вокруг Урана. Самый интересный из них — это спутник Сатурна Титан, потому что только на нем есть обширная атмосфера и озера жидкого метана. Спутники разных размеров встречаются у многих астероидов и ледяных карликовых планет, и это, несомненно, тоже как-то связано с условиями их происхождения, но как именно, пока неясно.



▲ Инфракрасные снимки и измерения с помощью радаров позволили определить, что у гигантского спутника Сатурна Титана холодная поверхность, на которой есть озера жидкого метана.



▲ Фобос, более крупный из двух небольших спутников Марса, имеет форму картофелины и испещрен метеоритными кратерами.



▲ Этот инфракрасный снимок тонких темных колец Урана получен на 10-метровом телескопе Кека на вершине Мауна-Кеа (Гавайи).



▲ Кольцевые дуги вокруг Нептуна сфотографировал в августе 1989 года космический аппарат NASA «Вояджер-2».

▼ Удивительная система колец Сатурна напоминает граммофонную пластинку, но в относительной мере намного тоньше неё: при диаметре 275 тысяч километров толщина колец всего 20 метров.

# КОЛЬЦА ВОКРУГ ГИГАНТСКИХ ПЛАНЕТ

**КАЖДАЯ ПЛАНЕТА-ГИГАНТ** окружена не только свитой из спутников, но и системой колец, состоящих из пыли, камней и кусков льда. Однако с Земли в небольшой телескоп видны только кольца Сатурна. В 1610 году их первым разглядел итальянец Галилео Галилей, однако их истинную природу разгадал голландский астроном Христиан Гюйгенс только в середине XVII столетия.

Частицы пыли в протяженных кольцах Юпитера образовались в результате столкновений микрометеоритов с четырьмя внутренними спутниками планеты. Происхождение и продолжительность существования темных колец и разорванных дуг вокруг Урана и Нептуна до сих пор не выяснены. Широкие яркие кольца Сатурна состоят из больших и малых камней и кусков льда — возможно, остатков небольшого разрушенного спутника.

В 2004–2017 годах космический зонд «Кассини» исследовал кольца Сатурна вблизи, что позволило не только получить великолепные фотографии, но и разобраться в особенностях взаимодействия спутников и частиц колец, в происхождении волн плотности и волнообразных колебаний, понять, почему маленькие частицы так легко слипаются в крупные структуры. Система колец Сатурна — это уникальная лаборатория исследования процессов, происходящих в других дискообразных структурах, например в спиральных галактиках и протопланетных дисках вокруг молодых звезд.

Примерно через 10 миллионов лет Марс тоже будет окружен кольцом из камней: Фобос, луна Красной планеты, медленно, но неотвратимо приближается к ней по спирали, и в отдаленном будущем приливные силы Марса разорвут его на части.

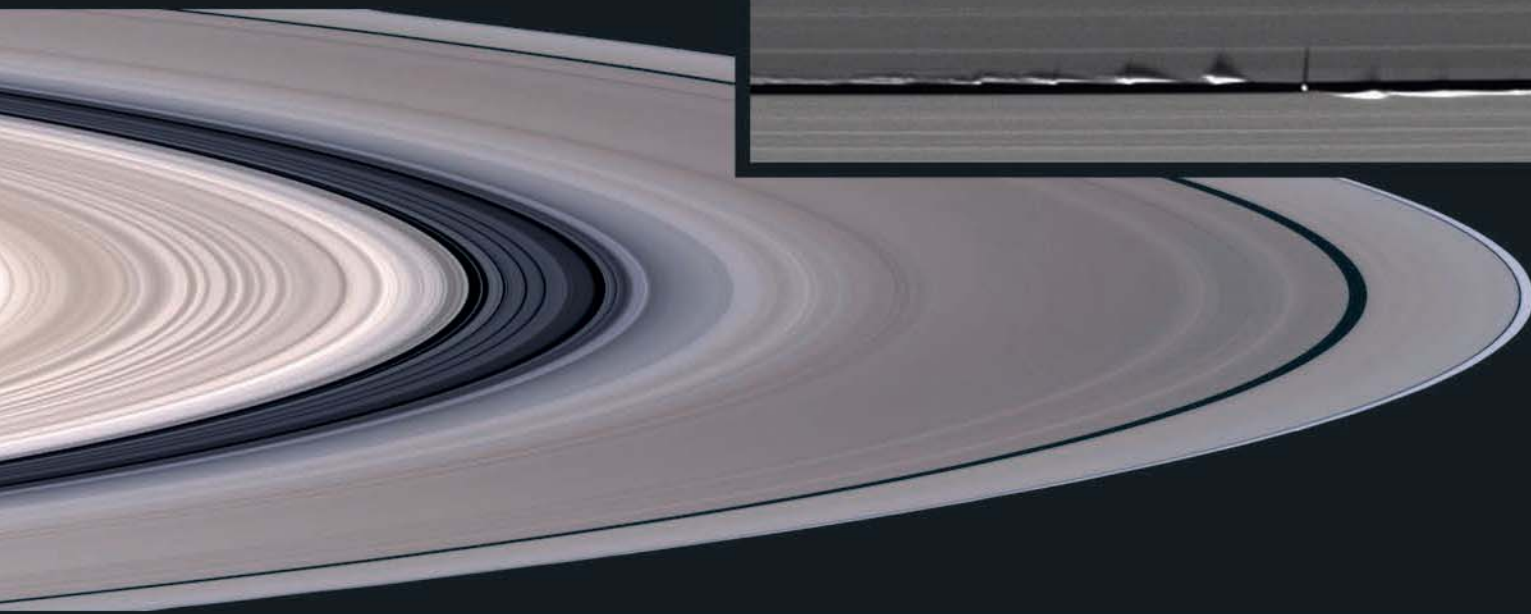
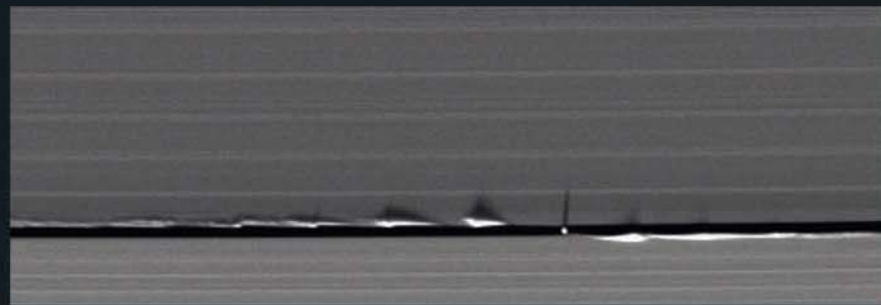


► На этой сделанной «Вояджером» фотографии Юпитера хорошо видны подсвеченные Солнцем протяженные кольца и атмосфера этой планеты.

▼ Космический зонд NASA «Кассини» сделал этот снимок темной стороны Сатурна и подсвеченной Солнцем системы колец, пролетая через область тени планеты. Чуть выше левого края главного кольца видна Земля.



► Гравитационные возмущения, вызываемые малыми спутниками внутри колец, могут вытягивать частицы из главной плоскости колец, создавая эту великолепную теневою картину.



# МАЛЫЕ И ПРЕКРАСНЫЕ


► Астероиды Ида, Лютеция, Итокава, Гаспра, комета Хартли-2 и комета Темпеля-1 — некоторые из малых тел Солнечной системы, которые были исследованы с близкого расстояния. На этих фотографиях они показаны не в масштабе.

**В ПЕРВЫЙ ДЕНЬ XIX СТОЛЕТИЯ** Джузеппе Пьяцци открыл новую планету между орбитами Марса и Юпитера. Это небольшое небесное тело было названо Церерой; к ней вскоре присоединились Паллада, Юнона и Веста. За последовавшие полвека астрономы открыли на схожих орбитах множество подобных малых объектов. Тогда стало понятно, что все эти тела, как и первые четыре открытых «планеты», такому статусу не соответствуют, и их стали классифицировать иначе: как малые планеты или астероиды.

Эта история, кстати, повторилась в 2006 году. Плутон, который считался девятой планетой Солнечной системы, начиная с его открытия в 1930 году, был лишён этого статуса после того, как за пределами орбиты Нептуна было обнаружено множество других ледяных объектов со схожими размерами и свойствами, на таких же вытянутых орбитах с большими наклонами.

Каменные тела пояса астероидов за орбитой Марса — остатки формирования планет земной группы. Ледяные карликовые планеты в поясе Койпера за орбитой Нептуна — остатки формирования гигантских планет. В результате гравитационных возмущений бесчисленные ледяные тела (кометы) выбрасывались из Солнечной системы и накапливались в сферическом облаке Оорта, почти на полпути до ближайшей звезды.

Движение астероидов по их орбитам тоже испытывает возмущения — тогда они попадают во внутренние области Солнечной системы и могут столкнуться с Землей. Начиная с первого полёта к ядру кометы (это было в 1986 году, когда исследовалась комета Галлея) и первого пролета мимо астероида (в 1991 году, астероид Гаспра), с помощью автоматических космических зондов об этих малых телах накоплено множество сведений. Эти данные позволяют нам заглянуть в те времена, когда Солнечная система только формировалась.



◀ Эта группа трех метеоритных кратеров на поверхности астероида Веста, прозванная «Снеговиком», сфотографирована межпланетной станцией «Рассвет» (Dawn). Условные цвета отражают неоднородность состава поверхности астероида.



▲ Линии визирования в Стоунхендже — сооружении эпохи неолита, отмечают точки горизонта, где восходили и заходили Солнце и Луна в дни равноденствий и солнцестояний.

▼ Великие египетские пирамиды ориентированы точно по сторонам света, а некоторые их наклонные туннели, по-видимому, ориентированы по положениям звезд.

◀ Запуск первого искусственного спутника в 1957 году открыл новую эру в истории астрономии.



► Портрет Галилео Галилея был написан Юстусом Сустермансом спустя 26 лет после того, как итальянский астроном первый раз направил свой телескоп на звездное небо.



# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ

**АСТРОНОМИИ СТОЛЬКО ЖЕ ЛЕТ**, сколько самому человечеству. Десятки тысяч лет назад наши далекие предки с удивлением смотрели на мерцание звезд в ночном небе и отмечали повторяющиеся циклы смены дня и ночи, лета и зимы. Космос (греческое слово *kósmos* обозначает «порядок») — это место вечного божественного совершенства.

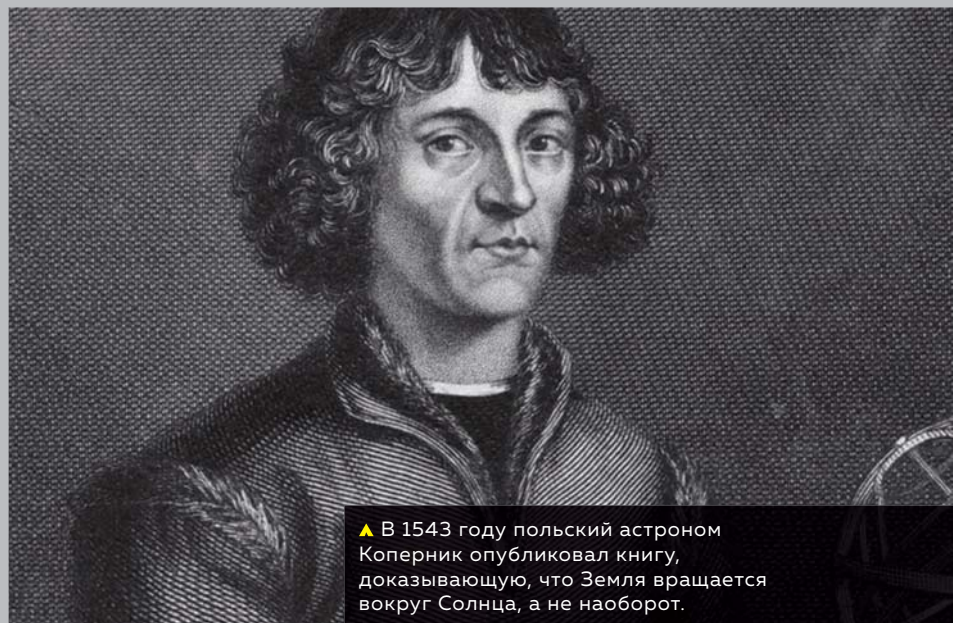
Несколько тысяч лет назад в Вавилоне, на территории современного Ирака, между великими реками Тигр и Евфрат люди впервые стали вести постоянные записи движений Солнца, Луны и планет. Как считали древние ассирийцы, тот, кто знает, что делают боги, знает и то, что случится здесь, на Земле.

Современные астрономы не верят в астрологию, однако именно первые вавилонские астрологи заложили основы того, что позднее стало наукой астрономией. Многие их знания использовали древние греки, 2500 лет назад разработавшие модель мира, в которой важную роль играют перемещения космических тел.

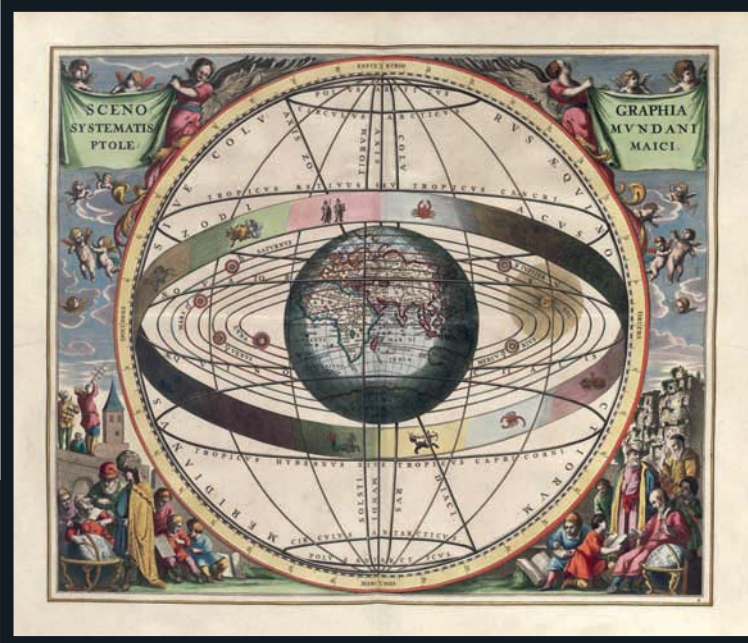
Великим основоположником этой греческой модели Вселенной был Клавдий Птолемей, который изложил свои идеи в сочинении «Альмагест». Согласно Птолемею, в центре Вселенной находится неподвижная Земля, а Солнце, Луна и планеты вращаются вокруг нее по сложным орбитам.

Только в середине XVI столетия польский астроном Николай Коперник представил альтернативную модель Вселенной, в которой в центре находилось Солнце (*Helios*), а Земля была всего лишь одной из планет, вращающихся вокруг него. Столетие спустя эта гелиоцентрическая модель стала общепризнанной, хотя церковь еще долго не могла согласиться с теорией, уравнивающей «грешную» Землю с «божественными» планетами.

▶ На гравюре XVII века показана тогда уже устаревшая концепция устройства Вселенной, где в центре находится Земля.



▲ В 1543 году польский астроном Коперник опубликовал книгу, доказывающую, что Земля вращается вокруг Солнца, а не наоборот.

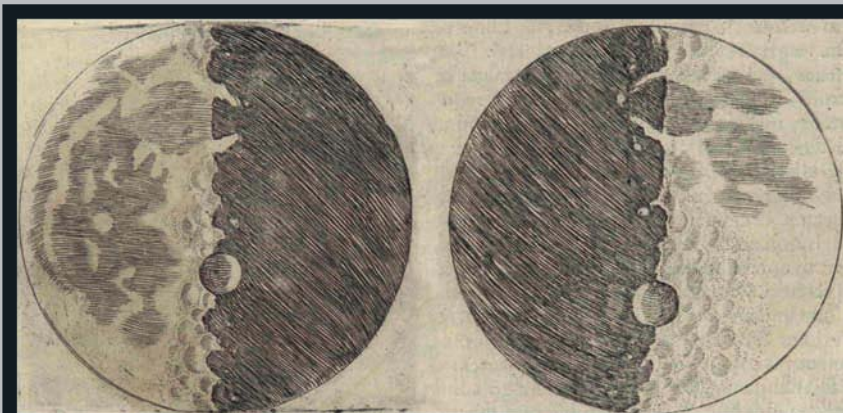


Через полстолетия после смерти Коперника в Голландии был изобретен телескоп. С его помощью Галилей открыл миллионы новых звезд в Млечном Пути, горы на Луне, пятна на Солнце, спутники Юпитера и фазы Венеры. Иоганн Кеплер определил математические правила движения планет. Исаак Ньютон упорядочил Солнечную систему с помощью своей универсальной теории гравитации. Астрономы открыли множество комет, туманностей и даже ряд новых планет.

Совершенствование техники наблюдений позволило астрономам определить расстояния до звезд. Изобретение спектроскопа (прибора для изучения света звезд путём его разложения на составляющие цвета) помогло больше узнать о составе небесных тел. Сделанные в XIX веке открытия в области физики и химии также нашли применение в астрономии.

Уже почти столетие мы знаем, что Вселенная неизмеримо больше нашего Млечного Пути и что она продолжает расширяться: расстояние между галактиками постепенно увеличивается. Современные астрономы больше не следят за движением планет и не стараются понять, насколько удалены от нас звезды. Вместо этого они обсуждают черные дыры, жизнь на других планетах, темную материю и происхождение Вселенной.

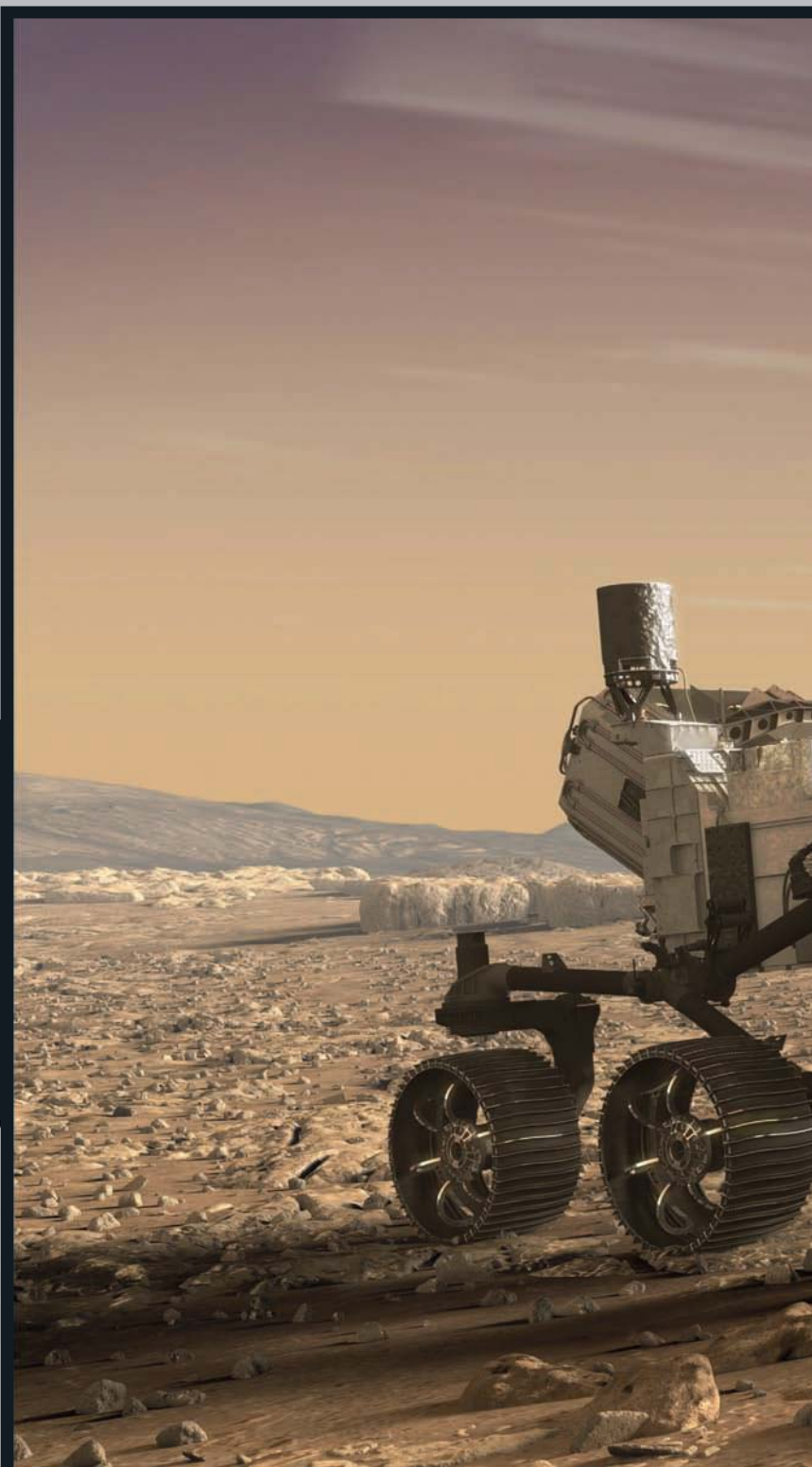
Наше восхищение Вселенной не слабеет со временем — наоборот, каждое новое открытие делает мир космоса еще более удивительным.



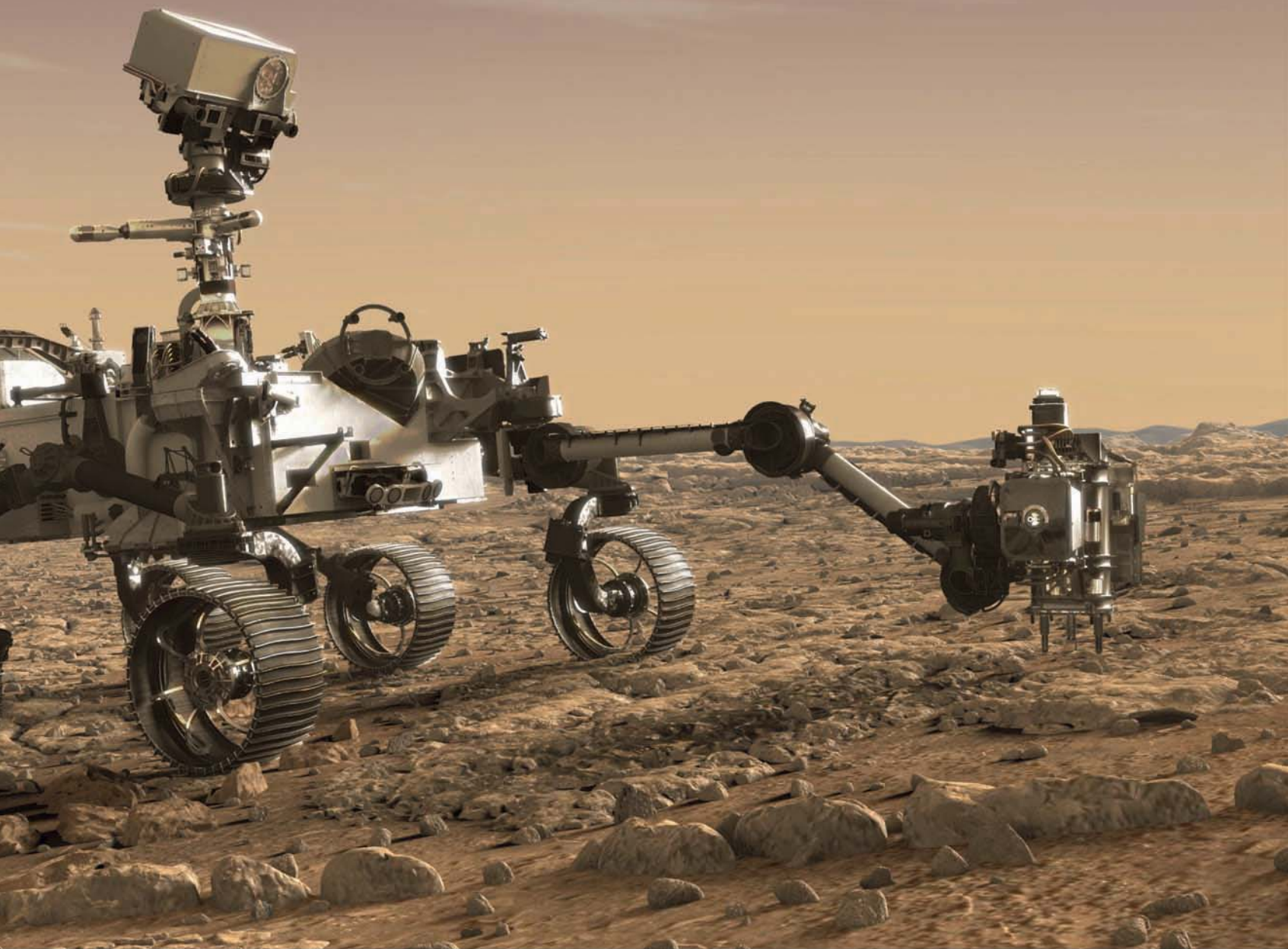
▲ С помощью самодельного телескопа Галилей первым сделал детальные зарисовки лунных кратеров и гор.

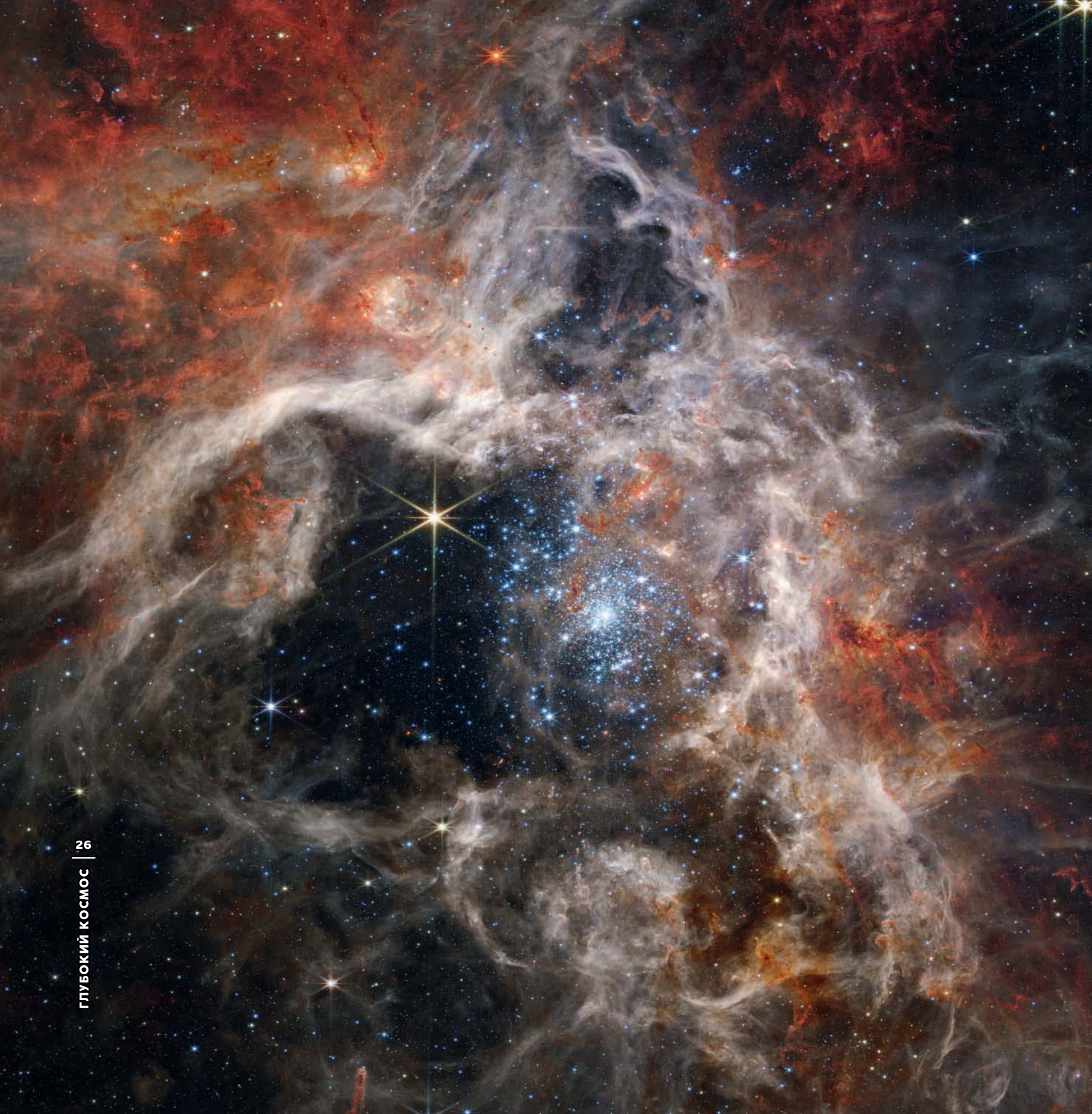


► В XVIII веке Уильям Гершель использовал подсчеты количества звезд для построения трехмерной модели Млечного Пути (оказавшейся впоследствии неверной).



▼ Марсоход NASA «Упорство» (Perseverance), ищущий свидетельства существования в прошлом жизни на Марсе, стал символом современной науки о космосе.







# РОЖДЕНИЕ ЗВЕЗД

**ЕЩЁ НЕСКОЛЬКО СОТЕН ЛЕТ НАЗАД** никто не мог и подумать, что звезды не вечны, что они когда-то «родились» и что им предстоит «умереть». А сегодня мы знаем, что во Вселенной нет ничего вечного. То ночное небо, которое мы видим сегодня, миллиард лет назад было совсем другим, а еще через миллиард лет также радикально изменится. Там, где сейчас мы видим холодные темные облака газов и пыли, когда-нибудь засияют новые звезды.

У таких звезд, как Солнце, жизненный цикл составляет примерно 10 миллиардов лет, поэтому неудивительно, что рождение звезды происходит намного медленнее, чем рождение человека. От первых «схваток» до первого «крика» новорожденной звезды могут пройти десятки тысяч лет. Поскольку человеческая жизнь намного короче, может показаться, что в «звёздных яслях» почти ничего не происходит, но это совсем не так.

Звёздные ясли — одни из самых фотогеничных объектов во Вселенной. Когда рождаются первые звезды, окружающий их газ окрашивается во все цвета радуги, а причудливые пылевые облака рельефно выделяются на фоне сияющих волокон туманностей. Глядя на эти удивительные картины, кроме всего прочего, можно представить себе и фото из «детского альбома» Солнца: более 4,5 миллиарда лет назад наша звезда таким же образом была создана из космического газопылевого облака — возможно, вместе с десятками своих братьев и сестер.

◀ Похожая на гигантского паука туманность Тарантул в Большом Магеллановом Облаке — одна из самых больших областей звездообразования в нашем уголке Вселенной.

# ХОЛОДНЫЕ И ТЕМНЫЕ «ЗВЁЗДНЫЕ ЯСЛИ»



▲ На снимке, сделанном субмиллиметровым телескопом APEX (Atacama Pathfinder Experiment) в Чили, видно слабое свечение темных пылевых масс в Облаке Ориона.

**МЕЖЗВЕЗДНОЕ ПРОСТРАНСТВО** не пустое, хотя в нем меньше газа и пыли на единицу объема, чем в самом идеальном вакууме, который можно создать в лаборатории на Земле. Если массы межзвездного вещества связывает гравитация, они образуют гигантские облака. Внутри этих облаков, куда едва проникает свет звезд, царит тьма и смертельный холод. В этих условиях отдельные атомы могут объединяться в простые молекулы. Такие протяженные структуры называются *молекулярными облаками*.

Ближайшее к Земле молекулярное облако на расстоянии в 1500 световых лет называется Облаком Ориона. Это колоссальное темное облако поперечником в несколько сотен световых лет занимает на небе практически всю площадь созвездия Ориона. В обычный телескоп большая его часть, разумеется, не видна, но оно содержит светящиеся газовые туманности и новорожденные звезды, а часть темных облаков выделяется на фоне ярких туманностей.

Однако холодная пыль в облаке всё же излучает на более длинных субмиллиметровых волнах, и это излучение можно использовать для построения изображений с помощью специальных телескопов — таких, например, как APEX (Atacama Pathfinder Experiment), установленный на севере Чили на высоте 5000 метров. Когда изображение, построенное APEX (на фото оно показано оранжевым цветом), накладывается на «обычный» снимок, становится ясно видно, что субмиллиметровое излучение исходит из самых темных областей Облака Ориона.

Точно так же, как рентгеновские лучи показывают нам человеческий скелет, субмиллиметровая фотография демонстрирует, что происходит в глубинах Облака Ориона. В нём достаточно газа и пыли для образования многих тысяч звезд.

▲ На этой сделанной с большой выдержкой фотографии видно, что всем известное созвездие Ориона заполнено темной пылью и слабосветящимся газом.



▲ На снимке, полученном с широкоугольным инфракрасным космическим телескопом NASA WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer), видны розовые точки — новорожденные звезды в плотном ядре туманности. Фото сделано в условных цветах.

## Паспорт

Имя: Молекулярное облако Ро Змееносца

Созвездие: Змееносец

Положение на небе:

Прямое восхождение: 16ч 28м 06с

Склонение:  $-24^{\circ} 32.5'$

Карта звездного неба: 12

Расстояние: 420 световых лет

# ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЕ У НАС ДОМА

**ЧУТЬ СЕВЕРНЕЕ** яркой звезды Антарес в созвездии Скорпиона есть неправильной формы группа газопылевых облаков с десятками новорожденных звезд. Этот комплекс, молекулярное облако Ро Змееносца, названное так по соседней звезде, — одна из ближайших к Земле (около 420 световых лет) областей звездообразования. Вещества в ней хватит на тысячи звёзд типа Солнца. Это гигантское облако с его фантастически разнообразным диапазоном цветов — любимый объект астрофотографов.

На снимках, сделанных в видимых лучах, видны волокнистые пылевые облака, которые полностью поглощают свет более далёких звезд. Возможно, высокая плотность этих волокон объясняется приходом ударных волн из соседней области звездообразования. Когда такие волны проходят через межзвездное пространство, они могут вызывать в нём локаль-

ные уплотнения вещества — и в результате рождаются новые звезды.

Американский космический телескоп WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) сделал инфракрасные снимки облака Ро Змееносца. Цвета на этих снимках не соответствуют цветам на оптической фотографии; красное пятно внизу справа — отражательная туманность вокруг звезды Сигма Скорпиона, которая в оптике видна как бело-голубая звезда на правом краю кадра.

Большая часть пыли в облаке Ро Змееносца в инфракрасных лучах практически прозрачна, поэтому на снимке WISE видно много новорожденных звезд слева от центра кадра. На инфракрасном снимке эти, как их называют, «молодые звёздные объекты» (Young Stellar Object, YSO) выглядят розовыми точками. В обычном свете их увидеть нельзя — они полностью скрыты облаками пыли.



▲ На оптическом снимке область звездообразования Ро Змееносца выглядит хаотическим нагромождением облаков горячего газа и темных завитков холодной пыли.

## Паспорт

Имя: Туманность Ориона  
(M42, NGC 1976)

Созвездие: Орион

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
05ч 35м 17с

Склонение:  $-05^{\circ} 23,5'$

Карта звездного неба: 9

Расстояние: 1350  
световых лет

Поперечник: 25 световых  
лет

# ЗВЁЗДНЫЙ «ЛЕСНОЙ ПОЖАР» В ОРИОНЕ

В КОНЦЕ XIX СТОЛЕТИЯ астрономам показалось, что они открыли новый химический элемент — химия того времени не могла объяснить бледно-зеленый цвет некоторых областей туманности Ориона. Новый элемент назвали небулием (от слова *nebula* — туманность). Только 30 лет спустя ученые выяснили, что зеленый свет излучают дважды ионизованные атомы кислорода — для их появления требуется сочетание очень низкой плотности и очень высокой температуры, а в некоторых разреженных областях туманности Ориона температура превышает 10 тысяч градусов.

Туманность Ориона — самые известные «звёздные ясли». Она видна невооруженным глазом как туманное световое пятно под тремя яркими звездами пояса Ориона, однако заметили ее только в XVII веке, после изобретения телескопа. Зарисовку этой туманности первым опубликовал в 1659 году Христиан Гюйгенс, а в 1771 году французский астроном Шарль Мессье включил ее под номером M42 в свой каталог туманностей.

Туманность Ориона — часть гигантского молекулярного Облака Ориона. Её поперечник около 25 световых лет, расстояние до Земли — 1350 световых лет. От находящихся в центре туманности четырех молодых горячих звезд исходит мощное ультрафиолетовое излучение. Эти четыре звезды, называемые Трапедией, постоянно расчищают непосредственно окружающее их пространство, своим излучением выметая отсюда вещество, генерируя ударные волны и уплотнения в прилегающих к ним газопылевых облаках. Эти уплотнения в свою очередь образуют новые звезды, и процесс звездообразования распространяется во всех направлениях подобно лесному пожару.



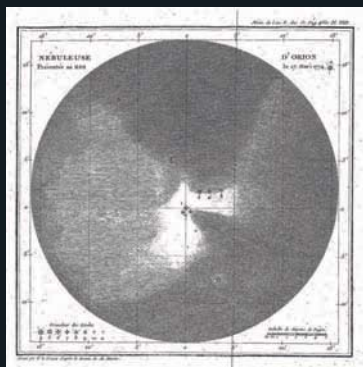
▲ Это инфракрасное изображение туманности Ориона в условных цветах построено на основе данных космического телескопа NASA «Спитцер» и европейской космической обсерватории «Гершель».



▲ В сердце туманности Ориона находится Трапедия — группа из четырех молодых ярких звезд, распространяющих вокруг себя высокоэнергетическое излучение.



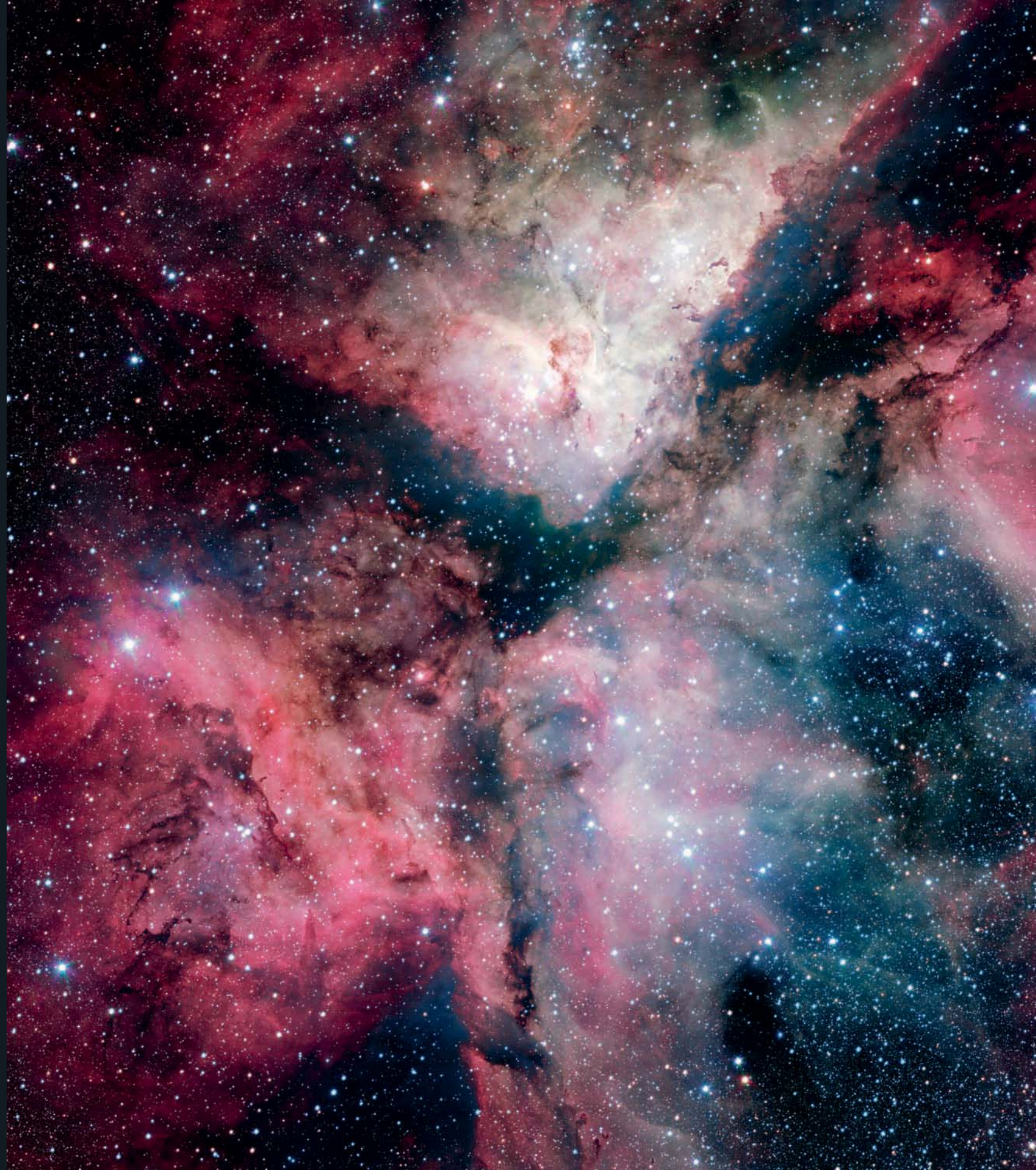
▲ Яркая внутренняя область туманности Ориона названа областью Гюйгенса в честь голландского астронома Христиана Гюйгенса, который первым зарисовал и описал её.



▲ Астрономы XVIII века, такие, как известный французский ловец комет Шарль Мессье, делали подробные карандашные зарисовки туманностей.



▼ Огромная составная мозаика из фотографий, полученных Космическим телескопом Хаббла, передаёт грандиозный масштаб туманности Ориона, «звездных ясель» на расстоянии 1 350 световых лет от Земли.



# «ВЕДЬМИН КОТЕЛ» ИЗ ГАЗА И ПЫЛИ

**В СЕРЕДИНЕ XVIII ВЕКА** французский астроном Никола Луи де Лакайль отправился на Мыс Доброй Надежды, чтобы подробно изучить звездное небо Южного полушария. Там в 1751 году он открыл большую, хорошо заметную туманность в созвездии Киля. Туманность Киля — это гигантская область звездообразования, намного больше туманности Ориона, на расстоянии не менее 7500 световых лет от нас в спиральном рукаве Киля-Стрельца Млечного Пути. В туманности уже есть много молодых звезд, включая одну из самых массивных звезд Млечного Пути — Эту Киля. В 1841 году на ней произошло катастрофическое извержение, и Эта Киля, несмотря на огромное расстояние от Земли, на некоторое время стала второй по яркости звездой на небе.

▼ Немного напоминающая абстрактные полотна Джеймса Поллака, созданная Космическим телескопом Хаббла мозаика туманности Киля с петлями светящегося газа и небольшой темной туманностью, из которой когда-нибудь появятся новые звезды.

Расположенные в Южном полушарии большие телескопы сделали детальные снимки туманности Киля, а Космический телескоп Хаббла подробно исследовал эти «звёздные ясли». Невозможно оторвать глаз от снятой «Хабблом» панорамы — буйного трехмерного ведьмовского котла с газовыми космами, ударными волнами, пылевыми облаками и новорожденными звездами. Кажется, что некоторые области туманности — это иллюстрации к волшебным сказкам, а один светящийся выступ прозвали Волшебной Горой.

За миллионы лет в туманности Киля были рождены тысячи звезд, и сейчас в ее разных областях есть молодые компактные звездные скопления. Другие протозвезды все еще скрываются внутри темных облаков пыли, и их можно увидеть только на инфракрасных снимках. На этих снимках видны и струи горячего газа, которые протозвезды выбрасывают в двух диаметрально противоположных направлениях. Кто знает, может быть, когда-нибудь там родится такой же гипергигант, как Эта Киля.

▼ Это детальное инфракрасное изображение туманности Киля получено с установленным в Чили Очень большим телескопом Европейской южной обсерватории (VLT).

## Паспорт

Имя: Туманность Киля (NGC 3372)

Созвездие: Киль

Положение на небе:

Прямое восхождение: 10ч 45м 09с

Склонение:  $-59^{\circ} 52,1'$

Карта звездного неба: 11

Расстояние: 7500 световых лет

Поперечник: 600 световых лет



◀ Расположенная в южном созвездии Киля яркая туманность Киля не видна в средних широтах Северного полушария Земли. Эта фотография получена в Европейской южной обсерватории в Чили.



▼ В 2015 году, через двадцать лет после появления первых сенсационных снимков Столпов Творения, Космический телескоп Хаббла получил ещё более эффектное изображение этих темных разрушающихся пылевых колонн в туманности Орёл.



▼ Космический телескоп Хаббла сфотографировал еще одну пылевую колонну в туманности Орёл. Эту колонну можно также увидеть (в горизонтальном положении) слева от центра на фото внизу страницы 35.

# ПЫЛЕВЫЕ СТОЛПЫ В ОРЛИНОМ ГНЕЗДЕ

**В НОЯБРЕ 1995 ГОДА** многие газеты и журналы напечатали на первых страницах фотографию туманности Орёл в хвосте созвездия Змеи. Отремонтированный незадолго до этого Космический телескоп Хаббла сделал детальные снимки центральной части этой туманности. В таинственных желто-зеленых тонах на фото различались мистические пылевые столбы, рельефно выделяющиеся на фоне светящейся туманности. По их краям виднелись маленькие темные выступы, в которых рождались новые звезды. Самую большую пылевую колонну вскоре прозвали Пальцем Бога, а темные сгущения — «орлиными яйцами».

Разумеется, расположенная на расстоянии около 7000 световых лет от Земли туманность Орёл (M16) была открыта намного раньше. Как и туманность Ориона, она светится, потому что в ее центре находится около 450 новорожденных звезд с очень мощным ультрафиолетовым излучением. Этому звёздному скоплению всего 1–2 миллиона лет. Эти наблюдения впервые позволили подробно проанализировать воздействие излучения молодых звезд на газовую и пылевую составляющие туманности.

Пылевые колонны в туманностях формируются примерно так же, как причудливой формы столбы из песка в штате Юта (США) или в Каппадокии (Турция), только их эрозия вызвана не ветром или водой, а излучением. На кончике «Божьего Пальца», к примеру, процесс фотоиспарения туманности заметен в виде сине-зеленого свечения. Однако, темные выступы — все они вытянуты в направлении центрального звёздного скопления — очень плотные, поэтому их эрозия происходит намного медленнее. Через несколько десятков тысяч лет на их месте появятся новые звезды.

► В небольшой телескоп туманность Орёл в хвосте созвездия Змеи похожа на летящую хищную птицу.



▲ В инфракрасном свете знаменитые «столпы» становятся почти прозрачными: делаются видимыми скрытые в них протозвезды и объекты фона.



## Паспорт

Имя: Туманность Орёл (M16, NGC 6611)

Созвездие: Змея (хвост Змеи)

Положение на небе:

Прямое восхождение: 18 ч 18 м 48 с

Склонение:  $-13^{\circ} 49,0'$

Карта звездного неба: 13

Расстояние: 7 000 световых лет

Поперечник: 20 световых лет

## Паспорт

Имя: Туманность Розетка  
(Caldwell 49)

Созвездие: Единорог

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
06ч 33м 45с

Склонение: +04° 59,9'

Карта звездного неба: 4

Расстояние: 5000  
световых лет

Поперечник: 130  
световых лет

▼ Как и туманность в Орионе и туманность Орёл, туманность Розетка светится за счёт ультрафиолетового излучения скопления молодых горячих звезд в её центре.

► Полученная Европейской инфракрасной космической обсерваторией «Гершель» небольшая часть туманности Розетка. На инфракрасных волнах становятся видны погружённые в пылевые облака протозвезды.

# ИНФРАКРАСНАЯ РОЗЕТКА

**ЕВРОПЕЙСКИЙ КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП** «Гершель» назван в честь английского астронома Уильяма Гершеля, который в 1800 году открыл инфракрасное (или «тепловое») излучение. Телескоп был выведен на орбиту в 2009 году, и четыре года его сверхчувствительные камеры и спектрографы записывали излучение Вселенной в дальнем инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах. Так как это излучение поглощается водяным паром в земной атмосфере, его гораздо лучше наблюдать из космоса.

Инфракрасные телескопы великолепно подходят для изучения рождения звезд. Это рождение происходит в темных облаках, поэтому его трудно наблюдать с помощью обычных телескопов. Тёмные пылевые облака, в которых образуются звёзды, часто плохо видны в обычный телескоп, зато эти облака испускают длинноволновое тепловое излучение, которое проходит сквозь пыль. Поэтому инфракрасный телескоп «видит» новорожденные звёзды, упрятанные в свои газопылевые коконы.

Для визуализации невидимого глазу инфракрасного и субмиллиметрового излучения астрономы используют условные цвета. На этой фотографии туманности Розетка в созвездии Единорога (большой области звездообразования на расстоянии в 5 000 световых лет) излучение с длиной волны 70 микрометров показано синим цветом, излучение с длиной волны 160 микрометров — зеленым, а излучение с длиной волны 250 микрометров (или четверть миллиметра) — красным.

Справа (уже за пределами кадра) находится молодое звездное скопление, уже сформировавшееся в центре туманности. Как и в туманности Орёл, мощное излучение звезд образует в окружающей их среде вытянутые пылевые колонны. Белые искорки в центре кадра — только что открытые юные звёзды, причем некоторые из них вдесятеро массивнее Солнца. Туманность Розетка содержит так много вещества, что его хватит на формирование десятков тысяч солнц.

# ФАБРИКА ЗВЕЗД

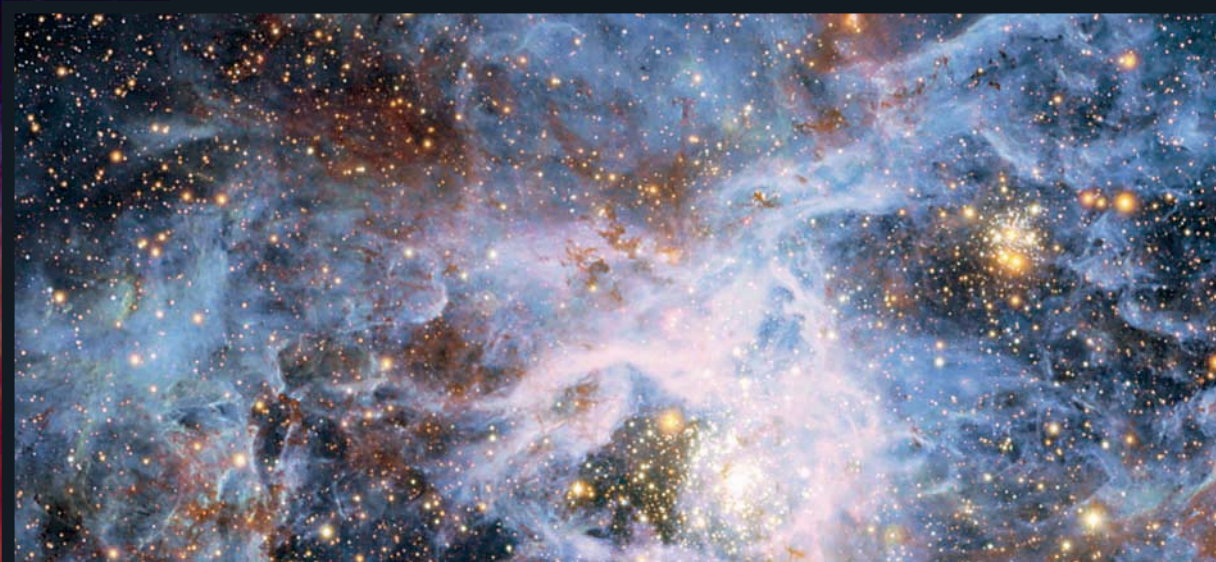
**ЕСЛИ БЫ ТУМАННОСТЬ ТАРАНТУЛ** была так же близко к Земле, как туманность Ориона, у нас по ночам не темнело бы! Однако эта гигантская область звездообразования находится на расстоянии в 160 тысяч световых лет, в Большом Магеллановом Облаке, карликовом спутнике Млечного Пути. Даже с такого огромного расстояния туманность Тарантул видна невооруженным глазом! Это одна из самых больших известных нам «звёздных яслей» — её поперечник около 600 световых лет.

Центральная часть туманности, известная как 30 Золотой Рыбы — гигантская «фабрика звезд». Внутри туманности — множество звёздных скоплений возрастом всего несколько миллионов лет. В самом сердце 30 Золотой Рыбы лежит скопление R136 поперечником в 35 световых лет — вещества в нём хватит на образование ещё добрых полумиллиона звезд. Некоторые из новорожденных светил — гипергиганты с массами более ста масс Солнца.

На странице 26 приведено составное изображение туманности, полученное космическим телескопом «Джеймс Уэбб» — на нём хорошо видны облака горячего газа, темные пылевые полосы и бесчисленные искорки новорожденных звезд.

Интересный факт: свет туманности Тарантул идёт до нас 160 тысяч лет. Это означает, что мы видим туманность такой, какой она была, когда на Земле появились первые *Homo sapiens*. За время, прошедшее с тех пор, многие из массивных звезд с этой фотографии взорвались как сверхновые, а протозвезды вступили в период зрелости.

▼ В центре этого инфракрасного изображения туманности Тарантул — гигантская звезда VFTS 682, которая более чем в 150 раз тяжелее Солнца.



# ЗВЁЗДНЫЕ ЯСЛИ

У областей звездообразования бывают самые разные очертания и размеры, но все они необыкновенно красивы, особенно если туманность сверкает сине-белыми огнями новорождённых звёздных скоплений, а яркие газовые волокна пересекаются темными полосами пыли. На этих двух страницах показаны несколько эффектных «звёздных яслей».

► Туманность M17 в Стрельце известна ещё как Омега или туманность Лебедь.

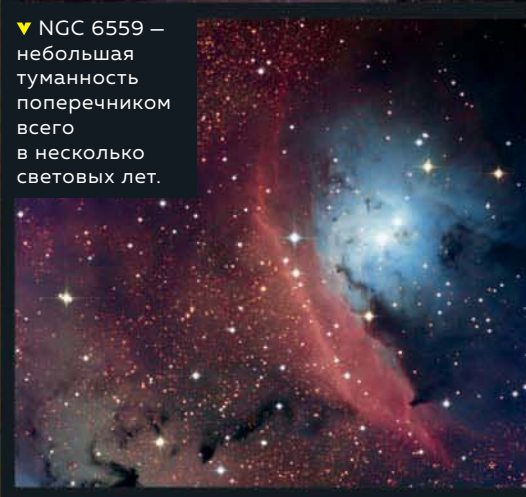


▲ Темная пылевая гряда в горячей туманности из Малого Магелланова Облака.

▼ Туманность Лагуна на расстоянии около 4000 световых лет в созвездии Стрельца.



▼ NGC 6559 – небольшая туманность поперечником всего в несколько световых лет.





▼ Тройную туманность пересекают темные пылевые ленты.



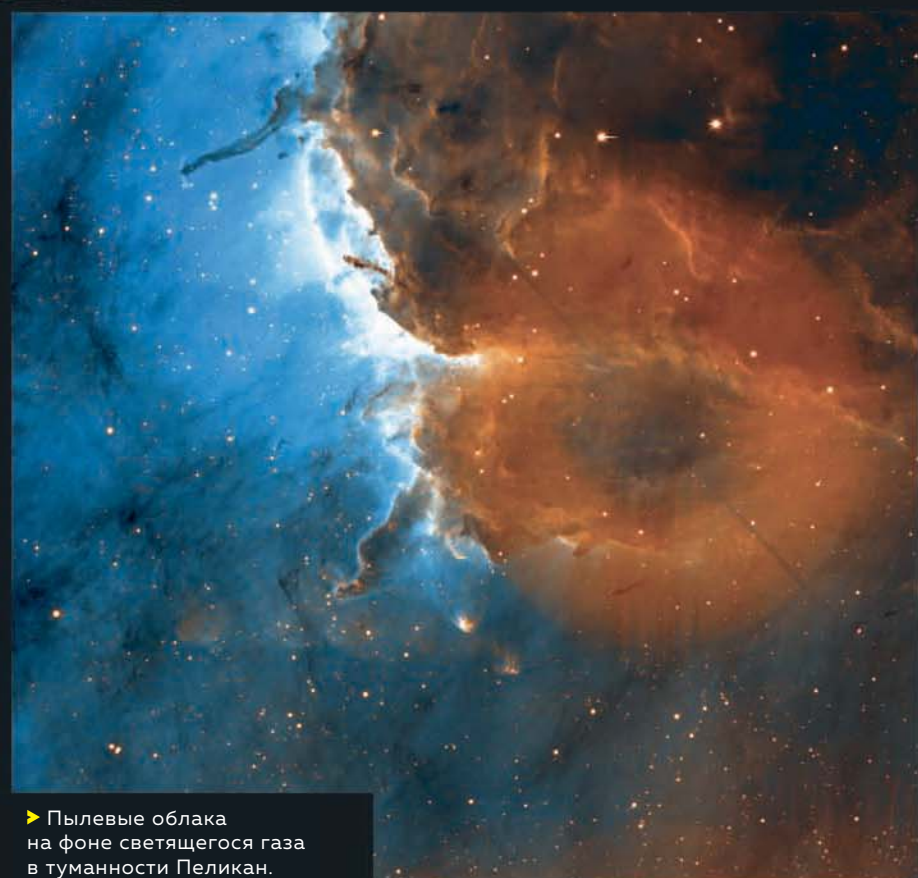
► RCW 108 – гигантская область звездообразования в южном созвездии Жервенника.



▲ N90 – известные своими зловещими очертаниями звездные ясли в Малом Магеллановом Облаке.



▲ Туманность Конус (внизу) наверху туманности Рождественская Ёлка.



► Пылевые облака на фоне светящегося газа в туманности Пеликан.



# ДЕЛА СЕМЕЙНЫЕ

**ЗВЕЗДЫ РЕДКО** рождаются поодиночке. В каждом темном молекулярном облаке Млечного Пути обычно достаточно газа и пыли для формирования нескольких тысяч звезд. В больших областях звездообразования образуются сразу целые скопления из сотен звёзд. Такие звездные скопления называются рассеянными: их отдельные звезды хорошо различимы в телескоп, а всё скопление в целом просматривается насквозь.

Мощное излучение новорожденных звезд рассеянного скопления вызывает свечение газа в окружающей туманности. Именно поэтому светятся такие хорошо известные звездные ясли, как туманность Ориона, Орёл и Розетка. Однако это вовсе не означает, что все молодые рассеянные звездные скопления легко наблюдать: часто они скрыты межзвездными пылевыми облаками, в которых они сформировались, и тогда их можно разглядеть только в инфракрасный телескоп.

В нашем Млечном Пути сейчас известно более тысячи рассеянных звездных скоплений возрастом от нескольких миллионов до сотен миллионов лет, однако с точки зрения астрономии все они – молодые объекты. Гравитационные возмущения могут привести к тому, что отдельные звезды разгоняются до больших скоростей и покидают свои скопления. Как дети, которые вырастают и покидают родительский дом, звезды разбегаются по Вселенной, и скопление постепенно распадается.

Наблюдения рассеянных звездных скоплений представляют огромный научный интерес. Все звезды скопления примерно одного возраста, что позволяет сравнивать их по другим физическим характеристикам, а это дает астрономам ценнейшую информацию о жизненном цикле звезд.



▲ С помощью телескопа VISTA (Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy) астрономы Европейской южной обсерватории открыли в нашей Галактике десятки звездных скоплений, скрытых пылевыми облаками.

► Тысячи массивных звезд притаились в ядре молодого звездного скопления NGC 3603 на расстоянии около 20 тысяч световых лет от нас.

# МОЛОДЫЕ И ДИКИЕ

**ПРИМЕРНО МИЛЛИОН ЛЕТ НАЗАД** на расстоянии примерно 20 тысяч световых лет от Земли межзвездное газопылевое облако коллапсировало: сжалось под воздействием собственного веса. За короткое время облако распалось на сотни отдельных «комков», в каждом из которых в конце концов зажглась новорожденная звезда. Результатом этого локального «беби-бума» стало молодое рассеянное звездное скопление NGC 3603, которое в 1834 году открыл Джон Гершель в своей обсерватории в Южной Африке. Причём из-за компактности NGC 3603 Гершель ошибочно полагал, что открыл шаровое звездное скопление.

Астрономы много изучали NGC 3603, в том числе и с Космическим телескопом Хаббла. Это скопление поперечником всего в несколько световых лет лежит в спиральном рукаве Киля Млечного Пути. Самые массивные звезды скопления сконцентрированы вблизи его центра. У этих космических тяжеловесов очень недолгая жизнь, и один из них даже готов взорваться как сверхновая.

«Хаббл» сфотографировал ядро этого звездного скопления в 1997, а затем — в 2007 году. Тщательно сравнив два этих снимка, можно измерить скорость сотен звезд. Эти измерения показали, что звездное скопление пока не собирается «уйти на покой»: хотя скорости отдельных звезд не связаны с их массой, на них тем не менее влияют движения вещества в газопылевом облаке, из которого они образовались миллион лет назад.

◀ С помощью сделанных Космическим телескопом Хаббла снимков центральной части звездного скопления на заднем плане астрономы смогли измерить движения сотен звезд.

## Паспорт

Имя: NGC 3603

Созвездие: Киль

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
11ч 15м 09с

Склонение:  $-61^{\circ} 16,3'$

Карта звездного неба: 14

Расстояние: 20 000  
световых лет

Поперечник: 5 световых  
лет

Возраст: 2 млн лет

## Паспорт

Имя: Плеяды (M45, Семь Сестер, Стожары)

Созвездие: Телец

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
03ч 47м 24с

Склонение:  $-24^{\circ} 07.0'$

Карта звездного неба: 14

Расстояние: 445 световых лет

Диаметр: 15 световых лет

# СЕМЬ СТАРЫХ СЕСТЕР

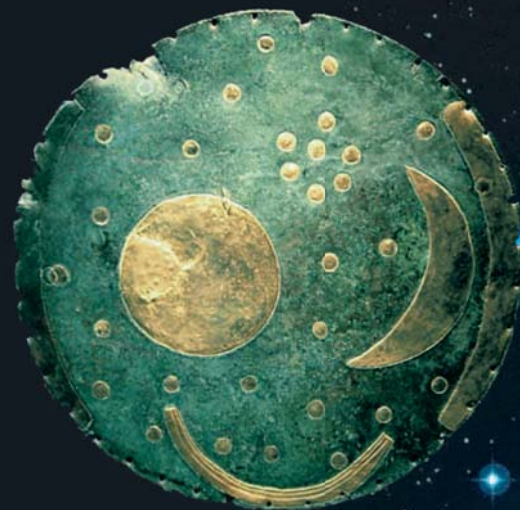
Плеяды — самое известное рассеянное звездное скопление ночного неба. С незапамятных времен оно бросается в глаза каждому, кто смотрит на ночное небо. Оно упоминается даже в Библии. Это небольшое, но хорошо различимое «облако» звезд в созвездии Тельца было известно всем цивилизациям древности. Ещё в доисторические времена первобытные люди нарисовали его на стенах пещеры Ласко и на Небесном диске из Небры.

Вопреки своему названию скопление Семь Сестер состоит только из шести ярких звезд (Альциона, Атлас, Электра, Майя, Меропа и Тайгета), но человек с хорошим зрением может различить в нём восемь-десять звезд, а в бинокль — несколько десятков. Если же учитывать и самые слабые звезды, их то можно насчитать более тысячи. Все они одного возраста — более 100 миллионов лет. Плеяды — относительно старое скопление.

Газопылевое облако, из которого образовались звёзды Плеяд, давно рассеялось во Вселенной. Туманные пряди, которые сейчас наблюдаются вокруг самых ярких звезд скопления — это части совсем другого пылевого облака, через которое Плеяды случайно проходят. Холодные частички пыли отражают свечение — преимущественно голубое — ярких звезд Плеяд.

Плеяды находятся всего в 445 световых годах от Земли. Но еще ближе, на расстоянии чуть более 150 световых лет, лежат Гиады — намного более древнее звездное скопление, расположенное к юго-востоку от Альдебарана, главной звезды созвездия Тельца. Возраст Гиад — более 600 миллионов лет, и сейчас их можно назвать звездным скоплением только с некоторой долей условности.

► Вполне возможно, что точки рядом с головой быка на этом доисторическом наскальном рисунке в пещере Ласко (Франция) изображают звездное скопление Плеяды в созвездии Тельца.



▲ Возможно, на относящемся к XVII веку до н.э. древнегерманскому диску из Небры слева сверху от лунного полумесяца изображены Плеяды.



▲ Межпланетная пыль в Плеядах, нагретая излучением звезд, испускает инфракрасное излучение.

► Невооруженным глазом можно разглядеть только шесть или семь самых ярких звезд Плеяд. В большой телескоп вокруг Семи Сестер можно различить слабую туманность.





# ЗВЕЗДЫ В ПУТИ



▲ Убегающие звезды, летя сквозь межзвездное пространство, порождают ударные волны.

**В БОЛЬШИХ ОБЛАСТЯХ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ** (например, в Облаке Ориона или туманности Киля) рождаются звезды различных типов и размеров. Относительно небольшие звезды (такие, как наше Солнце) живут много миллиардов лет, однако у массивных гигантов жизнь гораздо короче. Хотя их запасы ядерного топлива огромны, они расходуют его так быстро, что уже через несколько миллионов лет взрываются как сверхновые, не успевая даже покинуть область пространства, в которой они родились.

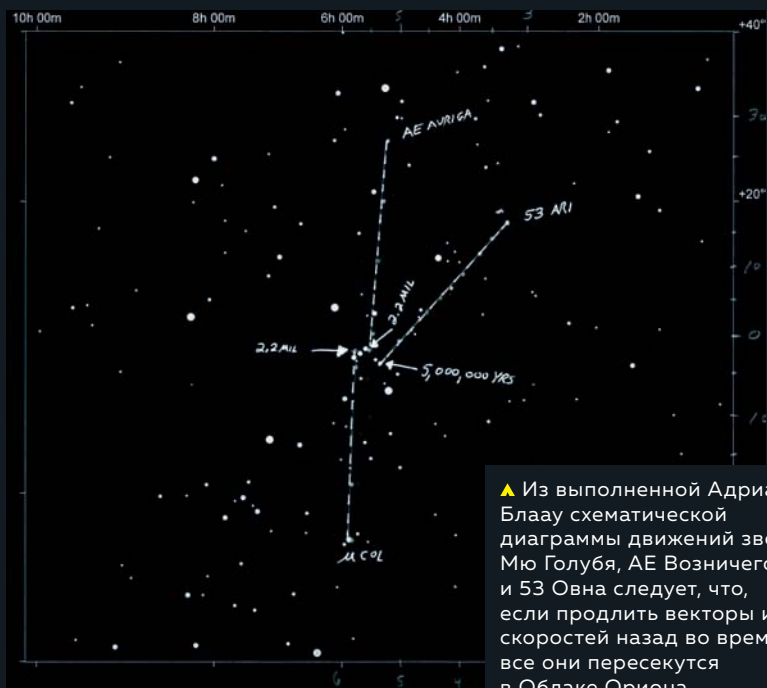
Однако в середине XX века были открыты несколько массивных звезд, которые двигаются сквозь Млечный Путь в полной изоляции с огромной скоростью: более 100 километров в секунду. В 1954 году голландский астроном Адриан Блау открыл три такие звезды — Мю Голубя, АЕ Возничего и 53 Овна. Эти звёзды, скорее всего, родились в Облаке Ориона, но в очень юном возрасте «сбежали» оттуда невероятно быстро.

Несколько лет спустя Блау представил убедительное объяснение поведения трех «беглянок». Массивные гигантские звезды часто входят в тесные двойные системы, в которых звезды с большой скоростью обращаются друг вокруг друга. Когда одна из них взрывается в виде сверхновой, теряя основную часть своей массы, вторая вылетает в пространство, как камень, выпущенный из пращи.

В конце 1990-х годов было установлено, что некоторые убегающие звезды сопровождается маленькая компактная нейтронная звезда, образовавшаяся после взрыва сверхновой. Это открытие подтвердило правильность теории Блау.



► Параметры ударной волны вокруг гигантской рентгеновской двойной Vela X-1 в Парусах, включающей остаток сверхновой, позволяют вычислить скорость движения этой двойной в межзвёздном пространстве: около 90 километров в секунду.



▲ Из выполненной Адрианом Блау схематической диаграммы движений звезд Мю Голубя, АЕ Возничего и 53 Овна следует, что, если продлить векторы их скоростей назад во времени, все они пересекутся в Облаке Ориона.

▼ На этом инфракрасном снимке, сделанном космическим телескопом NASA WISE (Widefield Infrared Survey Explorer), видно, как мощное излучение АЕ Возничего разогревает окружающие газ и пыль в туманности Пламенеющая Звезда.



# ЧЕРНЫЕ ОБЛАКА

**В ОПУБЛИКОВАННОМ В 1957 ГОДУ** научно-фантастическом романе британского астронома Фреда Хойла «Черное облако» Солнечную систему посещает разумное и способное к общению тёмное космическое облако. Хойл описывает это компактное облако как глобулу Бока, назвав его в честь голландско-американского астронома Барта Бока, который изучал эти маленькие темные облака в Млечном Пути за 10 лет до выхода книги.

Бок был уверен, что его глобулы — это последняя фаза рождения звезды. Небольшое облако холодного газа и темной пыли сжимается под действием собственной гравитации. Разумеется, увидеть эти небольшие темные облака можно, только если они находятся на ярком фоне светящегося газообразного водорода, либо поглощают свет более далеких звезд. Внутри глобулы формируется новая звезда, и когда она начинает излучать достаточное количество энергии, вещество вытесняется из окрестностей звезды, и глобула рассеивается. В середине прошлого столетия большинство астрономов не принимало теорию Бока всерьез, но уже в 1980-е годы голландско-американский космический инфракрасный телескоп IRAS (Infrared Astronomical Satellite) обнаружил, что в центре почти всех глобул Бока и правда есть слабый источник тепла — эмбрион звезды.

На фотографии глобулы Барнард 68 хорошо видно, что плотность темного облака растёт к его центру. Далёкие фоновые звезды на границе облака всё еще видны, но их свет окрашен красным из-за поглощающего действия пыли — точно так же, как заходящее Солнце краснеет из-за поглощения его лучей в земной атмосфере.

► Барнард 68 — хорошо известная глобула Бока в созвездии Змееносца.

▲ Похожие на чернильные брызги силуэты темных глобул выделяются на фоне свечения горячего водородного газа в «звездных яслях» IC 2944 в созвездии Центавра.



## Паспорт

Имя: Барнард 68

Созвездие: Змееносец

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
17ч 22м 38с

Склонение:  $-23^{\circ} 49,6'$

Карта звездного неба: 12

Расстояние: 500 световых лет

Диаметр: 0,5 светового года

## Паспорт

**Имя:** Туманность Конская  
Голова (Барнард 33, IC  
434)

**Созвездие:** Орион

**Положение на небе:**

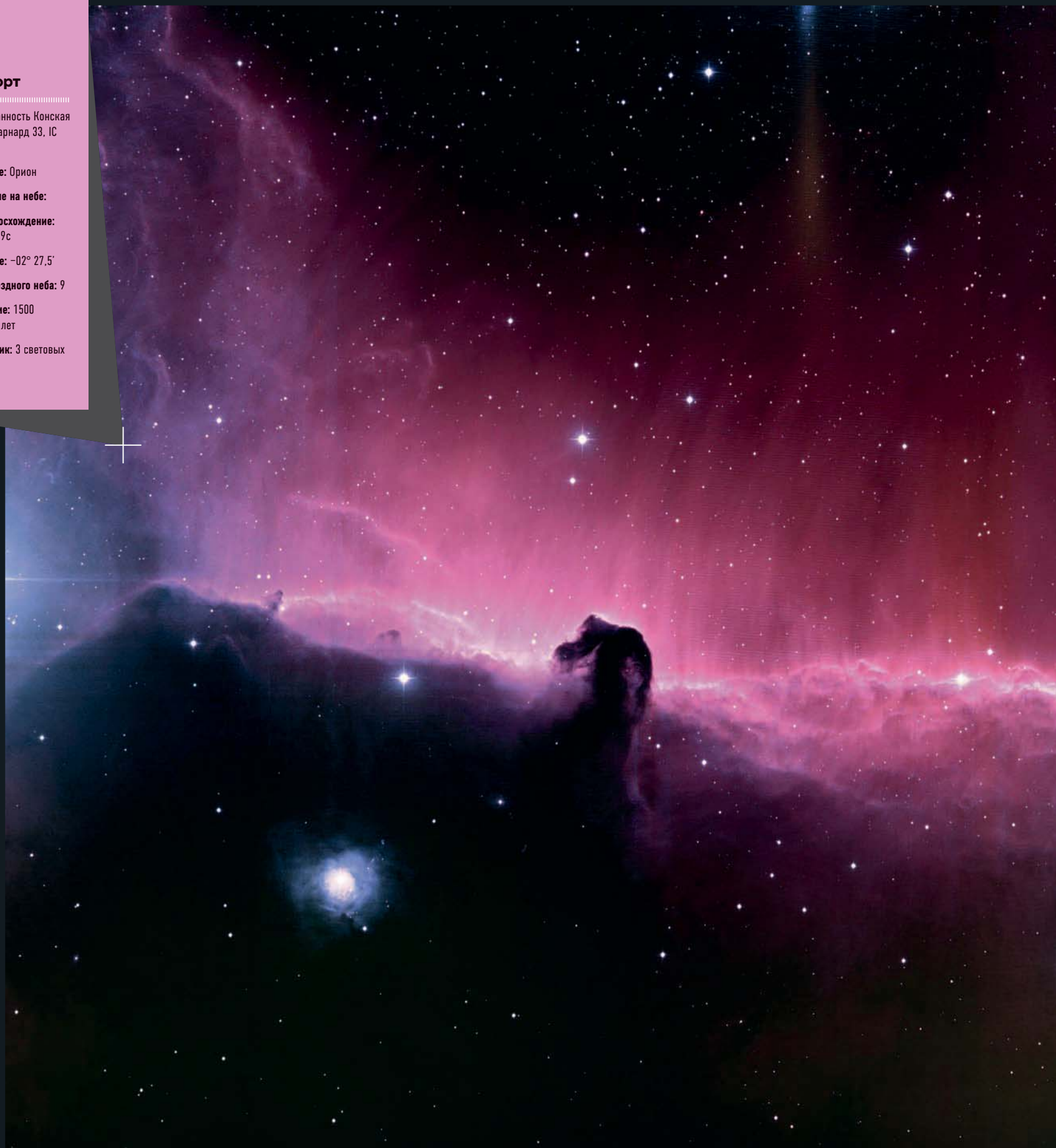
**Прямое восхождение:**  
05ч 40м 59с

**Склонение:**  $-02^{\circ} 27,5'$

**Карта звездного неба:** 9

**Расстояние:** 1500  
световых лет

**Поперечник:** 3 световых  
года



# КОСМИЧЕСКОЕ РОЖДЕНИЕ



◀ Из-за сложной игры очертаний ярко светящегося газа и темного, поглощающего свет пылевого облака кажется, что из облака высовывается голова коня.

▲ В видимом свете (наверху) туманность Конская Голова — непроницаемое темное облако, а в ближнем инфракрасном (внизу, фото «Хаббла») она намного прозрачнее.

**НАДО ИМЕТЬ** очень богатое воображение, чтобы разглядеть в звёздных узорах очертания медведя, быка или дракона, однако стоит взглянуть на фотографии некоторых туманностей — и сразу же становится понятно, почему они получили такие названия. В 1888 году шотландский астроном Вильямина Флеминг на фотопластинке, снятой в обсерватории Гарвардского университета, заметила пониже яркой звезды Альнитак в Орионе небольшую темную туманность, очень похожую на голову лошади. И хотя название этого объекта по каталогу — Барнард 33, теперь он известен всем как туманность Конская Голова.

Во времена Флеминг наука еще не знала, как звезды излучают свет и тепло, не говоря уже о том, как они рождаются из космических газопылевых облаков. Сегодня известно, что туманность Конская Голова — это большая глобула Бока неправильной формы, которая кажется темной на розовом фоне светящегося водорода в Облаке Ориона. Через десятки тысяч лет на её месте засияют новые звезды.

На большой фотографии туманности Конская Голова видны розовые параллельные волокна газа, возможно, образовавшиеся под действием магнитных полей. Темная туманность — это небольшой выступ огромного темного облака холодного водородного газа, которое занимает нижнюю часть кадра. На инфракрасном фото справа это протяженное облако хорошо видно, но «конскую голову» на его фоне разглядеть труднее — пыль меньше поглощает инфракрасный свет. На детальном инфракрасном фото туманности, полученном Космическим телескопом Хаббла, заметны несколько эмбрионов звезд.



▲ Туманность Конская Голова внизу справа на инфракрасном снимке туманности Пламя, полученном на телескопе VISTA (Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy). Справа вверху — яркая звезда Альнитак.

# «С ОГРОМНОЙ РАДОСТЬЮ СООБЩАЕМ О ПОЯВЛЕНИИ НА СВЕТ...»

Звезда рождается не за один день. Такие звезды, как Солнце, могут жить до 10 миллиардов лет — в 100 миллионов раз дольше, чем человек. Поэтому неудивительно, что и процесс их рождения обычно длится не менее 100 тысяч лет.

Молекулярные облака и сияющие водородные туманности — вот откуда появляются на свет новые звезды. Небольшая темная глобула Бока вполне годится на роль космической матки. Зародыш звезды, готовый выйти в мир, называется протозвездой.

Протозвезды трудно наблюдать — они обычно скрыты в недрах темных газопылевых облаков, в которых они образовались. Но их слабое тепловое излучение могут зарегистрировать инфракрасные телескопы, с помощью которых астрономы установили, что протозвезды — сферические массы газа. Сжимаясь под действием собственной гравитации, они излучают энергию.

Помимо инфракрасного излучения, радиоволн и рентгеновского излучения, новорожденные звезды выбрасывают в пространство потоки заряженных частиц. Это явление называется звездным ветром, и он особенно силен в направлении оси вращения протозвезды. Звездный ветер создаёт в газе, окружающем туманность, ударные волны и уплотнения. Возникающие в результате небольшие туманные пятна назвали объектами Хербига-Аро в честь открывших их двух астрономов. Объект Хербига-Аро — первый «крик» новорожденной звезды.

Постоянное увеличение температуры и плотности внутри протозвезды в конце концов приводит к запуску ядерных реакций, и высвободившаяся в результате этих реакций энергия останавливает сжатие протозвезды. Новорожденная звезда может считаться настоящей звездой только после того, как достигнуто это новое равновесие.



▲ Инфракрасные наблюдения на Очень большом телескопе Европейской южной обсерватории открыли в центре области звездообразования RCW 38 десятки протозвезд.



▲ На этом снимке объекта Хербига-Аро HH 47, сделанном Космическим телескопом Хаббла, видно, как молодая протозвезда выбрасывает в пространство струи вещества.

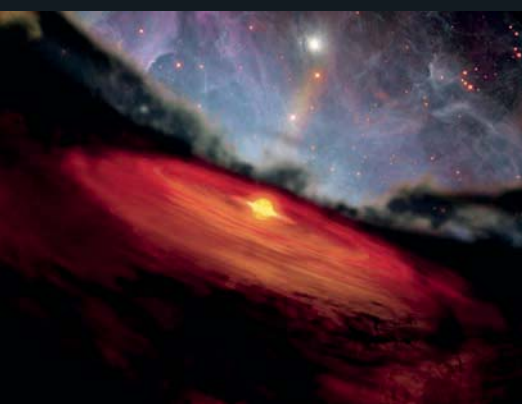
# ЗАРОДЫШИ ПЛАНЕТ

В природе нет ничего совершенного. Когда космическое газопылевое облако конденсируется и образует новую звезду, не всё вещество облака оказывается внутри неё. Небольшая его часть — обычно несколько процентов — продолжает вращаться вокруг звезды в виде уплощённого диска. Мы называем эти образования протопланетными дисками или сокращённо проплидами. Если повезет, в таком диске вещество может сконденсироваться в одну или несколько планет.

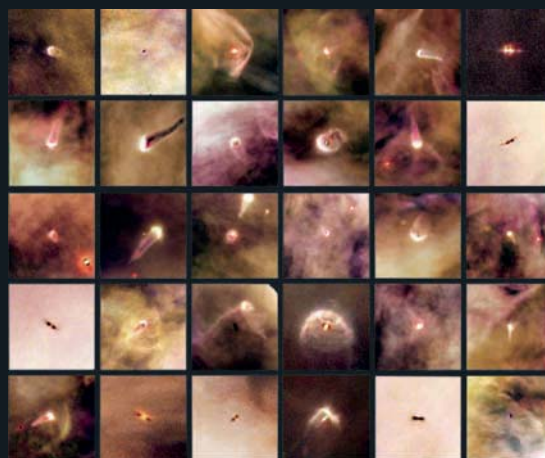
Еще в середине XVIII века философ Иммануил Кант предположил, что наша планетная система образовалась из плоского вращающегося диска. Однако только в 1980-е годы американско-голландский телескоп IRAS обнаружил доказательства существования околозвездных дисков, например вокруг Беты Живописца и Веги. В начале 1990-х Космический телескоп Хаббла открыл протопланетный диск в туманности Ориона, а затем такие диски были обнаружены во многих других областях звездообразования.

Как из сжимающегося газопылевого облака получается плоский вращающийся диск? Ответ простой: даже небольшое случайное вращение облака ускоряется в процессе его сжатия — точно так же, как фигуристка, делая пируэт, ускоряет своё вращение, прижимая руки к телу. В физике это называется законом сохранения углового момента. Центробежные силы приводят к тому, что любой вращающийся объект автоматически уплощается: например, готовя пиццу, повар раскручивает кусок теста в воздухе, получая плоскую лепёшку.

▲ Газопылевой диск, в котором образуются планеты (изображение получено в обсерватории ALMA).

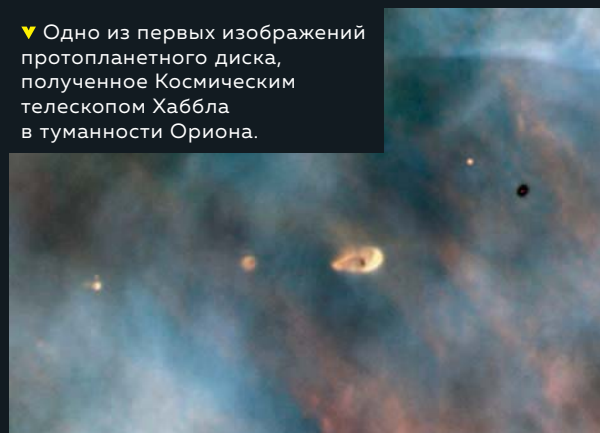


▲ Юная протозвезда аккрецирует (втягивает в себя) окружающие её газ и пыль и одновременно выбрасывает вдоль оси своего вращения струи вещества — джеты.



▲ В туманности Киля, гигантской области звездообразования на расстоянии около 7500 световых лет от нас, открыты десятки протопланетных дисков.

▼ Одно из первых изображений протопланетного диска, полученное Космическим телескопом Хаббла в туманности Ориона.



# СЕМЕЙСТВО ФОМАЛЬГАУТ

**ФОМАЛЬГАУТ** — ОДНА ИЗ самых ярких звезд ночного неба. Она излучает почти в 17 раз больше света, чем Солнце, и в то же время находится очень близко от нас — на расстоянии всего 25 световых лет. С помощью инфракрасных телескопов было установлено, что эта звезда в созвездии Южной Рыбы должна быть окружена огромным плоским кольцом из газа и пыли. Космический телескоп Хаббла получил первое изображение этого протопланетного диска.

Фомальгаут — горячая молодая звезда, рожденная несколько сотен миллионов лет назад, вероятно, вместе с яркими звездами Кастор и Вега. Также возможно, что у неё есть несколько больших массивных планет — резкие очертания краёв пылевого кольца могут быть вызваны гравитационными возмущениями от таких планет.

В 2008 году американские астрономы объявили об открытии в пылевом кольце Фомальгаута движущегося объекта. В последующие годы движение этой яркой искорки стало ещё заметнее. Эта предполагаемая планета — возможно,

массивная, похожая на Юпитер — получила временное название Фомальгаут b.

Однако нет полной уверенности, что Фомальгаут b — это действительно планета. Возможно, это относительно компактное расширяющееся пылевое облако. К примеру, космическому телескопу «Джеймс Уэбб» не удалось зарегистрировать Фомальгаут b. Однако нет сомнений, что вокруг этой звезды вращаются разнообразные тела. Европейский космический телескоп «Гершель» открыл там облако частиц диаметром примерно 1 микрометр, которые могли образоваться в результате столкно-

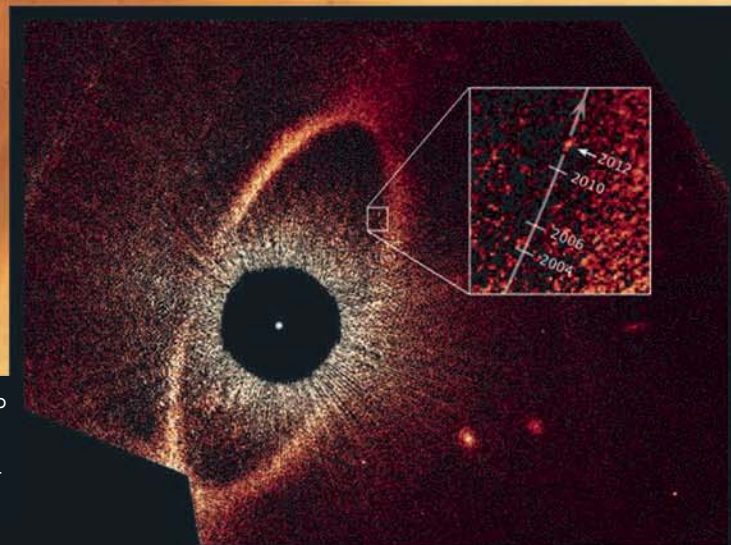
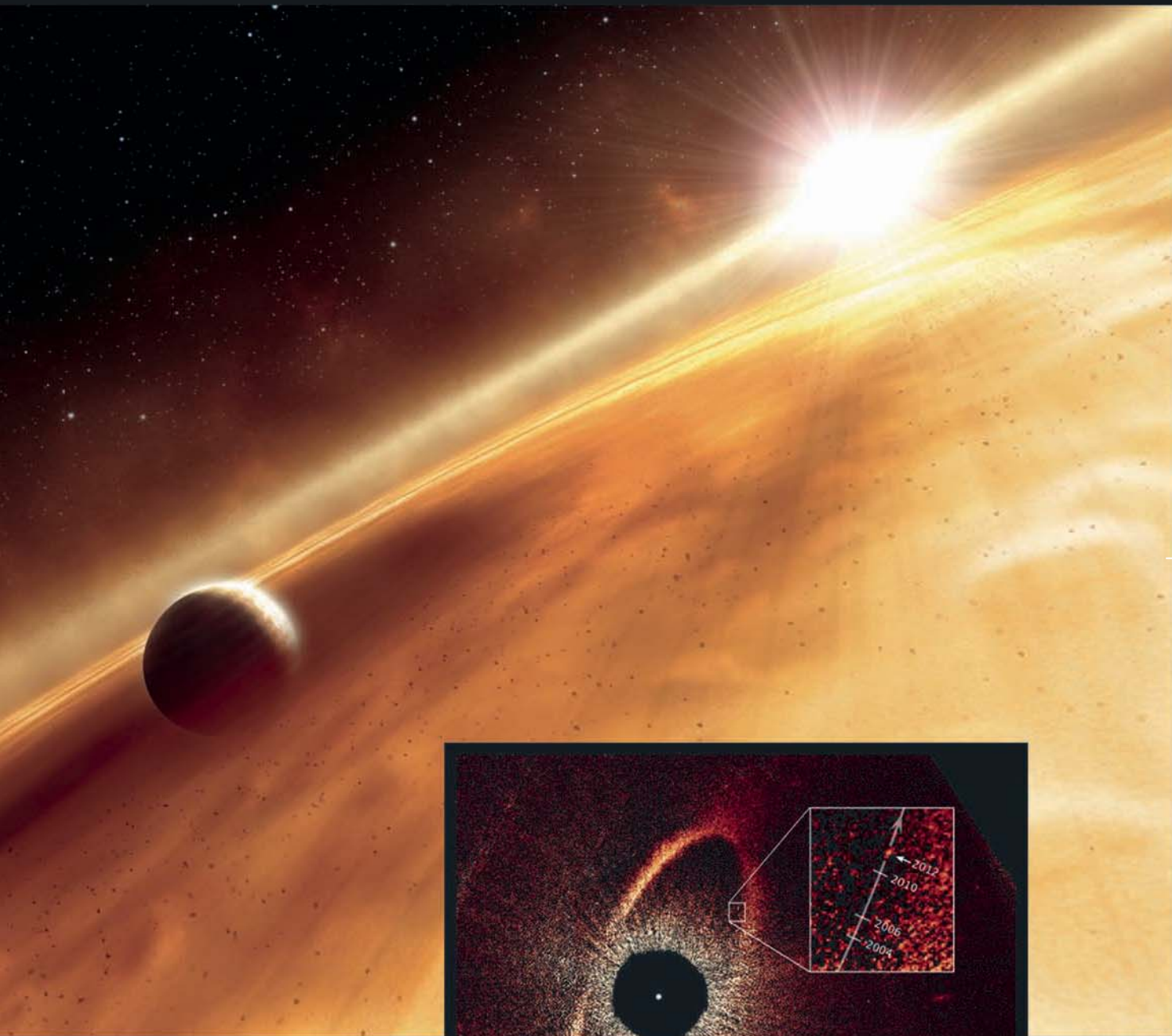


◀ Фомальгаут — самая яркая звезда созвездия Южная Рыба.

◀ На инфракрасном снимке, который сделал космический телескоп «Джеймс Уэбб», видно, что в главном кольце Фомальгаута выделяются пылевые пояса.

► Так художник изобразил молодую гигантскую планету, которая как плуг проходит сквозь окружающий Фомальгаут. Газопылевой диск (вверху слева).





► Яркое пятно Фомальгаут в движется по орбите в протопланетном диске вокруг Фомальгаута. Может быть, это планета?

## Паспорт

Имя: Фомальгаут

Созвездие: Южная Рыба

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
22ч 57м 39с

Склонение:  $-29^{\circ} 37,3'$

Карта звездного неба: 8

Расстояние: 1500  
световых лет

Яркость: 1,2 зв. вел.

Масса: 1,9 массы Солнца

Диаметр: 1,8 диаметра  
Солнца

Светимость: 16,5  
светимости Солнца

Возраст: 450 тысяч лет

# ТЕЛЕСКОПЫ

**ТЕЛЕСКОП ИЗОБРЕЛИ ПРИМЕРНО В 1600 ГОДУ** голландские очковые мастера Иоанн Липпергей и Захарий Янсен. Принцип его устройства прост: выпуклая линза (объектив) строит детальное изображение наблюдаемого объекта, который можно разглядеть в подобие лупы (окуляра). В 1688 году Исаак Ньютон предложил идею зеркального телескопа, в котором объективом является вогнутое зеркало.

И в линзовых, и в зеркальных телескопах, чем больше объектив, тем более слабые звезды можно наблюдать и тем больше деталей различать. Поэтому неудивительно, что астрономы строили телескопы всё больших и больших размеров. Например, Уильям Гершель в 1789 году построил 1,2-метровый телескоп, а в 1845 году ирландский астроном Уильям Парсонс (лорд Росс) построил телескоп «Левиафан» с диаметром зеркала 1,8 метра, который оставался самым большим в мире более семидесяти лет.

В первой половине XX века строительство больших телескопов стало таким дорогим, что оказалось не по карману частным лицам. Американский астроном Джордж Эллери Хейл отыскивал богатых спонсоров для строительства нескольких инструментов ещё больших размеров, чем «Левиафан»: так появились 2,5-метровый телескоп Хукера на Маунт Вилсон в Калифорнии (1918 год), с помощью которого было открыто расширение Вселенной, и 5-метровый телескоп Хейла на горе Паломар, тоже в Калифорнии (1948 год).

После Второй мировой войны астрономы построили первые радиотелескопы — большие параболические антенны-«тарелки», которые улавливали слабые радиоволны, приходящие из космоса. У радиоволн длина волны намного больше, чем у видимого света, поэтому антеннам радиотелескопов не требуется идеально гладкая отражающая поверхность и они могут быть больше, чем оптические зеркала. Сейчас самый большой радиотелескоп в мире — 500-метровый китайский FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope).



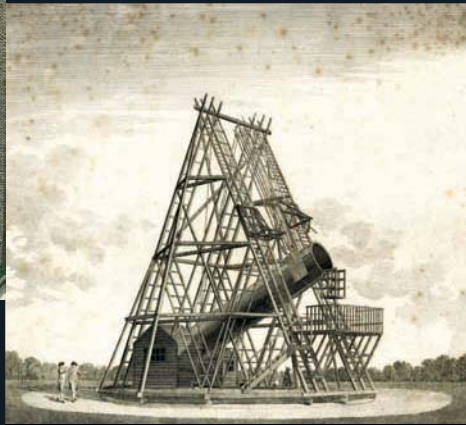
▲ В 1609 году Галилео Галилей с помощью своего телескопа сделал первые зарисовки лунной поверхности.



▲ В 1608 году голландский очковый мастер Иоанн Липпергей первым официально зарегистрировал изобретение телескопа.

► В конце XVIII века самым большим телескопом в мире был гигантский 40-футовый телескоп Уильяма Гершеля.

40 футов (12 метров) — это фокусное расстояние (длина трубы) телескопа Гершеля. Размер телескопа обычно определяется диаметром его объектива, который у телескопа Гершеля составлял 48 дюймов (120 см). — Прим. ред.



► Радиотелескоп VLA (Very Large Array) в Сокорро (Нью-Мексико), вид с воздуха.

◀ Большой рефрактор Йеркской обсерватории в Уильямс-Бэй (Висконсин) — крупнейший линзовый телескоп в мире.





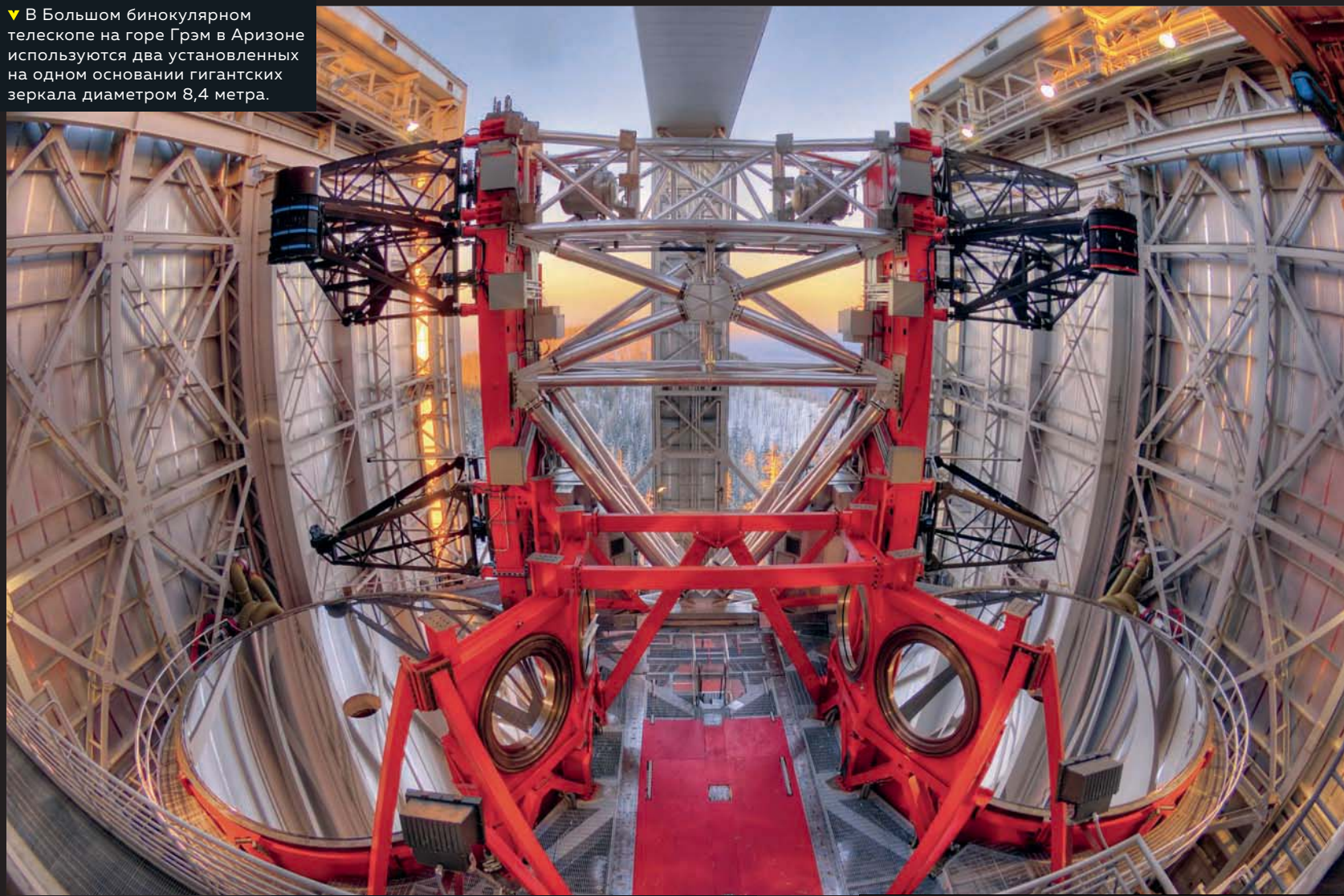
*Birr Castle, 3 Feet, 6 Inch Telescopes, North.*

▲ В замке Бирр в Ирландии в 1845 году Уильям Парсонс наблюдает за строительством своего телескопа «Левиафан» с диаметром зеркала 1,8 метра. Рисунок Герберта Кромптона Херриса.



▲ Тысячи «тарелок» и антенн меньшего размера, из которых будет состоять строящийся в Южной Африке (слева) и Западной Австралии (справа) гигантский радиотелескоп «Квадратный километр» (Square Kilometer Array).

▼ В Большом бинокулярном телескопе на горе Грэм в Аризоне используются два установленных на одном основании гигантских зеркала диаметром 8,4 метра.

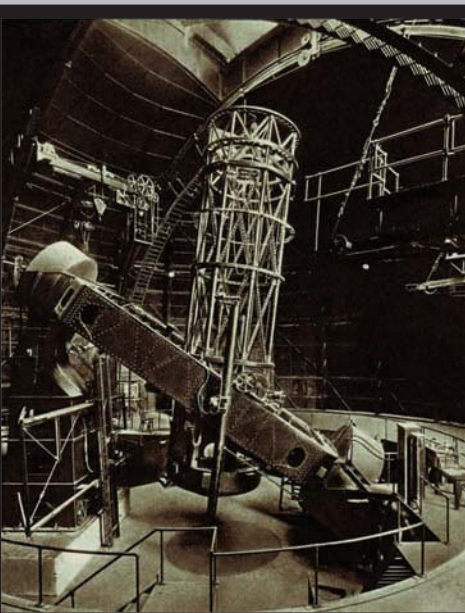


▼ На горе Мауна-Кеа на Гавайях установлены японский 8,2-метровый телескоп Subaru (слева вдали) и телескоп Кека, состоящий из двух индивидуальных 10-метровых телескопов (в центре).



► Так художник изобразил проектируемый гигантский Тридцати-метровый телескоп (Thirty Meter Telescope), который тоже предполагается установить на Мауна-Кеа.



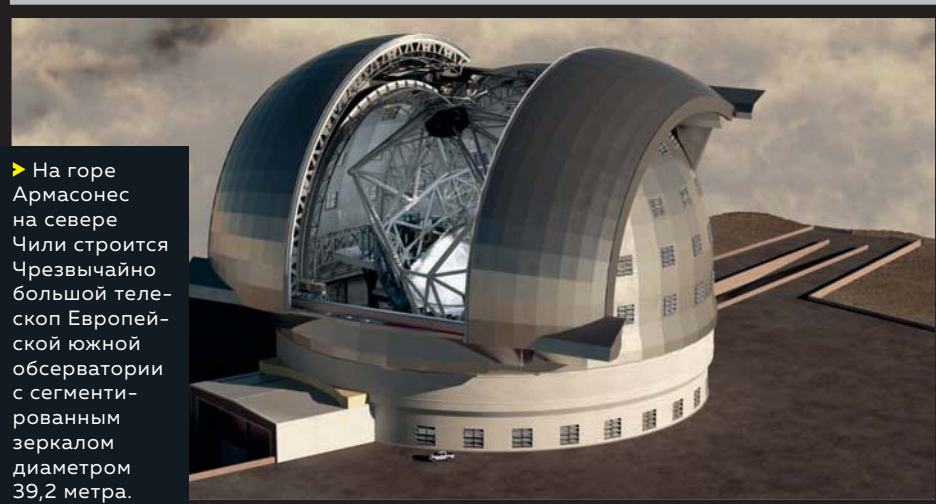


◀ 100-дюймовый (2,5-метровый) телескоп Хукера в калифорнийской обсерватории Маунт-Вилсон, с помощью которого было открыто расширение Вселенной.

▲ Гигант XX века – 5-метровый рефлектор на горе Паломар в Калифорнии, который работает с 1948 года.



▲ Натриевый лазер Очень большого телескопа Европейской южной обсерватории на горе Параналь (Чили) измеряет искажения, вносимые турбулентностью земной атмосферы, которые затем компенсируются системой адаптивной оптики.



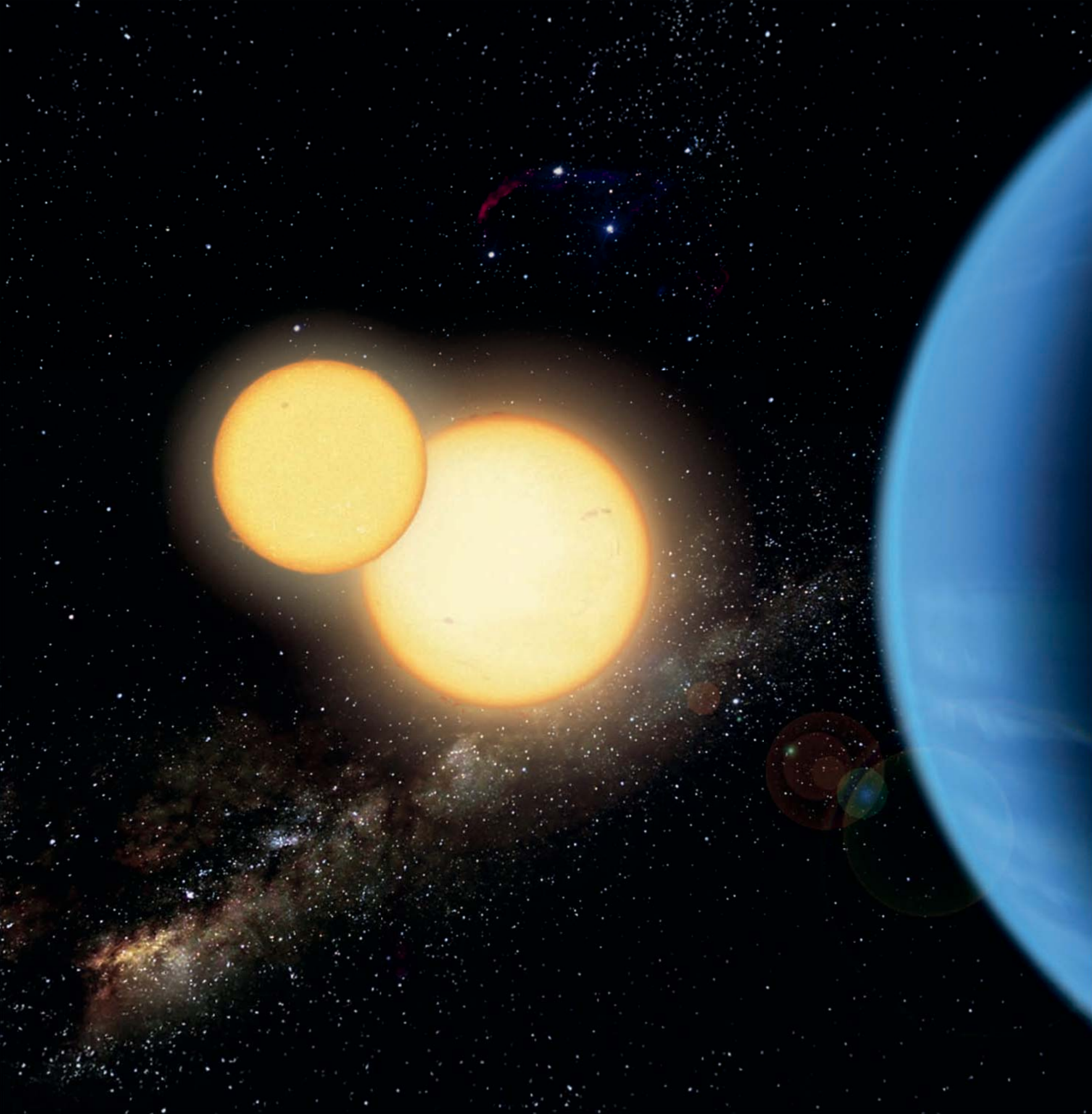
▶ На горе Армасонес на севере Чили строится Чрезвычайно большой телескоп Европейской южной обсерватории с сегментированным зеркалом диаметром 39,2 метра.

Начиная с 1980-х годов размеры новых оптических и инфракрасных телескопов постоянно увеличиваются. Новая технология «активной оптики» позволяет постоянно компенсировать механические прогибы сравнительно тонких зеркал (диаметром до 8,4 м) и их деформации, вызванные влиянием ветра и температуры. Ещё большие зеркала диаметром до 10 метров уже невозможно изготовить из одного блока стекла и они состоят из десятков шестигранных сегментов. Такая технология впервые была применена в двух телескопах Кека, установленных на горе Мауна-Кеа на Гавайях.

Во всех современных гигантских телескопах используется адаптивная оптика, компенсирующая искажения света земной атмосферой. Эти искажения измеряются с частотой 100 раз в секунду (для этого применяются лазеры); компьютеры анализируют эти измерения и передают управляющие команды на дополнительное гибкое зеркало, деформации которого и компенсируют искажения, внесённые дрожанием воздуха.

На Очень большом телескопе Европейской южной обсерватории в Чили и на Большом бинокулярном телескопе в Аризоне используется техника интерферометрии: увеличения углового разрешения за счёт комбинирования изображений, построенных несколькими зеркалами. В радиоастрономии эти методы используются уже более ста лет.

В недалёком будущем планируется построить несколько огромных телескопов с диаметром сегментированного зеркала 20–40 метров: Гигантский телескоп Магеллана (Чили), Тридцатиметровый телескоп (вероятно, на Гавайях) и Чрезвычайно большой телескоп Европейской южной обсерватории (Чили). Радиоастрономы строят в Австралии и Южной Африке гигантскую решётку «Квадратный километр» (такой будет его общая площадь) из тысяч связанных между собой антенн.



# ЗВЕЗДЫ И ПЛАНЕТЫ

**КАЖДАЯ ЗВЕЗДА, КОТОРУЮ МЫ ВИДИМ НА НОЧНОМ НЕБЕ,** — это гигантский шар из раскаленного газа. Таково же и наше Солнце. Это космические атомные реакторы, в которых энергия генерируется в результате превращения одного элемента в другой. В этих ядерных «ведьминых котлах» создаются всё более тяжелые атомы, из которых позднее образуются органические молекулы и живые организмы.

Французский философ Огюст Конт в 1835 году заявлял, что мы никогда не узнаем, из чего состоят звезды — ведь добыть образец звёздного вещества невозможно. Однако вскоре был изобретен спектроскоп, с помощью которого астрономы не только смогли изучить состав и структуру звезд, но и узнали историю их рождения, жизни и смерти.

Сегодня мы знаем, что космос — это огромный перерабатывающий завод, в котором межзвездные облака газа и пыли конденсируются действием собственной гравитации, и из них образуются звезды с самыми разнообразными характеристиками. В конце своей жизни звезды выбрасывают основную часть своего вещества обратно в космос, и из этого звездного газа, обогащенного созданными внутри звезды за время её жизни тяжелыми элементами, образуются новые звезды и планеты.

Самым поразительным достижением астрономии последних лет стало открытие экзопланет — планет, которые обращаются вокруг других звезд. По крайней мере каждая вторая звезда имеет одну или больше планет. Огромное разнообразие экзопланет позволяет предположить, что некоторые из них очень похожи на нашу Землю.

◀ Кеплер-35b — это гигантская экзопланета, которая обращается вокруг двойной звезды на расстоянии 5400 световых лет от нас.

# КОСМИЧЕСКИЕ ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРЫ

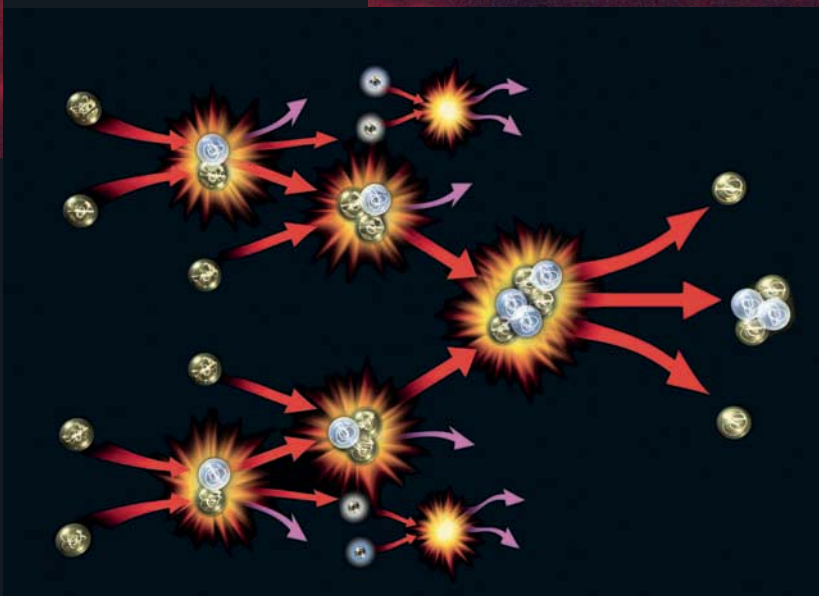
**ЗВЕЗДА — ЭТО НЕ ЧТО ИНОЕ,** как гигантский шар раскаленного газа. В основном на 75% звезды состоят из водорода — самого простого и легкого элемента Вселенной, а остальные 25% приходятся на долю гелия, самого легкого элемента после водорода. В большинстве звезд доля тяжелых элементов очень маленькая. В течение сотен миллионов и даже миллиардов лет звезды выбрасывают в космос энергию — но откуда же эта энергия берётся?

Разгадать загадку звёздной энергии физики смогли только к середине XX столетия, когда лучше изучили структуру атомов и поняли, как происходят ядерные реакции. При невероятно высоких давлении и температуре в недрах звезды плотность атомов водорода настолько увеличивается, что спонтанно могут начаться реакции ядерного синтеза: маленькие ядра атомов легких элементов сливаются и образуют более тяжёлые ядра. В результате такой космической алхимии одни химические элементы превращаются в другие.

Самый распространенный тип ядерного синтеза — это превращение водорода в гелий. Это достаточно сложный процесс с несколькими промежуточными этапами, который приводит к тому, что из четырех атомов водорода получается один атом гелия. При этом высвобождается огромная энергия, о величине которой дают представление фотографии результатов испытаний водородных бомб. Условно наше Солнце можно считать водородной бомбой, которая непрерывно взрывается на протяжении последних 4,6 миллиарда лет. Такими же космическими ядерными реакторами можно считать все звезды ночного неба.

◀ Термоядерный синтез внутри звезд состоит из нескольких промежуточных этапов, включая образование дейтерия (D) и бериллия (Be), в результате которых из четырех ядер атома водорода (протонов, p) синтезируется ядро одного атома гелия (He).

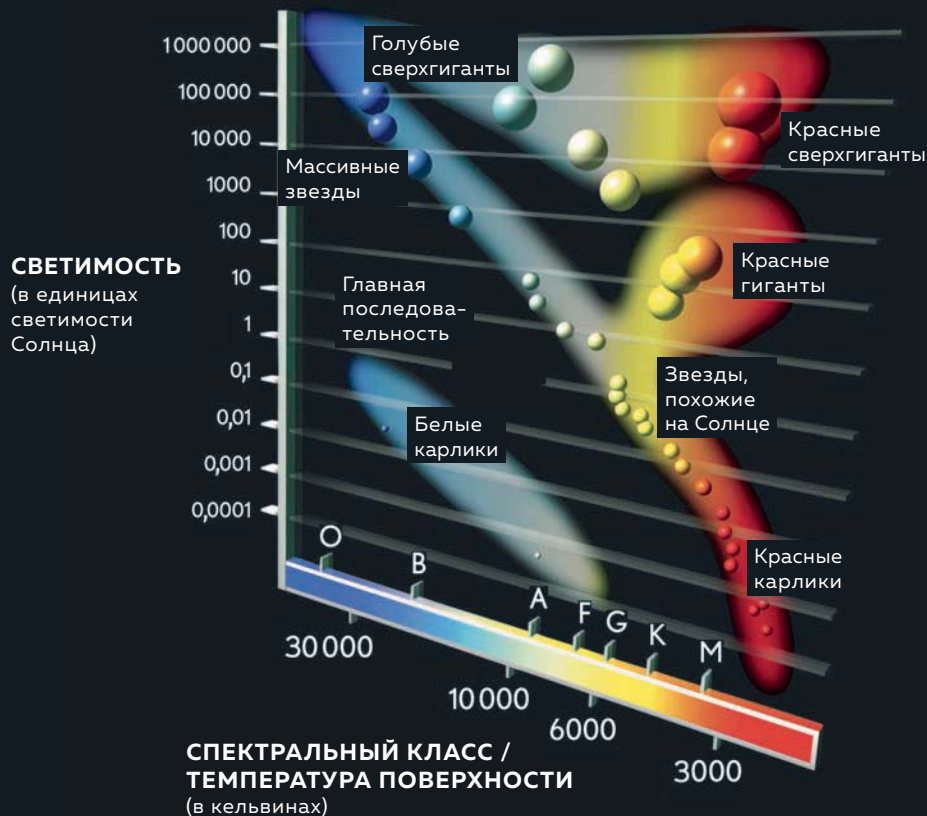
▲ Водородная бомба — это не самое удачное копирование человечеством процесса генерации энергии с помощью термоядерного синтеза.



# ВЫСТРАИВАЕМ ЗВЕЗДЫ ПО ПОРЯДКУ

**ЗВЕЗДЫ СИЛЬНО ОТЛИЧАЮТСЯ** по размерам, температуре и яркости, причем эти характеристики могут причудливо сочетаться в одной звезде: горячие звезды не всегда яркие, слабые звезды не всегда маленькие, а большие звезды могут быть холодными. Тем не менее одни комбинации характеристик встречаются редко, а другие — часто. На диаграмме Герцшпрунга — Рассела, названной в честь двух астрономов, разработавших ее, хорошо видно разнообразие звезд.

▼ На диаграмме Герцшпрунга — Рассела, показывающей зависимость светимости звезд от температуры их поверхности (или от спектрального класса), звезды разделены на несколько отдельных групп.



По горизонтальной оси отложена температура на поверхности звезды, от которой цвет звезды зависит точно так же, как цвет раскалённой кочерги — от температуры огня. Горячие сине-белые звезды попали в левую часть диаграммы, а холодные красные — в правую. По вертикальной оси отложена светимость звезды — мера интенсивности её излучения. Звезды низкой светимости попали в нижнюю часть диаграммы, а самой высокой — в верхнюю. Хорошо видно, что маленькие звезды на диаграмме расположены внизу слева, а большие — вверху справа, и если звезда очень горячая, но слабая, то она должна быть маленькой. Точно так же холодная, но яркая звезда должна быть очень большой.

Расположив таким образом звезды на диаграмме Герцшпрунга — Рассела, мы заметим, что большинство из них (включая и наше Солнце) окажутся на полосе, которая идет по диагонали от левого верхнего угла к правому нижнему, от голубых гигантов к красным карликам. Эта полоса называется Главной последовательностью. Основная часть жизни любой звезды проходит на Главной последовательности, и именно в пределах этой полосы происходит термоядерное горение водорода. Красные гиганты (вверху справа) и белые карлики (внизу слева) встречаются намного реже.

# ЗВЕЗДНЫЕ ТЯЖЕЛОВЕСЫ

**НА ПЕРВЫЙ ВЗГЛЯД** кажется, что чем больше и массивнее сжимающееся газопылевое облако, тем больше и массивнее будет новая звезда. Однако размеры и массы звезд ограничены. Если масса звезды более чем в 120 раз превосходит массу Солнца (предел Эддингтона), ее излучение оказывается настолько мощным, что наружная оболочка звезды сбрасывается — давление излучения оказывается сильнее гравитации.

Как ни странно, из этого правила находится много исключений. Например, Эта Киля в 150 раз тяжелее Солнца, а в момент своего рождения, возможно, была ещё на 20% массивнее. В XIX веке произошло несколько ярких вспышек этой звезды. Весной 1843 года ее яркость почти сравнялась с яркостью Сириуса, самой яркой звезды зимнего неба, хотя Эта Киля почти в тысячу раз дальше от Земли.

Звезда R136a1 в Большом Магеллановом Облаке обладает еще более экстремальными характеристиками: она в 265 раз массивнее Солнца и почти в 9 миллионов раз ярче. Температура на поверхности этого космического тяжеловеса превышает 50 тысяч градусов. Как и Эта Киля, она выбрасывает в космос огромное количество газа и за последние миллион лет потеряла массу, которая примерно в 50 раз больше массы Солнца. Каким образом этим монстрам удается обойти предел Эддингтона? Пока у астрономов нет точного ответа на этот вопрос, но поскольку все эти звезды находятся в «перенаселенных» компактных звездных скоплениях, можно предположить, что они образовались в результате столкновения или слияния двух или нескольких более легких звезд.

▲ Рентгеновская космическая обсерватория NASA «Чандра» зарегистрировала излучение горячего газа, окружающего звезду Эта Киля.

◀ Туманность Гомункул в центре которой находится Эта Киля, образовалась в результате гигантского взрыва 1843 года, при котором окружающий звезду газ испытал воздействие мощной ударной волны.

▼ В самом центре туманности Тарантул находится гигантское звездное скопление R136, содержащее некоторые из самых тяжелых известных нам звезд.



# БРОДЯГИ-КАННИБАЛЫ

**У МАССИВНЫХ ЗВЕЗД** жизнь короче, чем у легких. Хотя у тяжелой звезды больше запас водорода, но сгорает он быстрее, поэтому термоядерный синтез прекращается уже через несколько десятков миллионов лет и начинается следующий этап эволюции звезды, на котором она сходит с Главной последовательности диаграммы Герцшпрунга — Рассела. Более легким звездам небольшого запаса водорода может хватить на миллиарды лет, поэтому они остаются на Главной последовательности намного дольше.

Поэтому астрономы были поражены, когда обнаружили массивные горячие звезды, оставшиеся на Главной последовательности намного дольше, чем ожидалось — как будто их эволюция проходила в очень замедленном темпе. Эти голубые гиганты стали называть «голубыми бродягами». Обычно они встречаются в компактных звездных скоплениях. Звезды скопления рож-

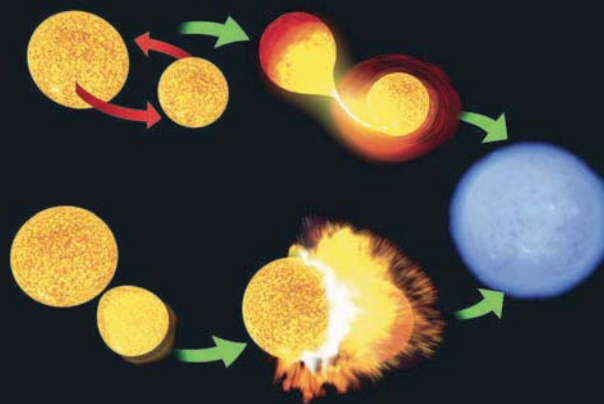
даются примерно в одно и то же время; на диаграмме Герцшпрунга — Рассела для скопления видно, что самые массивные звезды его уже покинули — за исключением «голубых бродяг».

Есть очень красивое и простое объяснение этого явления: в звездных скоплениях много двойных звезд (звездных пар, которые обращаются вокруг общего центра масс на небольшом расстоянии друг от друга). И когда одна из звезд этой пары к концу жизни начинает увеличиваться в объеме, она может «проглотить» свою спутницу, получая тем самым дополнительное топливо для продолжения термоядерного синтеза. Столкновения звезд тоже могут приводить к их слияниям.

Получается, что «голубые бродяги» живут дольше за счет поглощения своих звезд-компаньонов — чем не «космический каннибализм»?

▼ В плотных звездных скоплениях, таких как NGC 6397, взаимодействие отдельных звезд может вести к образованию «голубых бродяг».

► Массообмен или слияние — два варианта образования горячих голубых звезд, которые кажутся моложе своего реального возраста.



## Паспорт

Имя: 18 Скорпиона

Созвездие: Скорпион

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
16ч 15м 37с

Склонение:  $-08^{\circ} 22,2'$

Карта звездного неба: 12

Расстояние: 45 световых  
лет

Яркость: 5,5 зв. вел.

Масса: 1,02 массы  
Солнца

Диаметр: 1,01 диаметра  
Солнца

Светимость: 1,06  
светимости Солнца

Возраст: 4,6 млрд лет

# ЗВЕЗДЫ, ПОХОЖИЕ НА СОЛНЦЕ

**НАШЕ СОЛНЦЕ** — средняя звезда, не очень большая и не очень маленькая, не очень горячая и не очень холодная, не очень яркая, но и далеко не самая слабая. Типичная рядовая звезда Млечного Пути.

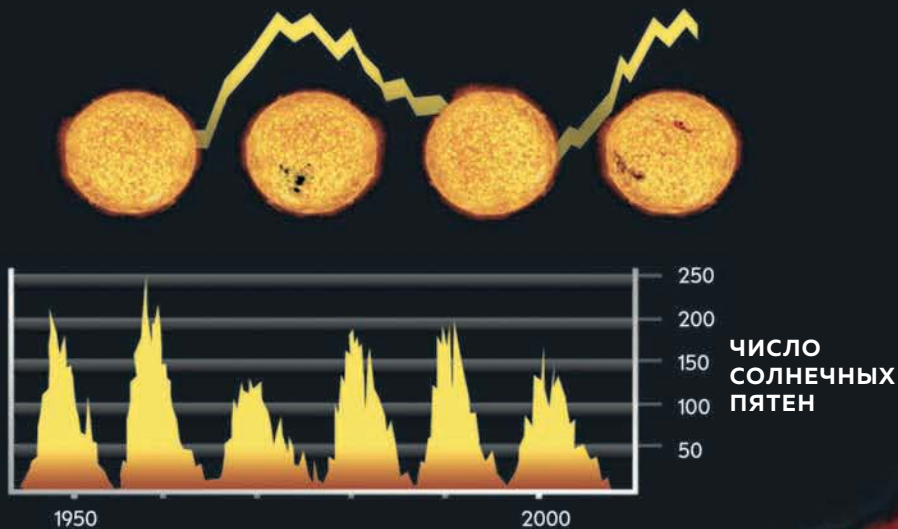
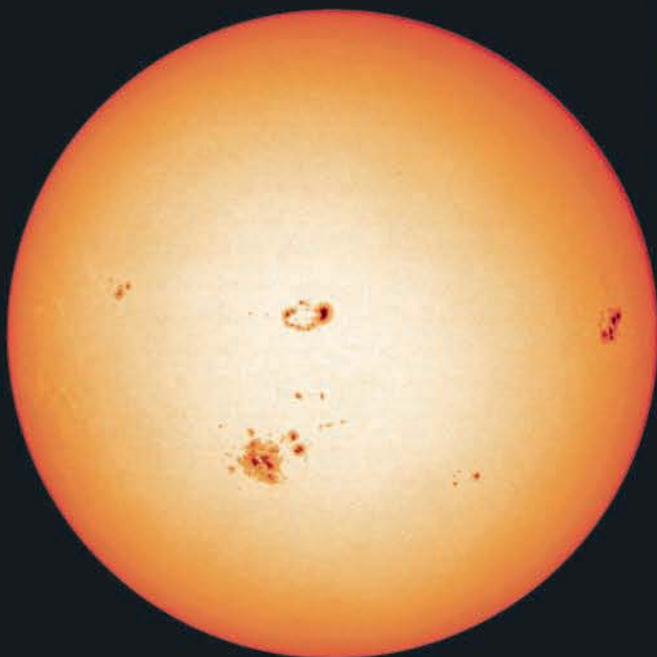
Поэтому в Млечном Пути можно найти множество похожих на Солнце звезд: с диаметром около полутора миллионов километров, температурой поверхности в 5–6 тысяч градусов по Цельсию, мощностью излучения примерно 400 квинтиллионов мегаватт, возрастом примерно 5 миллиардов лет.

Больше всего похожа на Солнце небольшая слабая звезда HIP 56948 в Драконе, в 200 световых

годах от нас. Если бы HIP 56948 вдруг оказалась на месте Солнца, на Земле мало что изменилось бы. Звезда Скорпион 18, находящаяся на расстоянии 45 световых лет и видимая невооруженным глазом, — ещё одна точная копия Солнца. Правда, пока неизвестно, есть ли у нее планеты.

Изучение солнцеподобных звезд очень важно — оно помогает понять нашу собственную звезду. Только сравнивая Солнце с его близнецами, можно определить, являются ли его свойства (например, 11-летний цикл активности с длительными минимумами) специфическими или стандартными. Например, сравнение показало, что энергию Солнце генерирует намного стабильнее, чем другие звезды.

▼ Каждые 11 лет число темных солнечных пятен и ярких активных областей на поверхности Солнца достигает максимума.

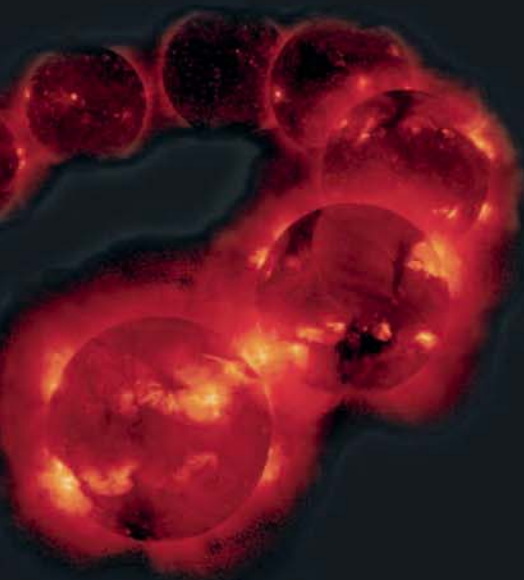


▲ Число солнечных пятен и групп солнечных пятен — показатель активности Солнца. У максимумов может быть разная интенсивность.

► Во время солнечного максимума (на переднем плане) от Солнца исходит больше мощных рентгеновских лучей, чем в период минимума (на заднем плане).



▲ На картине голландского художника Хендрика Аверкампа «Зимний пейзаж с конькобежцами» видно, какими холодными были зимы во время Малого ледникового периода, совпавшего с длинным солнечным минимумом в 1645–1715 годах.



▲ Звезды HIP 56948 (слева) и 18 Скорпиона (справа) очень похожи на наше Солнце.



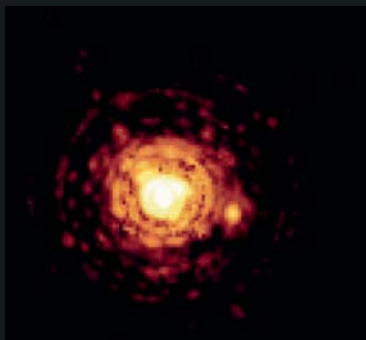
# АРМИЯ КРАСНЫХ КАРЛИКОВ

**В ПРИРОДЕ** обычно большие вещи встречаются намного реже, чем маленькие. Например, на пляже вы найдете только несколько валунов, намного больше — камешков и гальки, и несметное число песчинок. Точно так же и во Вселенной: небольших звезд с маленькой массой гораздо больше, чем больших и массивных.

Красные карлики — это самый распространенный в космосе тип звезд. В одном только Млечном Пути их несколько сот миллиардов. Красные карлики маленькими и рождаются — не намного больше гигантской планеты Юпитер. Давление и температура в их недрах лишь чуть-чуть выше предела, при котором возможен термоядерный синтез водорода. И протекает он очень медленно, поэтому, хотя у красных карликов запасов водорода намного меньше, чем у массивных гигантских звезд, их хватает на много миллиардов лет. Можно сказать, что красные карлики живут практически вечно.

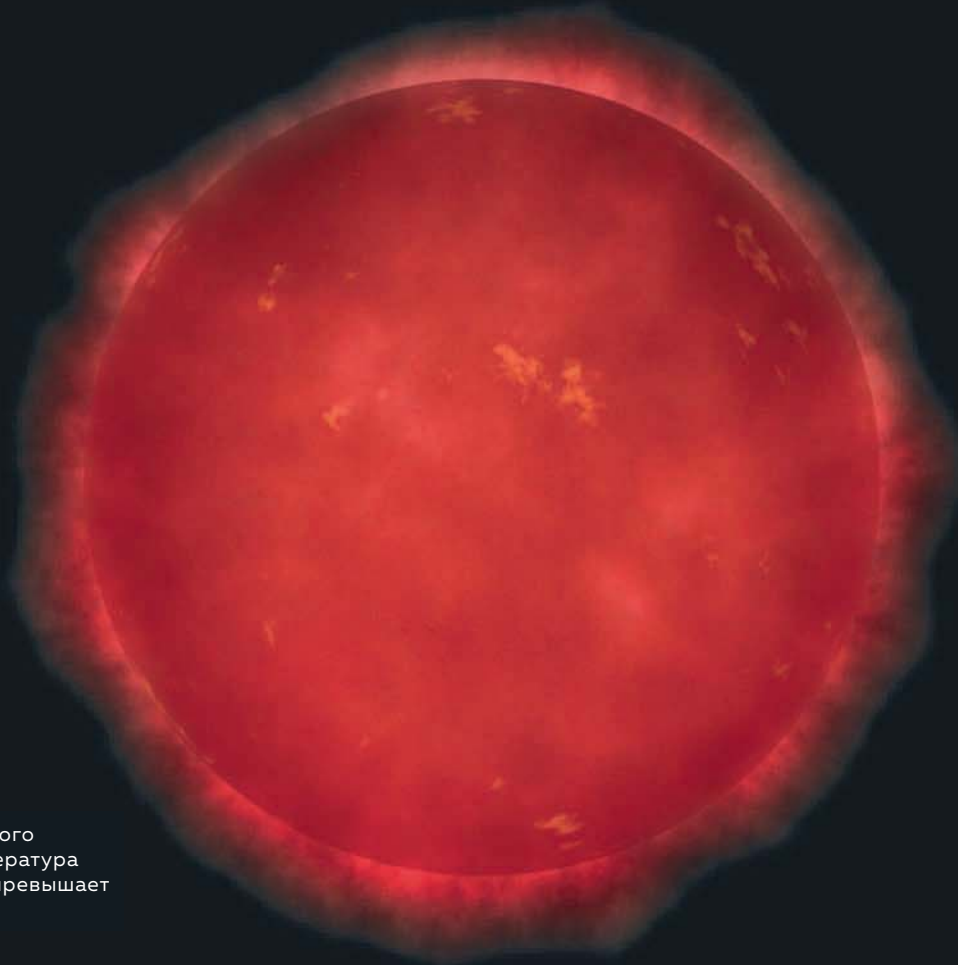
Невооруженным глазом красные карлики не видны — они слишком слабые. Однако из 15 ближайших к Солнцу звезд не менее десяти — красные карлики. Их и правда очень много. Из этих десяти наиболее известны Проксима Центавра (ближайшая к Солнцу звезда на расстоянии 4,24 светового года) и звезда Барнарда (расстояние — около 6 световых лет).

У многих красных карликов есть одна или несколько планет. Трудно сказать, может ли быть жизнь на этих планетах — на красных карликах часто бывают вспышки мощного рентгеновского излучения.



▲ Справа от звезды Глизе 623 — красный карлик Глизе 623b, который светит в 60 тысяч раз слабее Солнца.

► Космический телескоп Хаббла сделал этот снимок ближайшего соседа Солнца красного карлика Проксима Центавра.



► Красный карлик намного меньше Солнца, и температура на его поверхности не превышает 3–4 тысяч градусов.

# «НЕДОДЕЛАННЫЕ ЗВЕЗДЫ»



▲ Обнаружение в диске вокруг молодого коричневого карлика крупных пылевых частиц показывает, что даже у этих «недоделанных звезд» могут образовываться каменные планеты.



▲ Двойной коричневый карлик CFBDSIR 1458+10 не горячее чашки чая.

**ЗВЕЗДА МОЖЕТ** считаться настоящей, только когда внутри нее происходит выделение энергии за счет термоядерного синтеза, превращающего водород в гелий. Для этой реакции в ядре звезды должны быть очень высокие давление и температура, а это происходит, только если масса звезды не менее чем в восемьдесят раз больше массы Юпитера. Но что будет, если сколлапсирует — сожмётся в шар под действием собственного веса — межзвездное облако меньшей массы? Американский астроном Джилл Тартер в 1975 году попыталась найти ответ на этот вопрос в своей диссертации. У самых маленьких объектов, состоящих из водорода и гелия (таких, как Юпитер), массы для запуска спонтанного термоядерного синтеза водорода недостаточно. Однако вычисления Тартер показали, что если масса объекта превышает массу Юпитера более чем в 13 раз, то происходит синтез дейтерия. Дейтерий (тяжелый водород) встречается в звездах в небольших количествах, и при его термоядерном синтезе энергии выделяется немного.

Такие «недоделанные звезды» Тартер назвала коричневыми карликами — они всё же излучают какое-то количество энергии, в основном в виде инфракрасного теплового излучения, а не остаются черными. На самом деле цвет коричневых карликов скорее пурпурный.

Хотя коричневые карлики в 13–80 раз тяжелее Юпитера, по размеру они ненамного больше этой гигантской планеты. Температура на их поверхности иногда всего лишь несколько десятков градусов Цельсия, а в их атмосферах могут возникать облака. Неудивительно, что на сегодняшний день открыто очень мало коричневых карликов — наблюдать их практически невозможно.

◀ Так художник изобразил карлик типа Y — представителя самого холодного класса коричневых карликов. Y-карлики примерно такого же размера, как Юпитер.

▼ Самая известная двойная система ночного неба расположена в хвосте Большой Медведицы: Мицар (более яркий) и Алькор.

# ЗВЕЗДНЫЕ СУПРУГИ

НА ВЫМЫШЛЕННОЙ планете-пустыне Татуин из «Звездных войн», где был дом Люка Скайуокера, каждый вечер было два заката, потому что Татуин вращался по орбите вокруг двойной звезды. Звёздные пары очень часто встречаются во Вселенной — более половины всех звезд входят в состав двойных систем.

Самая известная двойная звезда ночного неба — Мицар (более яркая) и Алькор (которую могут разглядеть только люди с хорошим зрением) в середине «хвоста» Большой Медведицы. Чтобы разглядеть другие двойные системы, требуется телескоп. Например, невооруженным глазом нельзя увидеть, что рядом с самой близкой к Земле звездой, Альфой Центавра, есть еще одна звезда. А яркая звезда Кастор из созвездия Близнецов входит в систему из шести звезд.

Такое обилие во Вселенной систем из двух и более звезд объясняется тем, что когда протозвездное облако сжимается под действием собственной гравитации, оно легко распадается на фрагменты, что и может привести к рождению двух звезд примерно одинаковой массы (именно это произошло в случае Альфы Центавра). Иногда в результате получается двойная система, состоящая из большой массивной звезды и значительно меньшей по размеру и весу второй — красного или коричневого карлика.

Когда в конце своей жизни одна из звезд двойной системы увеличивается в размерах, превращаясь в красного гиганта, ее вещество достается второй звезде. Это может привести к очень интересным и эффектным явлениям, например, к вспышке Новой.



◀ Если в двойной системе между звездами маленькое расстояние, то они влияют на эволюцию друг друга.



◀ Люк Скайуокер любит двойным закатом на своей родной планете Татуин, которая обращается вокруг двойной звезды.

# КОСМИЧЕСКИЕ МИГАЛКИ

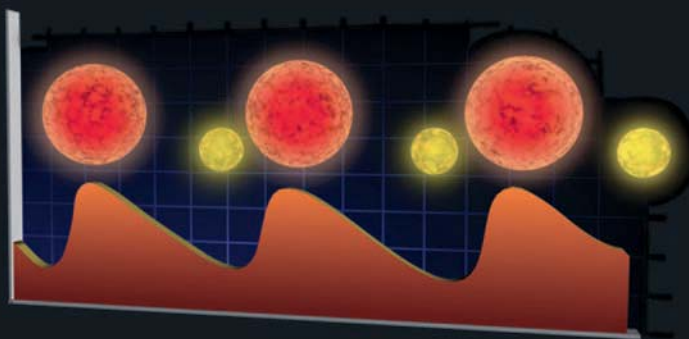
**ПРЕДСТАВЬТЕ**, что Солнце вдруг начнет по чётным дням излучать в полтора раза больше света и тепла, чем по нечётным. Это, конечно, будет иметь огромные последствия для нашей погоды и климата. Жизнь на Земле полностью изменится, а может, даже исчезнет. К нашему счастью, Солнце отличается постоянством — чего не скажешь о многих других звездах, яркость которых меняется в течение нескольких часов, дней, недель или месяцев.

На некоторых маленьких звездах (например, на красных карликах) время от времени происходят вспышки, сопровождающиеся мощным рентгеновским излучением. Катастрофические нерегулярные взрывы происходят и в двойных системах — например, когда большое количество вещества вдруг переходит от одной из звезд пары к другой. Однако у большинства переменных звезд изменения блеска имеют более регулярный характер. Многие звёзды пульсируют, то есть периодически увеличиваются и уменьшаются в размерах — при этом, в свою очередь, меняется температура и блеск звезды.

Самые известные пульсирующие переменные звезды — это цефеиды, прототипом которых является Дельта Цефея. В начале XX века американский астроном Генриетта Ливитт обнаружила прямую связь между периодом пульсаций цефеиды и её средней светимостью: чем ярче цефеида, тем медленнее она пульсирует.

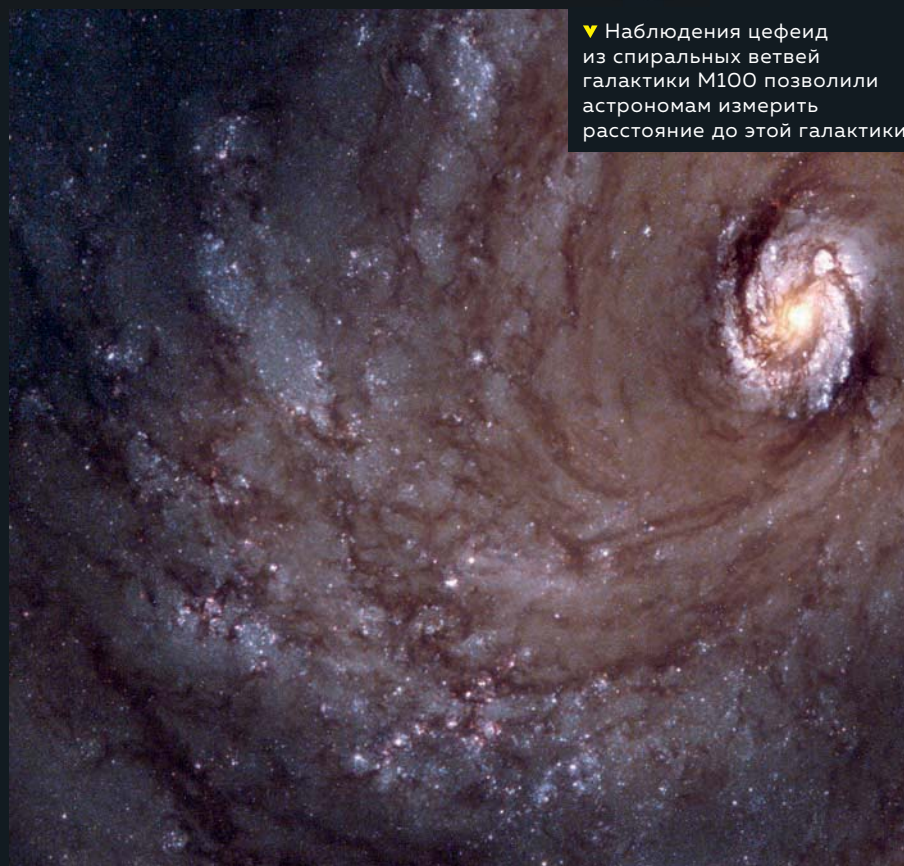
Астрономы используют это свойство цефеид для измерения расстояний до других галактик: они измеряют период пульсации звезды в этой галактике, по закону Ливитт находят её среднюю светимость, а затем, сравнивая истинную светимость с видимой яркостью звезды, находят расстояние до неё.

▲ Переменная звезда Мира (справа на этом снимке, сделанном в ультрафиолетовых лучах) мчится через космос, оставляя за собой хвост горячего газа.

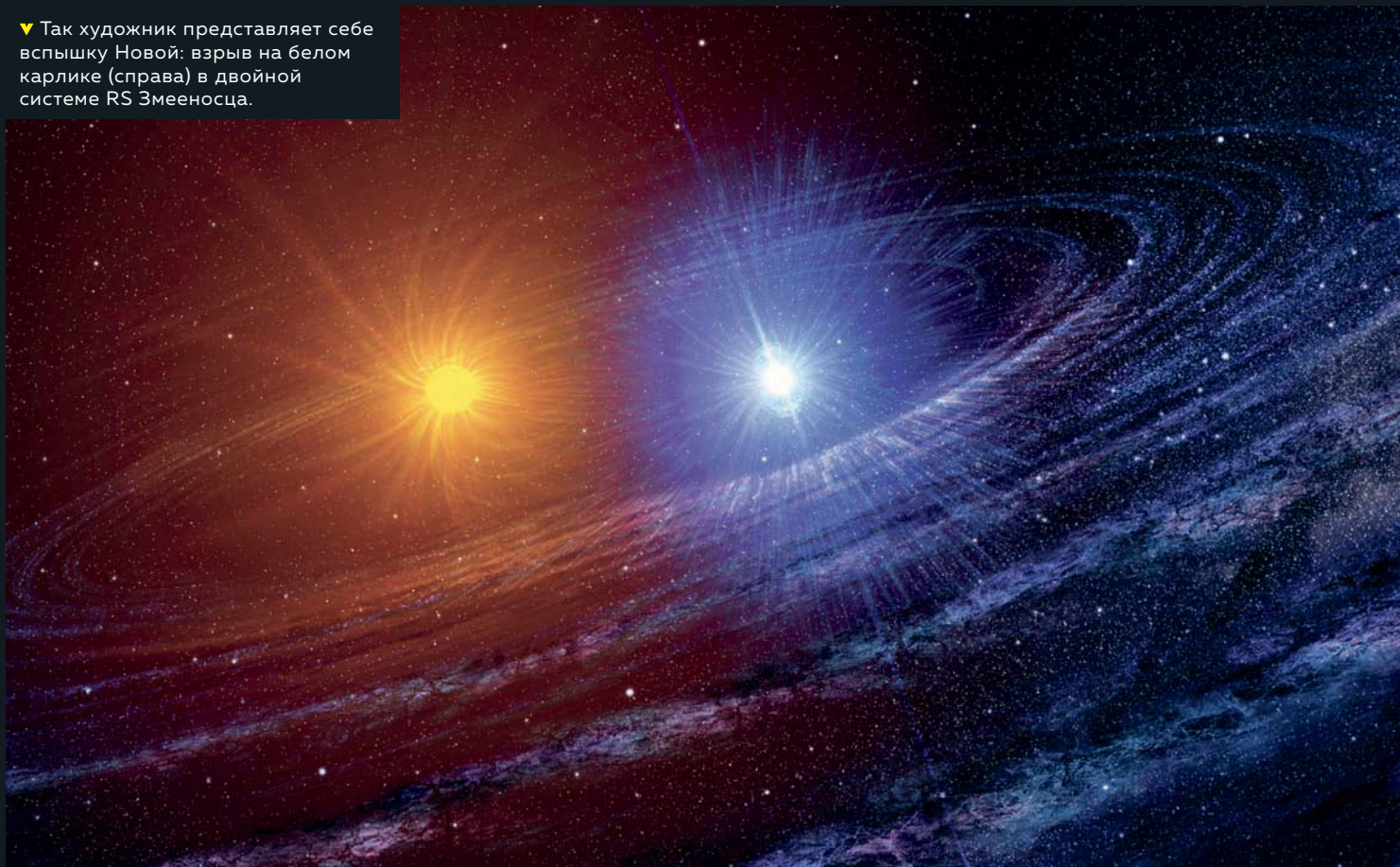


◀ У пульсирующих звёзд — цефеид блеск периодически увеличивается и уменьшается. У цефеид с медленными пульсациями светимость выше.

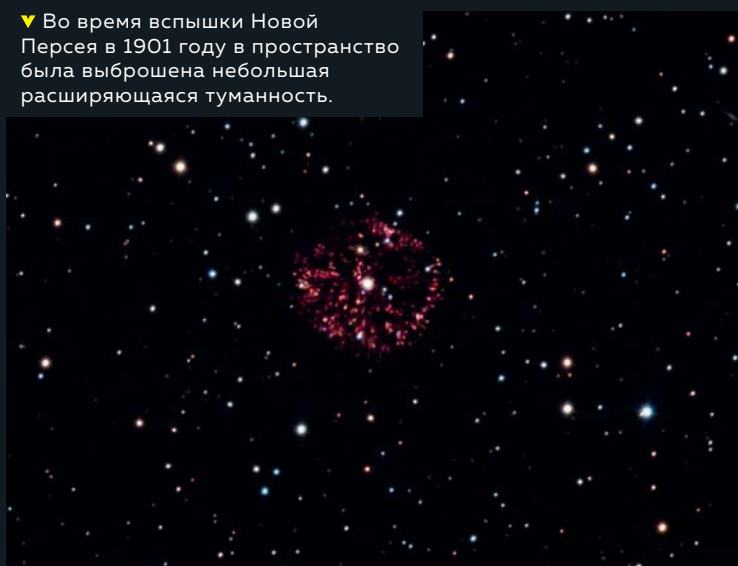
▼ Наблюдения цефеид из спиральных ветвей галактики M100 позволили астрономам измерить расстояние до этой галактики.



▼ Так художник представляет себе вспышку Новой: взрыв на белом карлике (справа) в двойной системе RS Змееносца.



▼ Во время вспышки Новой Персея в 1901 году в пространство была выброшена небольшая расширяющаяся туманность.



▲ На поверхности белого карлика накапливается вещество, поступающее от звезды-компаньона, что в какой-то момент приводит к цепной термоядерной реакции.

# ПРЕВРАЩАЯСЬ В НОВУЮ

**В 1975 ГОДУ** астрономы-любители по всему миру наблюдали появление новой звезды в созвездии Лебеда. Новая Лебеда 1975 оказалась одной из самых ярких за последние десятилетия вспышек на ночном небе. На деле, конечно, произошло не рождение новой звезды, а мощный взрыв на звезде, в обычном состоянии очень слабой, а то и вообще не наблюдавшейся.

Взрывы Новых происходят в двойных звездных системах, которые до этого уже прошли долгий путь развития. Две похожих на Солнце звезды вращаются друг вокруг друга; более массивная из них эволюционирует быстрее. В конце своей жизни она увеличивается в размерах, превращаясь в красного гиганта, затем сбрасывает внешние газовые оболочки и становится маленьким компактным белым карликом — тяжелее Солнца, но по размерам чуть больше Земли.

Позже превращается в красного гиганта и вторая звезда, но когда она расширяется, вещество её внешних слоёв, состоящее в основном из водорода и гелия, притягивает белый карлик, на поверхности которого это вещество накапливается. При этом мощное тяготение белого карлика сжимает утолщающийся слой водородного газа до тех пор, пока в этом слое не начинается цепная термоядерная реакция. Это и есть вспышка Новой. После взрыва процесс повторяется с самого начала. Некоторые «повторные» Новые вспыхивают раз в пару десятилетий, другие — намного реже. По оценкам, в Млечном Пути каждый год происходит несколько десятков вспышек Новых; некоторые из них можно наблюдать невооруженным глазом.

► Волны «светового эха» окружают взрывающуюся звезду V838 Единорога, на которой в 2002 году произошла сильная вспышка и выброс вещества.



## Паспорт

Имя: Скорпион X-1; V818 Sco

Созвездие: Скорпион

Положение на небе:

Прямое восхождение: 16ч 19м 55с

Склонение:  $-15^{\circ} 38,4'$

Карта звездного неба: 12

Расстояние: 9000 световых лет

Яркость (оптическая): 12,2 зв. вел.

Период обращения двойной системы: 18,9 часа

Массы: 0,4/1,4 масс Солнца

Светимость (рентгеновская): 60 000 Солнц

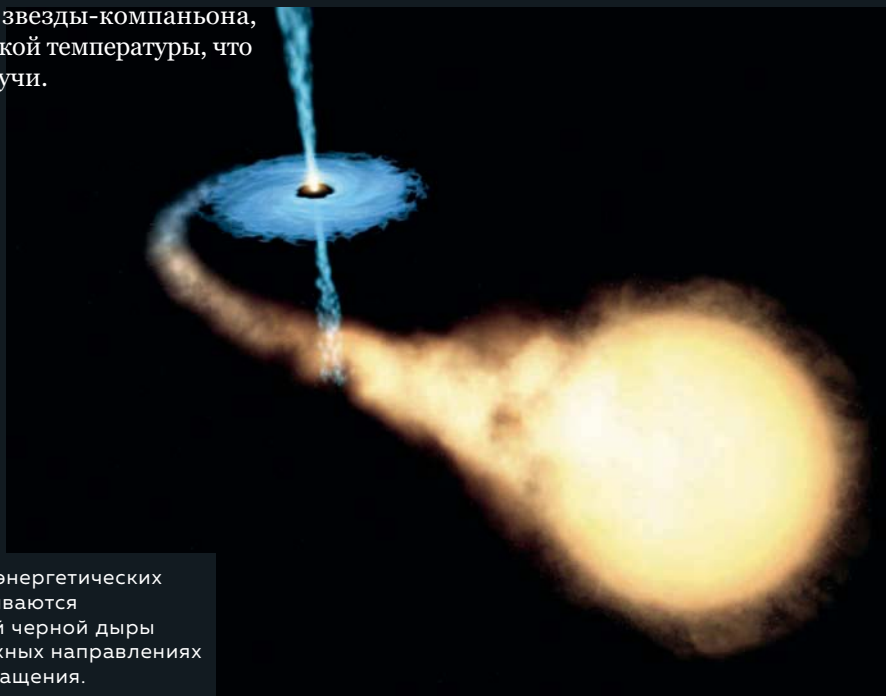
# СЮРПРИЗЫ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В 1962 ГОДУ американские астрономы запустили метеорологическую ракету со счетчиком Гейгера на борту. К тому времени уже было известно, что от Солнца исходит сильное рентгеновское излучение, и астрономы решили узнать, нет ли такого излучения и у Луны. Однако вместо этого они нашли источник мощного рентгеновского излучения далеко за пределами Солнечной системы, в созвездии Скорпиона.

Получивший название Скорпион X-1 (Sco X-1), этот источник рентгеновского излучения оказался двойной звездой на расстоянии около 9000 световых лет от Земли. Одна из звезд системы — обычная звезда, примерно вдвое легче Солнца. А вот другая — сверхкомпактная нейтронная звезда, которая образовалась после взрыва сверхновой. Мощное тяготение нейтронной звезды притягивает вещество звезды-компаньона, и этот газ раскаляется до такой температуры, что испускает рентгеновские лучи.

Помимо маломассивных рентгеновских двойных, как Скорпион X-1, в которых звезда-донор по массе сравнима с Солнцем, существуют и рентгеновские двойные системы с большой массой: горячий массивный гигант и нейтронная звезда или черная дыра. Мощный звездный ветер переносит вещество от массивной звезды на её компактный спутник.

Самая известная массивная рентгеновская двойная — Лебедь X-1 (Cyg X-1) в созвездии Лебедя. Измерения периодических колебаний скорости видимой звезды-гиганта HDE 226868 показали, что орбитальный период звезды-компаньона — 5,6 дня, а её масса примерно в 15 раз больше солнечной. Наверняка это черная дыра, а рентгеновское излучение — смертельная агония газа, который она поглощает.



► Струи высокоэнергетических частиц выбрасываются из окрестностей черной дыры в противоположных направлениях вдоль её оси вращения.

▼ Горячий газ накапливается в быстро вращающемся аккреционном диске, испускающем рентгеновское излучение, и затем падает в черную дыру.



▲ Составное изображение источника Циркуль X-1 в радиодиапазоне (красный цвет) и в рентгеновских лучах (синий). Это самая молодая из известных рентгеновских двойных: ей меньше 4600 лет.

## Паспорт

Имя: Лебедь X-1; HD 226868

Созвездие: Лебедь

Положение на небе:

Прямое восхождение: 19ч 58м 22с

Склонение: +35° 12,1'

Карта звездного неба: 7

Расстояние: 6100 световых лет

Яркость (оптическая): 8,9 зв. вел.

Период обращения двойной системы: 5,6 суток

Массы: 30/14,8 масс Солнца

Светимость (оптическая): 350 000 Солнц



► Наблюдения рентгеновской двойной GRO J1655-40 показывают, что 30% газа, который течет в направлении черной дыры, выбрасывается обратно в космос.

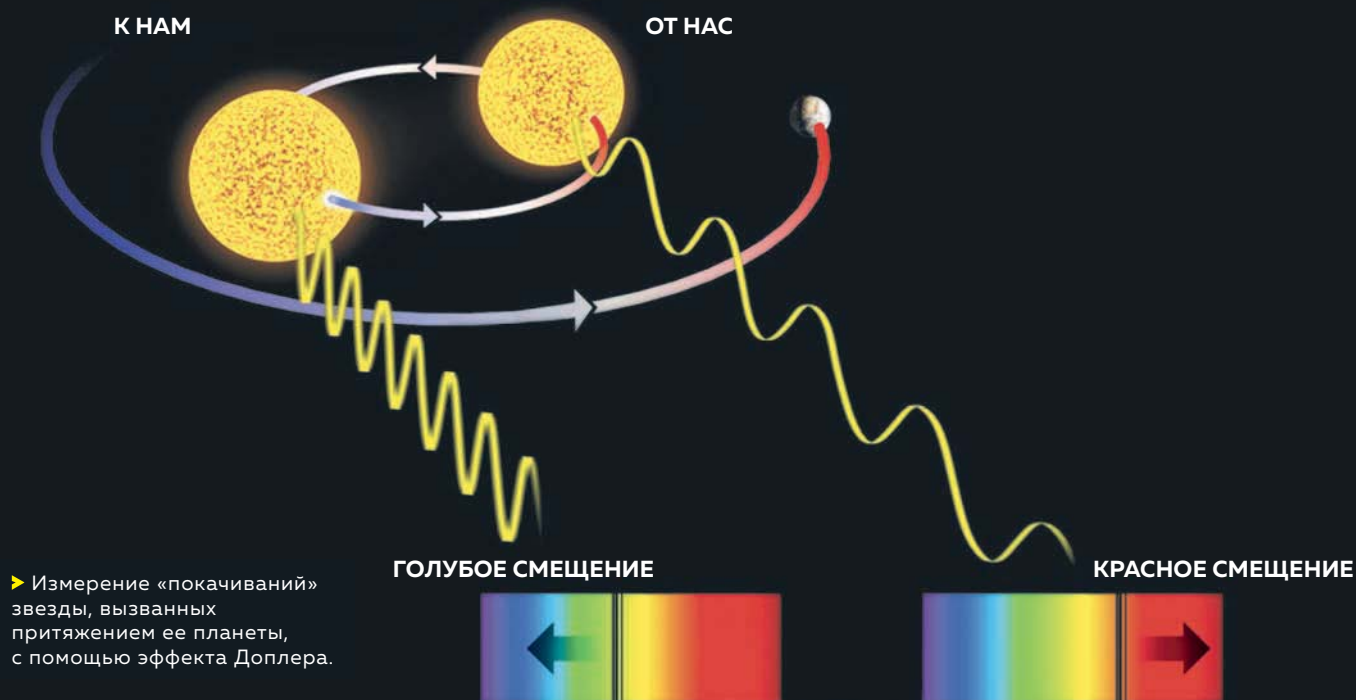
# ОХОТА ЗА ПЛАНЕТАМИ

**АСТРОНОМЫ СТОЛЕТИЯМИ СПОРИЛИ** о возможности существования планет — спутников других звезд. Открытие протопланетных дисков вокруг новорожденных звезд позволило предположить, что формирование планетных систем — относительно «нормальный» процесс. Однако подтвердить это удалось только в 1995 году, когда была открыта первая экзопланета. Сейчас их известно уже больше шести тысяч — по крайней мере у половины всех звезд есть одна или несколько планет.

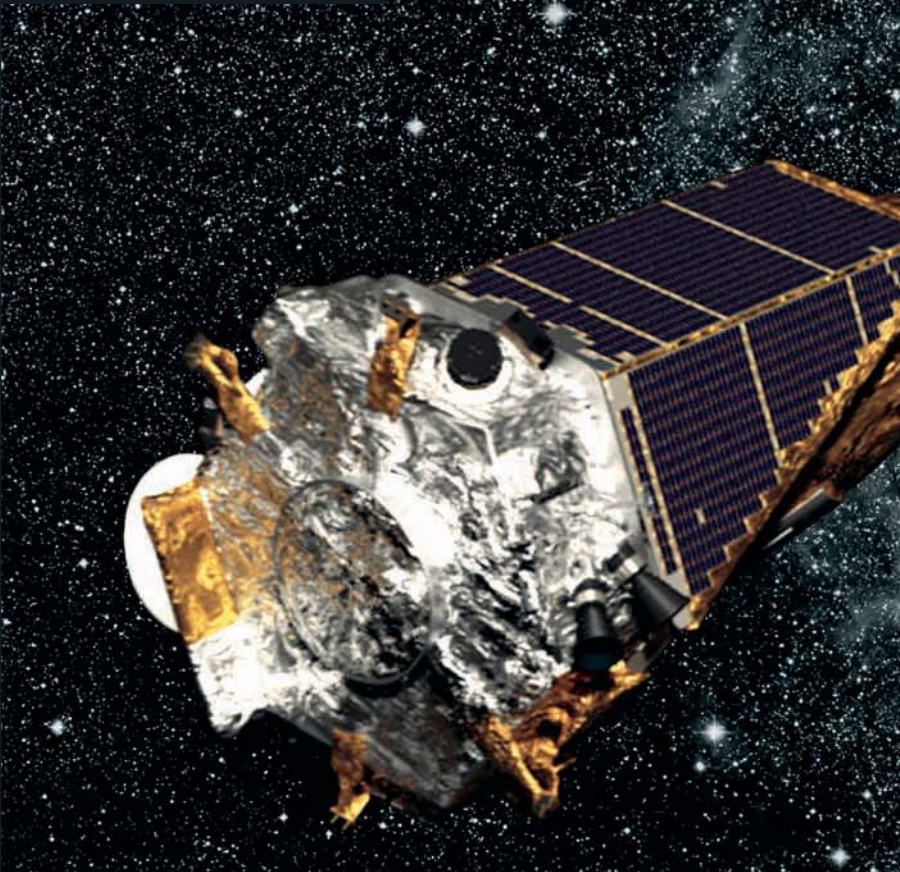
Обычно планеты у других звезд непосредственно увидеть невозможно: они слишком маленькие и слабые. До сих пор астрономам удалось получить прямые изображения лишь нескольких экзопланет. Существование остальных подтверждается только косвенными методами. Например, притяжение массивных экзопланет приводит к периодическим «покачиваниям» звезд, вокруг которых они вращаются. Эти изменения скоростей материнских звезд можно измерить по доплеровскому смещению линий в их спектрах. Отсюда можно вычислять и массы планет.

Американский космический телескоп «Кеплер» открыл множество экзопланет методом транзитов. Если орбита экзопланеты видна нам с ребра, то планета будет периодически оказываться на одной линии между телескопом и звездой, вызывая временное ослабление её блеска. Количественные характеристики таких «микроразатмений» звезды позволяют оценить размеры планеты. А если по доплеровским смещениям спектральных линий мы вычислим и её массу, то можно рассчитать её плотность и определить состав.

В декабре 2013 года Европейским космическим агентством был запущен космический телескоп «Гайя». Предполагалось, что высокоточная регистрация этим телескопом изменений положений звёзд поможет открыть десятки тысяч экзопланет. Несколько экзопланет удалось открыть, используя явление гравитационного микролинзирования.



▼ В поисках периодических падений яркости звёзд, вызванных транзитами экзопланет, космический телескоп «Кеплер» выполнил наблюдения более 150 000 звёзд.



▲ Проходя перед материнской звездой, планета заслоняет небольшую часть её светящейся поверхности.

▲ Планировалось, что космический телескоп «Гайя» Европейского космического агентства откроет десятки тысяч экзопланет с помощью сверхточных измерений положений звёзд.

## Паспорт

Имя: 51 Пегаса

Созвездие: Пегас

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
22ч 57м 28с

Склонение: +20° 46,1'

Карта звездного неба: 2

Расстояние: 51 световой  
год

Яркость (оптическая): 5,5  
зв. вел.

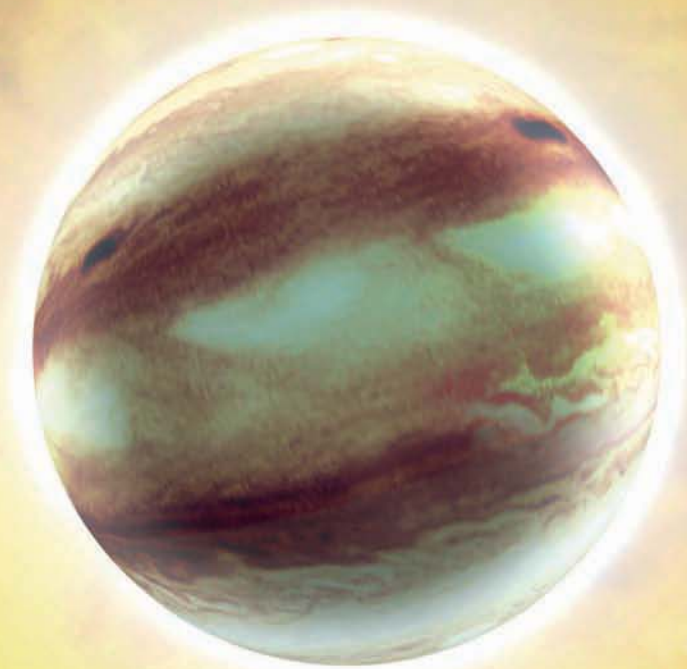
Планета: 51 Пегаса b  
(Беллерофонт)

Расстояние от планеты  
до звезды: 7,8 млн км

Орбитальный  
период: 4,23 суток

Масса: 0,47 масс  
Юпитера

▼ В июле 2011 года  
Космический телескоп Хаббла  
провел свое миллионное  
наблюдение: экзопланета  
НАТ-R-7b, «горячий юпитер».



# «ГОРЯЧИЕ ЮПИТЕРЫ»

**МИШЕЛЬ МАЙОР И ДИДЬЕ КЕЛО** из Женевского университета не верили своим глазам: в 1995 году, наблюдая едва видимую невооруженным глазом звезду 51 Пегаса, на расстоянии около 50 световых лет от Земли, они обнаружили у неё большую планету с массой около половины массы Юпитера. Но Юпитер отстоит от Солнца на сотни миллионов километров; год на нём длится почти 12 земных лет. А новая планета оказалась совсем рядом с материнской звездой — не более чем в 8 миллионах километров, с периодом обращения всего 4,2 суток!

После открытия 51 Пегаса b (первой экзопланеты, вращающейся вокруг обычной звезды) были найдены еще десятки «горячих юпитеров». У некоторых из них год — орбитальный период оказался меньше земных суток. Другие находятся так близко от материнской звезды, что раскаляются до огромных температур, иногда больше тысячи градусов — от чего они «распухают» или медленно испаряются. На некоторых «горячих юпитерах» астрономам удалось определить состав атмосферы и даже измерить там скорость ветра.

Сейчас ясно, что «горячих юпитеров» относительно немного, но их открывают чаще, потому что их легче найти, чем маленькие планеты на более далёких от звезды орбитах. Вероятно, они образуются намного дальше от своих материнских звезд, но позже постепенно приближаются к ним из-за трения об остатки протопланетного газопылевого диска.

▲ HD 209458b — гигантская газовая планета, расположенная так близко к своей материнской звезде, что постепенно испаряется.

► В атмосфере некоторых «горячих юпитеров» обнаружены облака кремниевой пыли.



# СТРАННЫЕ ПЛАНЕТЫ

«ГОРЯЧИЕ ЮПИТЕРЫ» (гигантские газовые планеты на очень близких к материнским звёздам орбитах) — не единственные необычные экзопланеты. Поиск планет у других звезд открывает перед нами невероятное разнообразие экзотических миров, и конца этому не видно. Так что по сравнению с большинством других планетных систем Вселенной наша Солнечная система кажется какой-то скучной.

Были обнаружены гигантские планеты, диаметры которых вдвое больше, чем у Юпитера, значительно больших размеров, чем многие коричневые и красные звезды-карлики. Другие планеты компактны и имеют огромную плотность — получается, что в их составе должно быть много металлов, а возможно, и очень сжатого углерода (то есть алмазов!). Некоторые планеты лишь чуть больше или тяжелее Земли, но находятся так близко к своей материнской звезде, что их каменные поверхности превратились в океан расплавленной лавы. А есть и планеты-сауны, в которых вся поверхность покрыта очень горячим океаном, а над ним — горячая, насыщенная паром атмосфера.

Возможно, самые удивительные планеты — это маленькие компактные миры, которые обращаются вокруг пульсаров, быстровращающихся остатков взорвавшихся звезд. Первая планета у пульсара была открыта в 1992 году, когда еще не было убедительных доказательств существования планет у обычных звезд. Есть гипотеза, что планеты у пульсаров образовались из вещества, выброшенного в пространство при взрыве сверхновой. Сам факт, что есть такие экзопланеты, которых не смог бы выдумать ни один писатель-фантаст, доказывает: природа беспредельно изобретательна.

▼ Планеты в системе Кеплер-36 могут сближаться настолько, что каждая из двух кажется устрашающе огромной с поверхности другой.



▼ Кеплер-10b — первая открытая каменная экзопланета. Она расположена так близко от материнской звезды, что ее поверхность состоит из расплавленной лавы.



◀ Глизе 667Cb — сверхземля, вращающаяся вокруг звезды в тройной звездной системе. На заднем плане — пара звезд Глизе 667A и Глизе 667B.



► Планета Кеплер-186f очень похожа на Землю и расположена в «зоне обитания» своей материнской звезды, красного карлика.



◀ Три планеты, включая сверх-Землю (на переднем плане), у красного карлика Глизе 581.

► У планет Кеплер-20e (крайняя слева) и Кеплер-20f (крайняя справа) размеры примерно такие же, как у Венеры и Земли (в центре).



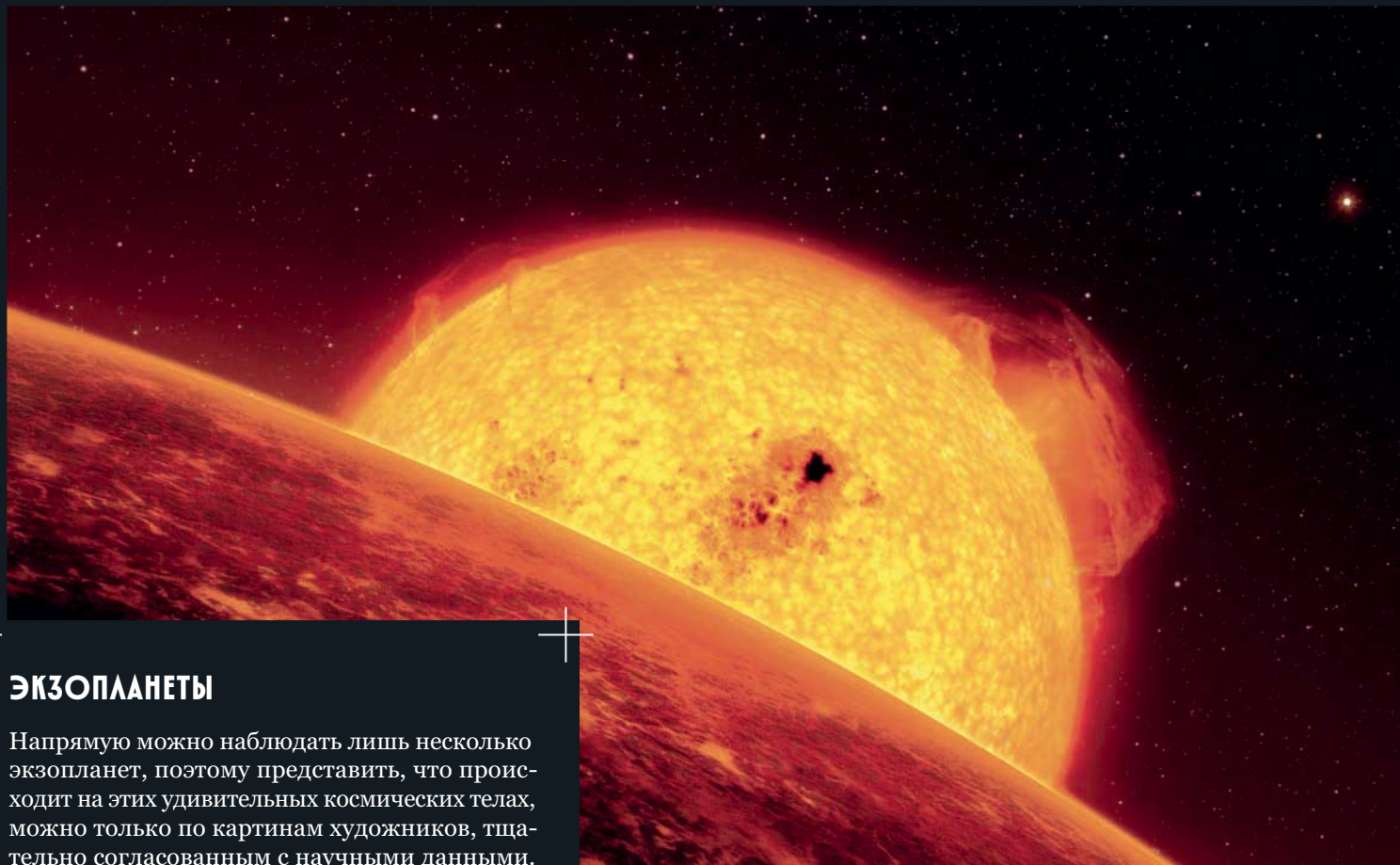
## БЛИЗНЕЦЫ ЗЕМЛИ

**УНИКАЛЬНА ЛИ ЗЕМЛЯ?** Этот вопрос был поставлен перед космическим телескопом НАСА «Кеплер». На нём в течение нескольких лет постоянно наблюдалась огромная выборка из не менее чем 150 000 звезд и с помощью транзитного метода было открыто несколько тысяч кандидатов в экзопланеты. На основе этих наблюдений астрономы наконец смогли сделать подкрепленные статистикой оценки количества землеподобных планет в Млечном Пути.

Такие небольшие планеты, как Земля, трудно обнаружить: они практически не вызывают колебаний своих материнских звезд, а если проходят перед ними, то закрывают лишь очень маленькую часть звезды. «Кеплер» обнаружил небольшое число планет, имеющих примерно такой же размер, как Земля. В некоторых случаях удалось установить, что у них есть железное ядро и каменная мантия.

Такую планету легче заметить у красного карлика. Красные карлики намного меньше солнцеподобных звезд, поэтому планета размером с Землю при транзите закрывает значительную часть поверхности такой звезды. Красные карлики намного легче Солнца, и гравитация их планет вызывает заметные колебания их положений.

Однако «Святым Граалем» экзопланетных исследований остается поиск полного близнеца Земли: планеты почти с такими же диаметром, массой и составом, обращающейся на таком расстоянии от солнцеподобной звезды, что на ней может существовать вода и жизнь. В одном только Млечном Пути таких планет должны быть миллиарды.



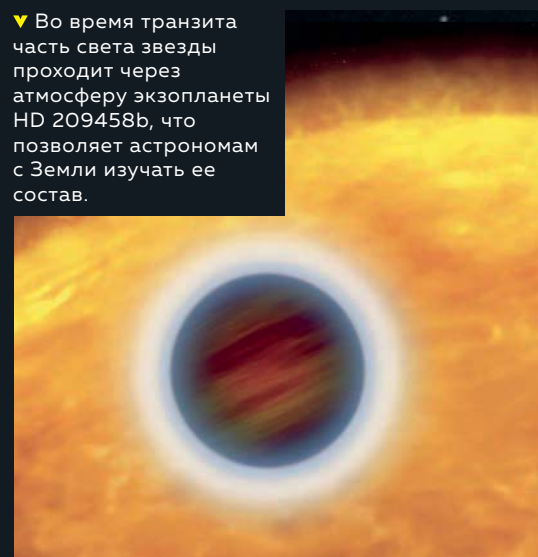
## ЭКЗОПЛАНЕТЫ

Напрямую можно наблюдать лишь несколько экзопланет, поэтому представить, что происходит на этих удивительных космических телах, можно только по картинам художников, тщательно согласованным с научными данными. На этой и следующей странице — несколько видов дальних родственников нашей Земли.

▲ Corot-7b — это каменная планета, вращающаяся вокруг очень похожей на Солнце звезды. Температура на ее поверхности, вероятно, достигает 2000 градусов Цельсия.

► Небольшая каменная планета Кеплер-20e, выжженная излучением близкой материнской звезды.

▼ Во время транзита часть света звезды проходит через атмосферу экзопланеты HD 209458b, что позволяет астрономам с Земли изучать ее состав.



▼ На молодой гигантской планете Бета Живописца в сутки длится всего около 8 часов.



▲ Планеты типа Нептуна и каменные астероиды у звезды HD 69830.



▲ HD 149026b — гигантская планета, возможно, самая черная и горячая из известных.



▼ HD 89733b — «горячий юпитер», на котором близость к материнской звезде, вероятно, вызывает яркие полярные сияния.



▲ Вокруг двойной звезды Кеплер-47 вращается по крайней мере три планеты.

# СЕМЕЙСТВА ПЛАНЕТ

**ПЛАНЕТЫ** — «общественные животные». Если у какой-то звезды найдена планета, то, скорее всего, есть и ещё. Гравитационные воздействия двух или нескольких планет дадут сложную картину колебаний скорости материнской звезды. А если далекая планетная система повернута к нам ребром, то несколько планет, у каждой из которых свой орбитальный период, будут по очереди или вместе затмевать материнскую звезду, и мы увидим столь же сложную систему транзитов.

У солнцеподобной звезды 55 Рака на расстоянии 40 световых лет от Земли пока открыто пять планет, из которых четыре ближе к материнской звезде, чем Меркурий к Солнцу, а у пятой орбита примерно такого же размера, как у Венеры. Ближайшая к звезде из этих пяти — сверхземля, вдвое больше нашей планеты и в восемь раз тяжелее.

Планетная система звезды Кеплер-11 такая же маленькая и компактная, как и у 55 Рака. В ней шесть планет, и все шесть совершают транзиты, затмевая свою звезду. Не менее семи землеподобных планет обнаружено в планетной системе звезды TRAPPIST-1, причем на трех средних может существовать вода в жидком состоянии.

Найденные на данный момент планетные системы очень компактны, но это совсем не значит, что наша Солнечная система, в которой планеты разнесены относительно далеко, уникальна. Просто современная техника поиска планет пока неспособна обнаруживать такие системы.

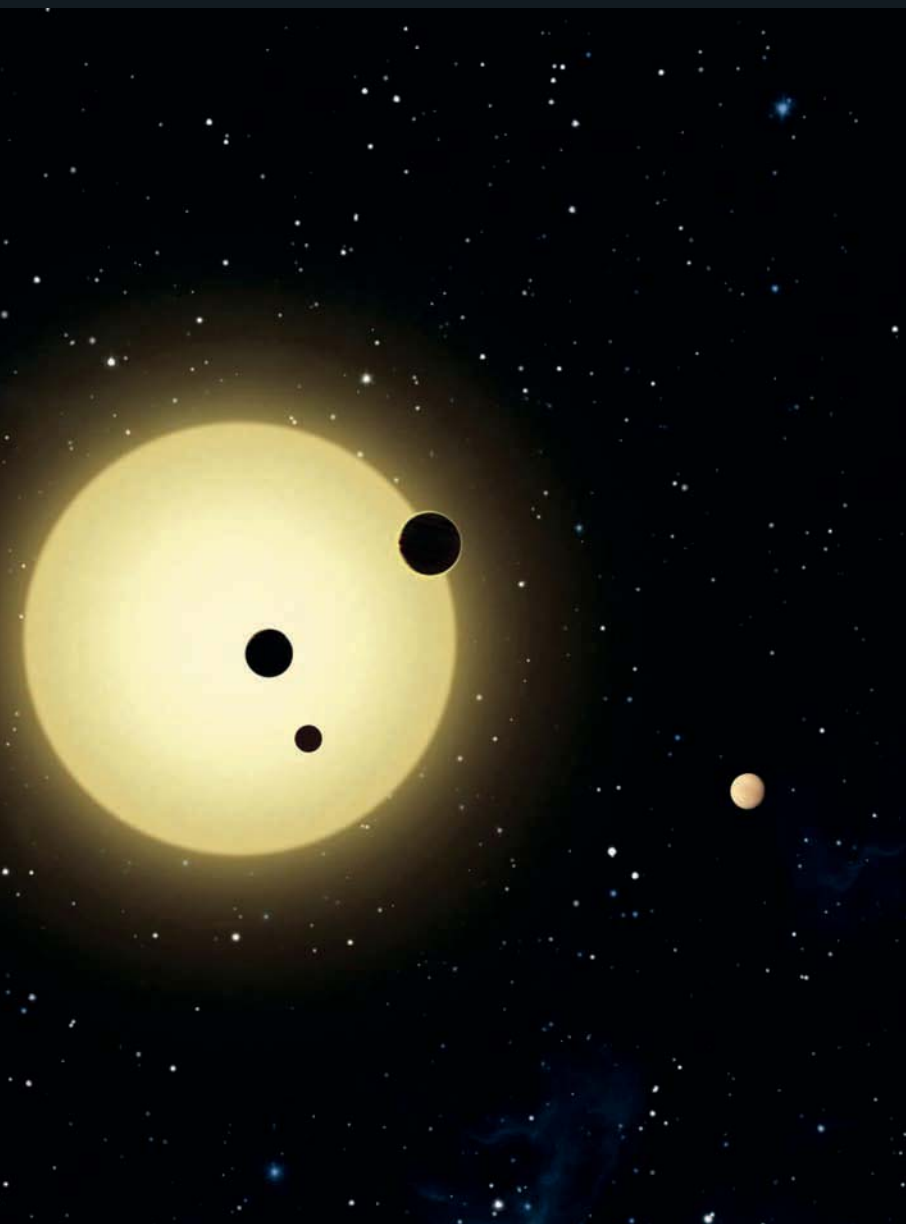
► TRAPPIST-1 — близкая к нам звезда-карлик, у которой есть по крайней мере семь землеподобных планет.

► У солнцеподобной звезды Кеплер-11 шесть планет, и все шесть транзитные, то есть иногда закрывают часть диска звезды. Бывает, что транзит совершают одновременно три планеты.



► Kepler-22b, сверхземля, на которой, возможно, есть большие запасы воды, находится в «зоне обитания» материнской звезды.





# ЗОНА ЗЛАТОВЛАСКИ\*

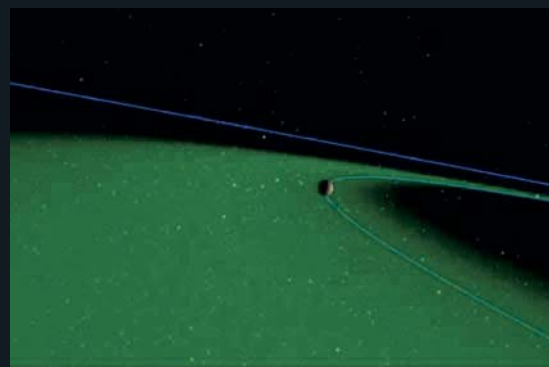
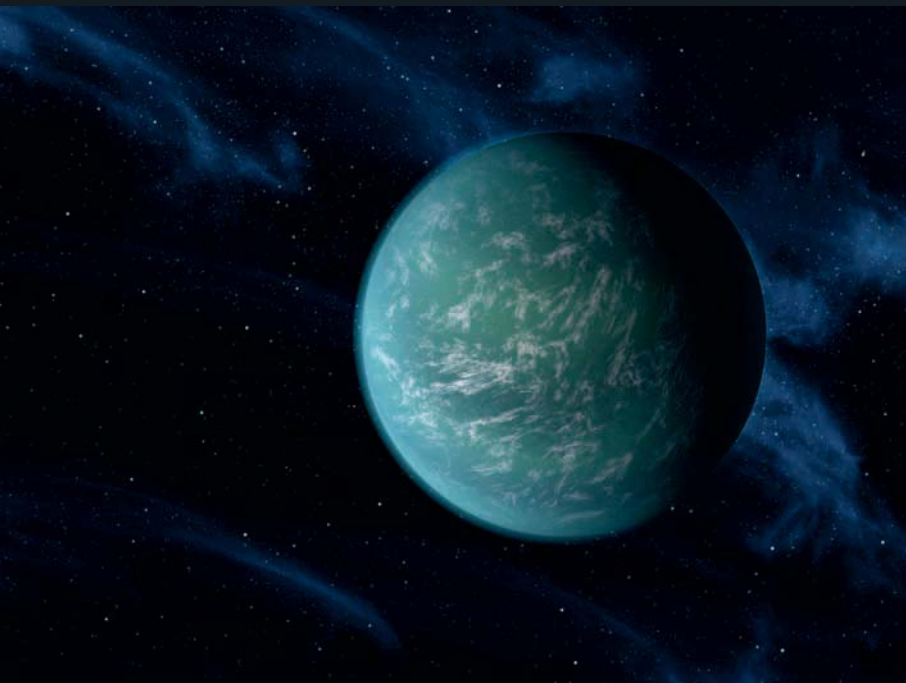
**ЕСЛИ ПЛАНЕТА НАХОДИТСЯ** близко от своей материнской звезды, то она так нагревается, что жить на ней нельзя. Когда планета очень далеко от звезды, на ней слишком холодно, и жизнь снова невозможна. Жизнь в известной нам форме может существовать только в относительно узкой «зоне обитания» вокруг материнской звезды, где температура не слишком высокая и не слишком низкая — такая, при которой может существовать жидкая вода. Зона обитания в нашей Солнечной системе простирается от орбиты Земли почти до орбиты Марса.

У каждой звезды есть своя зона обитания. Если звезда — небольшой тусклый карлик, ее зона обитания, конечно, намного ближе к звезде, чем в Солнечной системе, а если она горячий гигант — гораздо дальше. Для каждой звезды можно определить, на каком расстоянии от нее должна находиться планета, чтобы быть пригодной для жизни.

В зонах обитания было найдено довольно много экзопланет. Часто это гигантские газовые планеты без морей и океанов, зато, если у такой планеты есть одна или несколько лун, подходящие для жизни условия могут быть на этих лунах. Землеподобные экзопланеты в зонах обитания тоже обнаруживались, но только в системах тусклых красных карликов.

По оценкам астрономов у каждой пятой солнцеподобной звезды в зоне обитания есть небольшая каменная планета. Среди таких планет могли бы найтись настоящие близнецы Земли, но ни один из них пока не обнаружен.

\* Златовласка (Goldilock) — героиня английской сказки, аналогичной по сюжету русской сказке «Три медведя». Златовласка, как и Машенька из «Трёх медведей», не может успокоиться, пока не находит «правильные» чашку, стульчик и кровать.



◀ Орбита Земли проходит вблизи внутренней границы зоны обитания Солнца.



# СМЕРТЬ ЗВЕЗД

**ЖИЗНЬ ЗВЕЗДЫ МОЖЕТ ПОКАЗАТЬСЯ БЕСКОНЕЧНО ДОЛГОЙ**, но рано или поздно она тоже заканчивается. Путь, которым звезда сходит с космической сцены, зависит в первую очередь от ее массы. Например, маломассивная звезда-карлик может расходовать свой запас водорода десятки или сотни миллиардов лет — термоядерные реакции в её недрах протекают очень медленно. В конце концов такая звезда постепенно перестает генерировать энергию и остывает.

Кончина таких звезд, как Солнце, — более интересное зрелище. Примерно через десять миллиардов лет после своего рождения они «распухают», превращаются в красных гигантов и выбрасывают в пространство разноцветную расширяющуюся газовую оболочку — «планетарную туманность». Затем такая звезда сжимается и становится горячим белым карликом, который светит ещё миллиарды лет, медленно остывая, как горячий уголёк из печи.

Но настоящие примадонны на космической сцене — массивные звезды. Их смерть — настоящий космический спектакль, открывающийся взрывом сверхновой, катастрофой, видимой во всех уголках Вселенной. И даже остатки этих катаклизмов вместо того, чтобы незаметно исчезнуть, становятся быстро вращающимися мигающими пульсарами или коллапсируют в зловещие черные дыры.

В космосе, как и на Земле, смерть неразрывно связана с новым рождением. Гибнущие звезды выбрасывают в космос вещество, из которого рождаются новые звезды и планеты; это вещество обогащено тяжелыми элементами, которые образовались в ходе реакций термоядерного синтеза. Без предсмертных судорог солнцеподобных звезд и без яростных взрывов сверхновых не могло бы появиться и полных жизни планет, таких, как наша Земля.

# РАСПУХШИЕ ГИГАНТЫ

**ЗВЕЗДЫ, ВРОДЕ НАШЕГО СОЛНЦА**, производят энергию в ходе термоядерных реакций в своих недрах: огромное давление и температура заставляют ядра водорода сливаться, образуя ядра гелия. Однако, какой бы огромной ни была звезда, запасы водорода в ее ядре когда-нибудь заканчиваются, там накапливается все больше гелия, и в конце концов термоядерный синтез прекращается. После этого звезда начинает коллапсировать: сжиматься под собственным весом. Плотность и температура снова растут, и в оболочке вокруг гелиевого ядра снова начинается термоядерное горение водорода.

Горение в оболочке приводит к тому, что звезда раздувается до огромных размеров, становясь вдесятеро больше Солнца. И хотя в звезде генерируется огромная энергия, она излучается в пространство с гораздо большей площади, поэтому поверхностная температура звезды не превышает 3000–4000 градусов. Перед нами красный гигант: очень большая и яркая, но относительно холодная звезда.

Однако в ядре звезды температура продолжает расти, и когда она достигает 100 миллионов градусов, ядра гелия начинают сливаться и образовывать углерод. У относительно маломассивных звезд, таких как Солнце, синтез гелия происходит внезапно, приводя к так называемой «гелиевой вспышке»; в более массивных звездах процесс развивается постепенно. В результате цикл запускается снова: запас гелия в ядре заканчивается, звезда опять сжимается, температура и давление растут и начинается горение гелия в оболочке, а звезда опять входит в фазу красного гиганта.

▲ В ядре красного гиганта из ядер гелия синтезируются углерод и кислород.



▲ Красный гигант в небе своей выжженной планеты.

► Звезды в масштабе: Солнце кажется крохотным в сравнении с голубыми и красными гигантами и сверхгигантами.



Антарес

Ригель

● Солнце

● Арктур

● Сириус

Бетельгейзе

# ЧУДОВИЩНАЯ БЕТЕЛЬГЕЙЗЕ

**КРАСНЫЕ ГИГАНТЫ** очень большие, но красные сверхгиганты еще больше. Эти звезды, которые с самого начала больше и тяжелее Солнца, в фазе горения гелия разрастаются до умопомрачительных размеров. Самый известный красный сверхгигант — яркая звезда Бетельгейзе в созвездии Ориона на расстоянии 640 световых лет.

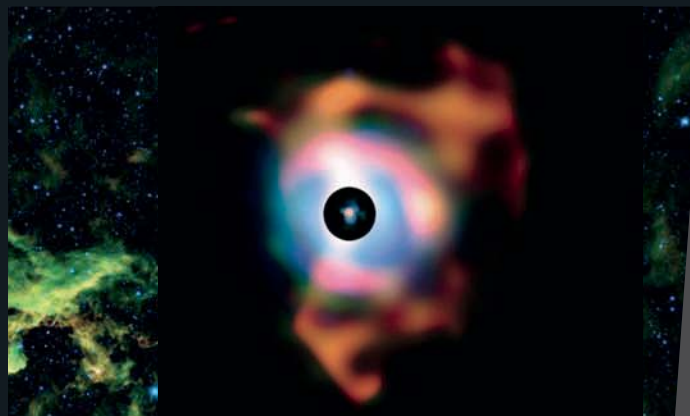
Бетельгейзе в тысячу с лишним раз больше Солнца. Если мысленно поместить этого монстра в центр Солнечной системы, его поверхность окажется за орбитой Юпитера. Однако Бетельгейзе — не самый большой сверхгигант. Красный сверхгигант NML Лебедя слишком далёкий, чтобы его можно было разглядеть невооруженным глазом, в 1650 раз больше Солнца — его диаметр равен 2,3 миллиарда километров.

Бетельгейзе (от арабского Яд аль-Джауза, что означает «Плечо гиганта»\*) — относительно молодая звезда. Она родилась в ассоциации Ориона меньше 10 миллионов лет назад и продолжает двигаться от места своего рождения со скоростью около 30 километров в секунду. Из-за своей громадной массы (примерно в 10–30 раз больше, чем у Солнца) она быстро эволюционирует. Бетельгейзе уже испускает мощный звездный ветер и вот-вот (по космическим меркам) взорвется как сверхновая.

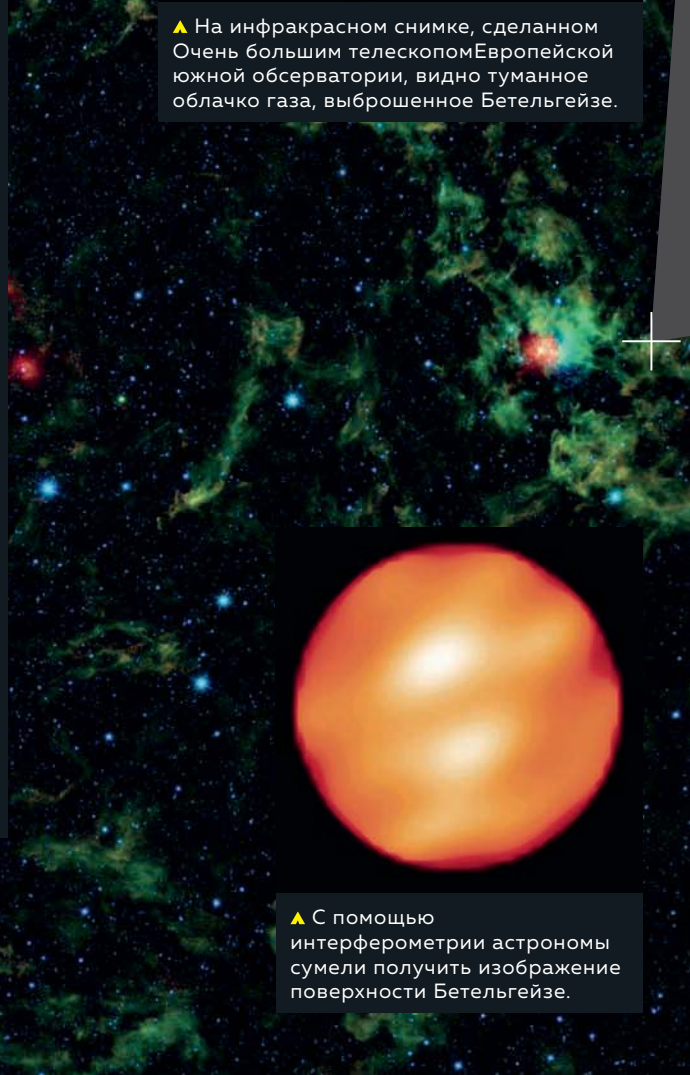
Возможно, взрыв уже произошел: например, если Бетельгейзе взорвалась в 1600 году, то вспышка от взрыва дойдет до Земли только в 2240 году. Эта вспышка будет такой сильной, что Бетельгейзе станет ярче полной Луны.

\* В русскоязычных источниках часто переводится как «Рука близнеца». — Прим. пер.

▲ Бетельгейзе — яркая звезда в левом нижнем углу этого инфракрасного снимка в условных цветах, полученного с космическим телескопом NASA WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer).



▲ На инфракрасном снимке, сделанном Очень большим телескопом Европейской южной обсерватории, видно туманное облачко газа, выброшенное Бетельгейзе.



▲ С помощью интерферометрии астрономы сумели получить изображение поверхности Бетельгейзе.

## Паспорт

Имя: Бетельгейзе, Альфа Ориона

Созвездие: Орион

Положение на небе:

Прямое восхождение: 05ч 55м 10с

Склонение: +07° 24,4'

Карта звездного неба: 3

Расстояние: 640 световых лет

Яркость: 0,4 зв. вел.

Масса: 10–30 масс Солнца

Диаметр: 1100 диаметров Солнца

Светимость: 120 000 Солнц

Возраст: 8 млн лет

## Паспорт

Имя: Туманность Кольцо (M57)

Созвездие: Лира

Положение на небе:

Прямое восхождение: 18ч 53м 35с

Склонение: +33° 01,84'

Карта звездного неба: 7

Расстояние: 2300 световых лет

Диаметр: 2,5 световых лет

Возраст: 7000 лет

# РАЗЛЕТАЮЩИЕСЯ КОЛЬЦА ЛИРЫ

**В 1780-Е ГОДЫ** английский астроном Уильям Гершель наткнулся на несколько маленьких круглых туманностей, которые напомнили ему далекую планету Уран, открытую им с помощью телескопа в 1781 году. Он назвал эти объекты «планетарными туманностями», и это название астрономы используют до сих пор, хотя сейчас точно известно, что в этих туманностях нет никаких планет, а их оболочка состоит из газа.

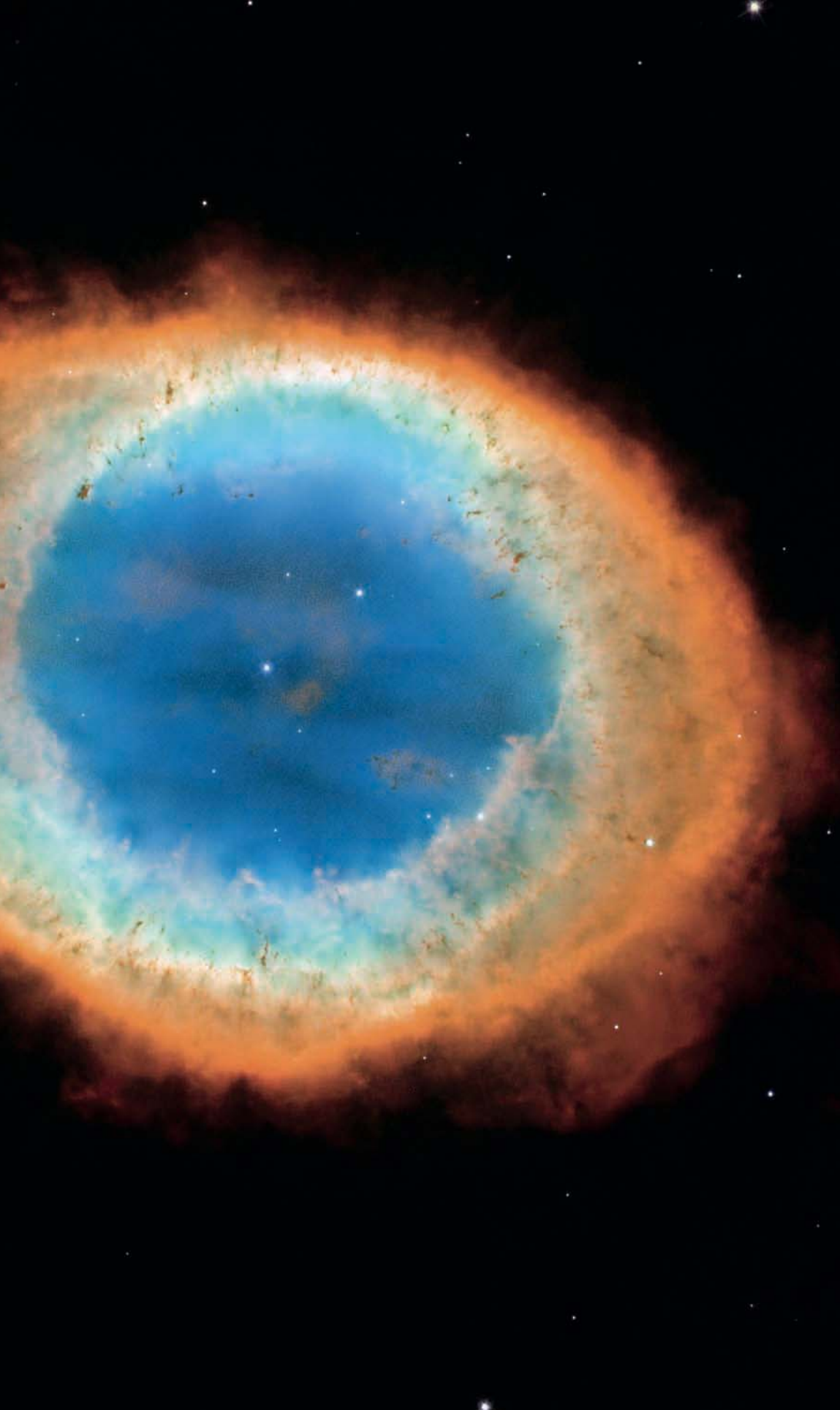
*Планетарная туманность* — это расширяющаяся газовая оболочка, которую сбрасывают солнцеподобные звезды в конце своей жизни. Газ нагревается мощным излучением, исходящим из центральной звезды (обычно это компактный горячий белый карлик), и начинает светиться. Голубовато-зеленая окраска вызвана свечением атомов кислорода, а красный оттенок указывает на присутствие водорода и азота.

Французский астроном Антуан Даркье де Пелепуа в 1779 году открыл туманность Кольцо в созвездии Лиры, которая стала одной из самых известных планетарных туманностей ночного неба. Известна она прежде всего тем, что это одна из первых планетарных туманностей, спектр которой в 1864 году удалось изучить с помощью спектроскопа. Результаты этого исследования доказали, что такие туманности состоят из газа, нагретого до очень высокой температуры.

Туманность Кольцо все еще продолжает расширяться со скоростью 20–30 километров в секунду. По скорости расширения туманности можно рассчитать, что она возникла примерно 1600 лет назад. А через несколько тысяч лет её уже вряд ли удастся разглядеть: разреженный газ остынет и рассеется в межзвездном пространстве.

► Космический телескоп Хаббла получил это детальное изображение знаменитой туманности Кольцо в созвездии Лиры.





► На снятых с длинной экспозицией фотографиях видны протяженные газовые оболочки, простирающиеся далеко за внешнюю кромку основного кольца.



► Уильям Гершель назвал эти образования «планетарными туманностями» потому, что их округлые очертания были похожи на слабосветящиеся диски планет.

## Паспорт

Имя: Туманность Кошачий Глаз (NGC 6543)

Созвездие: Дракон

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
17ч 58м 33с

Склонение: +66° 38.04'

Карта звездного неба: 1

Расстояние: 3300  
световых лет

Поперечник: 0,3  
светового года  
(внутренняя часть)

Возраст: 1000 лет



# ГЛАЗ КОШКИ

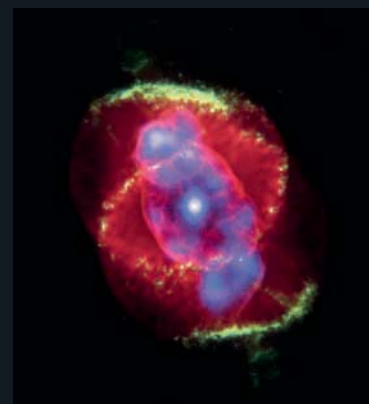
**В 1786 ГОДУ** в ночном небе Северного полушария, в созвездии Дракона, Уильям Гершель открыл планетарную туманность, которая сейчас называется Кошачий Глаз. Сегодня она получила известность благодаря её снимкам, полученным со сверхвысоким разрешением на Космическом телескопе Хаббла. Эта туманность относительно молода (ей примерно 1000 лет) и находится на расстоянии 3300 световых лет, поэтому на ночном небе она выглядит крохотной точкой.

Туманности Кошачий Глаз придают очарование несколько слабосветящихся концентрических газовых оболочек. Они, возможно, образованы из вещества, которое центральная звезда на раннем этапе своей истории выбрасывала в пространство с периодичностью от нескольких сотен до двух тысяч лет. Точно, однако, астрономы этого не знают. Зато они прекрасно знают, что эта звезда по-прежнему испускает потоки необычно сильного звездного ветра, из-за которого она каждую секунду теряет 20 миллиардов тонн газа!

В отличие от многих других планетарных туманностей, у Кошачьего Глаза центральная звезда — не белый карлик, а массивная горячая звезда Вольфа — Райе, светимость которой в 10 000 раз выше, чем у Солнца, а температура поверхности достигает 80 000 градусов Цельсия.

Туманность Кошачий Глаз не перестает удивлять астрономов. Американский космический телескоп «Чандра» открыл в ее центре источник мощного рентгеновского излучения. Возможно, это излучение испускает газ, который теряет центральная звезда — он захватывается звездой-компаньоном и нагревается до очень высокой температуры. Присутствие невидимой звезды-компаньона может объяснить и сложную структуру туманности.

◀ Снимок туманности Кошачий Глаз, сделанный Космическим телескопом Хаббла, выявляет ее прекрасную симметрию.



▲ Яркий рентгеновский источник в центре туманности на этом изображении в условных цветах отмечен голубым.

▼ Телескоп Nordic Optical Telescope в обсерватории Ла-Пальма на Канарских островах зарегистрировал туманные волокна очень далеко от яркой центральной части туманности.



► Широкоугольный телескоп VISTA (Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy) Европейской южной обсерватории в Чили получил это подробное изображение туманности Улитка в ближней инфракрасной области спектра.



▲ Так туманность Улитка может предположительно выглядеть сбоку: второе кольцо почти перпендикулярно первому.

# КОМЕТЫ В УЛИТКЕ

**ТУМАННОСТЬ УЛИТКА** в созвездии Водолея с Земли — самая большая планетарная туманность звездного неба — прежде всего потому, что она удалена от нас всего лишь на 700 световых лет. К тому же она относительно старая (её возраст — около 11 тысяч лет). Она все еще продолжает расширяться со скоростью около 30 километров в секунду. Сейчас ее диаметр — примерно 2,5 светового года, то есть более половины расстояния от Земли до ближайшей звезды.

На детальных изображениях туманности Улитка, полученных в 1990-е годы Космическим телескопом Хаббла, видны тысячи странных газовых волокон, похожих на головастиков, с головками и хвостиками. Это области газовых конденсаций размером примерно с Солнечную систему, выброшенные из центральных частей туманности. Под влиянием звездного ветра от центральной звезды у них образовались хвосты, похожие на кометные, направленные от центра туманности и образующие причудливые узоры.

Позже подобные «кометы» были обнаружены во многих других планетарных туманностях. Не исключено, что в будущем некоторые из них коллапсируют под действием собственного веса и превратятся в небольшие юпитероподобные планеты или в холодные коричневые карлики. Но пока это только предположения.

Изучение туманности Улитка показало, что это газовая туманность в форме бублика, как поначалу считалось. У нее, по-видимому, есть второе кольцо или оболочка, почти под прямым углом к первому. Как это получилось, пока непонятно. Возможно, центральная звезда, температура которой 120 000 градусов, на деле двойная, и уникальная структура туманности — результат сложной игры гравитационных сил звёзд-компаньонов.



▲ Напоминающие головастиков газовые узелки в туманности Улитка похожи на кометы, но они гораздо больше — размером почти с Солнечную систему.

## Паспорт

Имя: Туманность Улитка  
(NGC 7293)

Созвездие: Водолей

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
22ч 29м 39с

Склонение:  $-20^{\circ} 50,2'$

Карта звездного неба: 8

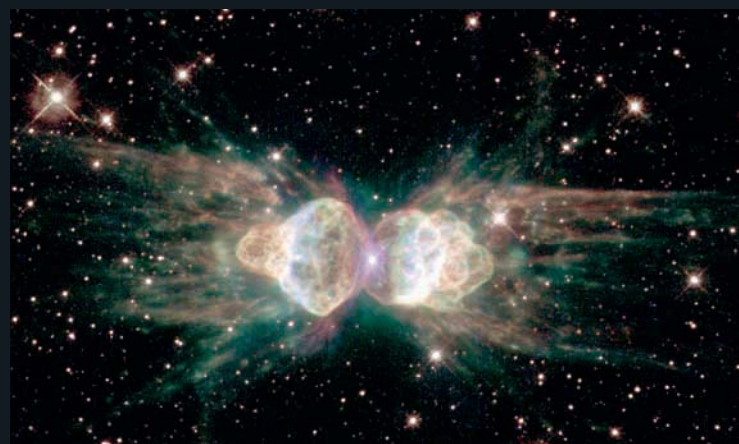
Расстояние: 700 световых  
лет

Диаметр: 2,5 светового  
года

Возраст: 11 000 лет

## ПЛАНЕТАРНЫЕ ТУМАННОСТИ

НА ЭТИХ ДВУХ СТРАНИЦАХ показаны планетарные туманности со всем буйством их красок и невероятным разнообразием симметричных кольцевых форм. Это одни из самых красивых объектов Вселенной. При этом они всегда ассоциируются со смертью солнцеподобных звезд и каждая из них остаётся видимой не более 20 тысяч лет — самый короткий космический реквием.



▲ Туманность Муравей (Mz 3) в созвездии Наугольника.

▲ Спиральная Планетарная туманность (NGC 5189) в созвездии Мухи.

▼ Изображение туманности Южное Кольцо (NGC 3132), полученное космическим телескопом «Джеймс Уэбб».



▲ «Прямоугольная» планетарная туманность (IC 4406) в созвездии Волка.



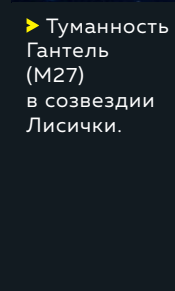
▲ Туманность Маленький Призрак (NGC 6369) в созвездии Змееносца.



▲ NGC 6362 — разноцветная планетарная туманность в созвездии Жертвенника.



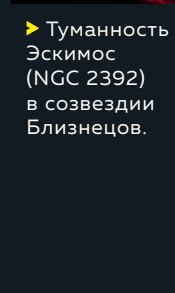
◀ Туманность Бумеранг (IRAS 12419-5414) в созвездии Центавра.



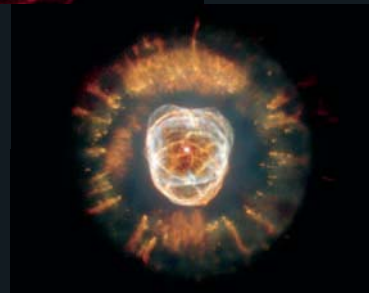
▶ Туманность Гантель (M27) в созвездии Лисички.



◀ Туманность Песочные Часы (МуСп 18) в созвездии Мухи.



▶ Туманность Эскимос (NGC 2392) в созвездии Близнецов.



◀ Туманность Бабочка (NGC 2346) в созвездии Единорога.

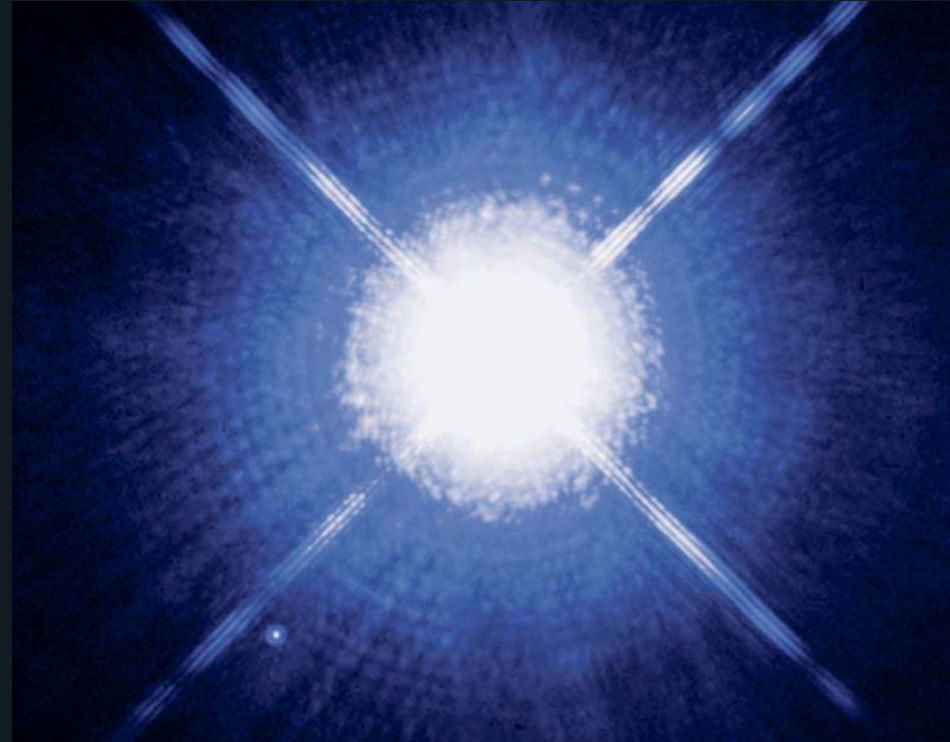
# ВЫРОЖДЕННЫЕ КАРЛИКИ

**ЧЕРЕЗ НЕСКОЛЬКО МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ**, когда Солнце израсходует весь запас водорода в своём ядре, оно начнет «распухать», превратится в красный гигант, а затем сбросит в пространство свою газовую мантию в виде планетарной туманности. После этого от Солнца останется маленькая компактная горячая звезда — белый карлик, похожий на те, что открыты в других планетарных туманностях.

Белые карлики — это сколлапсировавшие ядра солнцеподобных звезд. Такое ядро в основном состоит из атомных ядер углерода и кислорода, однако ему никогда не удастся стать достаточно горячим, чтобы в нём снова могли начаться термоядерные реакции. Тем не менее под воздействием гравитации давление внутри углеродно-кислородного ядра достигает огромных значений. В результате атомы разрушаются: составляющие их ядра и электроны соединяются. Такое «вырожденное» вещество обладает невероятной плотностью, достигающей до нескольких сотен тонн на кубический сантиметр.

Хотя у молодых белых карликов температура поверхности достигает десятков тысяч градусов, они маленькие (ненамного больше Земли) и поэтому тусклые (Солнце ярче их в тысячи раз). Они остывают десятки миллиардов лет и за это время постепенно превращаются в холодные тёмные тела: черные карлики.

Ближайший к нам белый карлик — открытый в 1862 году Сириус В, образующий двойную систему с яркой зимней звездой Сириус на расстоянии 8,6 светового года от нас. Близкие к Солнцу Прокцион и Эридан 40 тоже входят в состав двойных систем с белыми карликами. Однако в Млечном Пути есть и миллионы одиночных белых карликов. Ближайший из них, всего в 14 световых годах от нас, был открыт в 1917 году голландско-американским астрономом Адрианом ван Мааненом.



▲ На этом снимке, полученном Космическим телескопом Хаббла, белый карлик Сириус В виден левее и ниже яркого Сириуса А.



◀ В центре планетарной туманности NGC 2440 в созвездии Кормы — очень горячий белый карлик.

► Белые карлики бывают тяжелее Солнца, оставаясь при этом размером с Землю.



# ГРОМКО ХЛОПНУВ ДВЕРЬЮ

**ЗВЕЗДЫ С МАССАМИ** гораздо больше солнечной завершают свою относительно короткую жизнь катастрофическим фейерверком — грандиозным взрывом сверхновой. После того, как из водорода образуется гелий, а из гелия — углерод и кислород, при очень высокой температуре внутри звезды происходят другие термоядерные реакции, в результате которых образуются атомы неона, кремния, магния и т.п. В ходе всех этих реакций высвобождается энергия, которой достаточно, чтобы сопротивляться сжимающему действию тяготения.

Реакции синтеза прекращаются, когда дело доходит до образования устойчивых ядер железа. После этого происходит коллапс — звезда обрушивается внутрь себя под собственным весом. При этом выделяется такая огромная энергия, что вещество звезды с огромной скоростью разлетается во все стороны. Этот колоссальный взрыв виден невооруженным глазом за сотни тысяч световых лет. На небе сверхновая выглядит как внезапно загоревшаяся яркая новая звезда.

Менее массивные звёзды тоже могут взрываться как сверхновые: например, если белый карлик входит в двойную систему, он может перетянуть на себя часть вещества своего компаньона. Если после этого его масса на 40% превысит массу Солнца, то он тоже коллапсирует и взорвется как сверхновая. Тот же процесс происходит, когда два белых карлика вращаются вокруг друг друга, постепенно сближаются и в конце концов сталкиваются\*).

Каждую секунду где-то во Вселенной вспыхивает сверхновая. В Млечном Пути такие вспышки происходят несколько раз за столетие, однако большую часть из них мы не видим за тёмными пылевыми облаками.

\* По современным представлениям, в описываемом автором случае механизм взрыва сверхновой будет другим: гравитационного коллапса в белых карликах, достигших предела Чандрасекара (около 1,4 массы Солнца), не происходит, но в вырожденном веществе звезды начинается цепная ядерная реакция, которая тоже ведёт к колоссальному взрыву (так называемая сверхновая типа Ia). — Прим. научного редактора.

▲ Сделанный космическим телескопом «Джеймс Уэбб» снимок массивной звезды WR 124, которая находится на грани взрыва в виде сверхновой.

▶ Сверхновая 1994D в галактике NGC 4526 почти такая же яркая, как ядро этой галактики.



## Паспорт

Имя: Сверхновая 1987А  
Созвездие: Золотая Рыба  
Положение на небе:  
Прямое восхождение: 05ч 35м 28с  
Склонение:  $-69^{\circ} 16,2'$   
Карта звездного неба: 14  
Расстояние: 168 000 световых лет  
Масса: 20 масс Солнца  
Дата взрыва: 24 февраля 1987 г.  
Скорость разлета вещества: 7000 км/сек  
Пиковая яркость: 2,9 зв. вел.

▲ Яркие кольца на этой трехмерной модели Сверхновой 1987А вызваны взаимодействием выброшенного вещества с окружающим межзвездным газом.

▼ Космический телескоп Хаббла сделал самые детальные на сегодняшний день снимки таинственных колец сверхновой.

▼ Сверхновая 1987А — самая яркая звезда на этом удивительно красивом снимке Большого Магелланова Облака (слева сверху — туманность Тарантул).

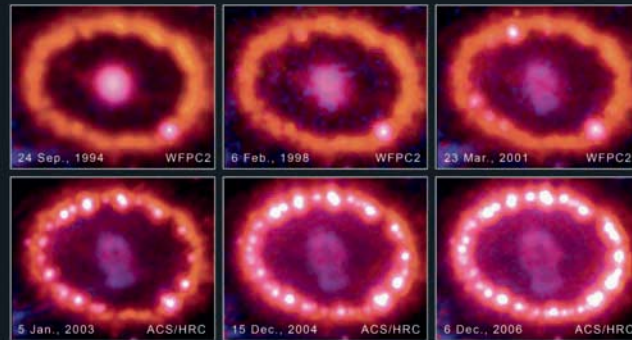
# НЕДАВНЕЕ НАСИЛИЕ

**24 ФЕВРАЛЯ 1987 ГОДА** астроном Ян Шелтон во время наблюдений в обсерватории Лас Кампанас в Чили заметил в небе новую звезду. Он сообщил о своем открытии коллегам, и вскоре стало ясно, что это сверхновая, вспыхнувшая не в Млечном Пути, а в его спутнике — Большом Магеллановом Облаке, карликовой галактике на расстоянии 168 000 световых лет.

Сверхновая 1987А стала наиболее подробно изученным звездным взрывом в истории астрономии. За её поведением многие месяцы наблюдали наземные и космические телескопы. Звезду Sanduleak-69 202, которая готовилась «испустить дух», нашли на архивных фото этой области неба — она оказалась не красным гигантом, а голубым сверхгигантом. Специальные детекторы, установленные в подземных лабораториях, зарегистрировали пришедшие от сверхновой нейтрино (призрачные элементарные частицы очень малой массы, лишённые электрического заряда), которые родились непосредственно в процессе коллапса ядра звезды.

Через несколько месяцев вокруг взорванной звезды стали видны кольца светящегося газа. Этот газ был выброшен в пространство на более ранних этапах эволюции звезды и теперь нагрелся за счет энергии сверхновой. Спустя четырнадцать лет после взрыва газ, выброшенный этим взрывом, догнал сброшенные когда-то газовые оболочки, столкнулся с ними и разогрел их настолько, что они стали генерировать рентгеновское излучение. Никакого компактного остатка у этой сверхновой — нейтронной звезды или черной дыры — обнаружено не было.

▼ За два десятилетия после взрыва в газовом кольце вокруг Сверхновой 1987А появилось много ярких пятен.



## Паспорт

Имя: Сверхновая Тихо

Созвездие: Кассиопея

Положение на небе:

Прямое восхождение:

00ч 25м 18с

Склонение: +64° 09,0'

Карта звездного неба: 1

Расстояние: 9000

световых лет

Дата взрыва: ноябрь

1572 г.

Пиковая яркость: -4

зв. вел.

Тип сверхновой: Ia

Диаметр остатка: 24

световых года

# ШЕКСПИРОВСКАЯ СВЕРХНОВАЯ?

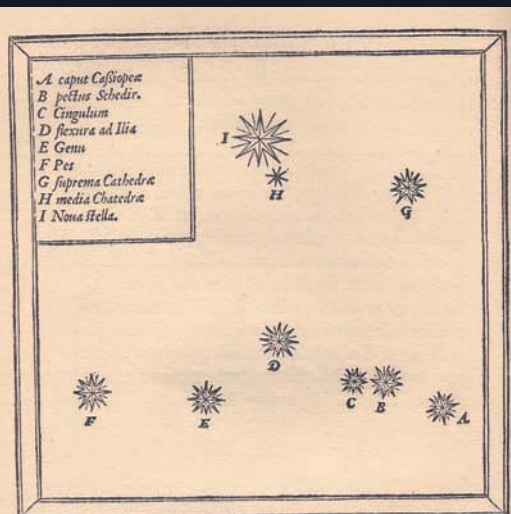
**В ПЕРВОЙ СЦЕНЕ** шекспировского «Гамлета», написанного около 1600 года, часовые Бернардо и Франциско говорят о яркой «звезде, что западней Полярной». Согласно исследованиям ученых из университета Юго-Западного Техаса (США), речь в пьесе Шекспира идет о яркой сверхновой, которая наблюдалась по всей Европе в начале ноября 1572 года как «новая звезда» в созвездии Кассиопея. Она была ярче планеты Венера и много месяцев оставалась видна невооруженным глазом. Датский астроном Тихо Браге описал ее в своем трактате в 1573 году, и с тех пор она называется Сверхновой Тихо.

При взрыве сверхновой звездный газ был выброшен в пространство со скоростью почти 10 000 километров в секунду. При этом из газа образовалась расширяющаяся оболочка — остаток сверхновой, который удалось обнаружить только в 1952 году с помощью радиотелескопа, а в 1960 году были получены его первые фотографии. С тех пор космические инфракрасные и рентгеновские телескопы много раз фотографировали этот остаток сверхновой во всех деталях.

Остаток Сверхновой Тихо находится на расстоянии примерно 9000 световых лет, его диаметр — около 24 световых лет. Астрономы выяснили, что взорвалась не массивная гигантская звезда, а белый карлик, масса которого после аккреции на его поверхность вещества звезды-компаньона превысила критическое значение. Позже был найден и сам этот компаньон — после пережитого им взрыва соседа он несется в пространстве со скоростью 136 километров в секунду.

▲ Красная газовая оболочка в верхнем левом углу этого инфракрасного снимка, полученного космическим телескопом WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) — расширяющийся остаток Сверхновой Тихо.

▼ Датский астроном Тихо Браге сообщил о появлении Nova Stella (на рисунке отмечена буквой I) в созвездии Кассиопея.



*Distāntiam verò huius stelle à fixis aliquibus  
in hac Cassiopeiae constellatione, exquisito instrumento,  
& omnium minorum capaci, aliquoties observavi. In-  
veni autem eam distare ab ea, quæ est in pectore, Schedir  
appellata B, 7. partibus & 55. minutis: à superiori  
verò*

# ФАНТАЗИИ КЕПЛЕРА

**В ОКТЯБРЕ 1604 ГОДА**, через 32 года после того, как его учитель Тихо Браге увидел, как в Кассиопее зажглась «новая звезда», королевский астроном при дворе императора Рудольфа II Иоганн Кеплер стал свидетелем другого взрыва сверхновой — в созвездии Змееносца. Целый год он наблюдал за угасающей «звездой-гостьей», а через два года после вспышки опубликовал о ней книгу.

Представления о космосе у Кеплера были мистические. Он был уверен, что взрыв сверхновой вызван или во всяком случае связан с произошедшим за год до этого уникальным соединением гигантских планет Юпитера и Сатурна, которые тогда находились примерно в одной части звездного неба.

По расчетам Кеплера, такое же соединение Юпитера и Сатурна наблюдалось в 7 году до н.э. и если, как рассуждал Кеплер, оно тоже вызвало появление сверхновой, значит, это и была «Вифлеем-

ская звезда», которая упоминается в Евангелии от Матфея и которой ознаменовалось рождение Христа.

Теперь мы знаем, что между соединениями планет и сверхновыми нет никакой связи. Как и Сверхновая Тихо 1572 года, сверхновая, которую Кеплер увидел в 1604 году, была термоядерным взрывом белого карлика на расстоянии около 20 000 световых лет от Земли.

Измерения, выполненные в рентгеновском диапазоне космическим телескопом NASA «Чандра», выявили асимметричность расширяющейся газовой оболочки сверхновой: с одной её стороны атомов железа больше, чем с другой. Вероятно, это объясняется присутствием вблизи взорвавшейся звезды её звезды-компаньона. Именно массообмен со звездой-компаньоном и привел в конечном счёте к катастрофическому взрыву белого карлика.

## Паспорт

Имя: Сверхновая Кеплера

Созвездие: Змееносец

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
17ч 30м 42с

Склонение:  $-21^{\circ} 29,0'$

Карта звездного неба: 12

Расстояние: 20 000  
световых лет

Дата взрыва: октябрь  
1604 г.

Пиковая яркость:  $-2,5$   
зв. вел.

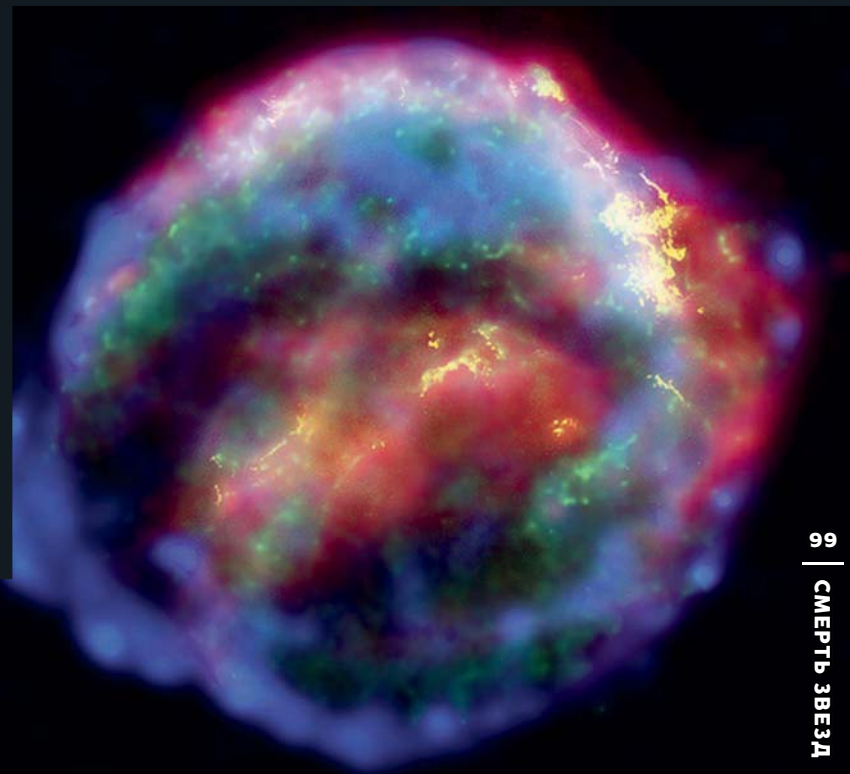
Тип сверхновой: Ia

Диаметр остатка: 25  
световых лет

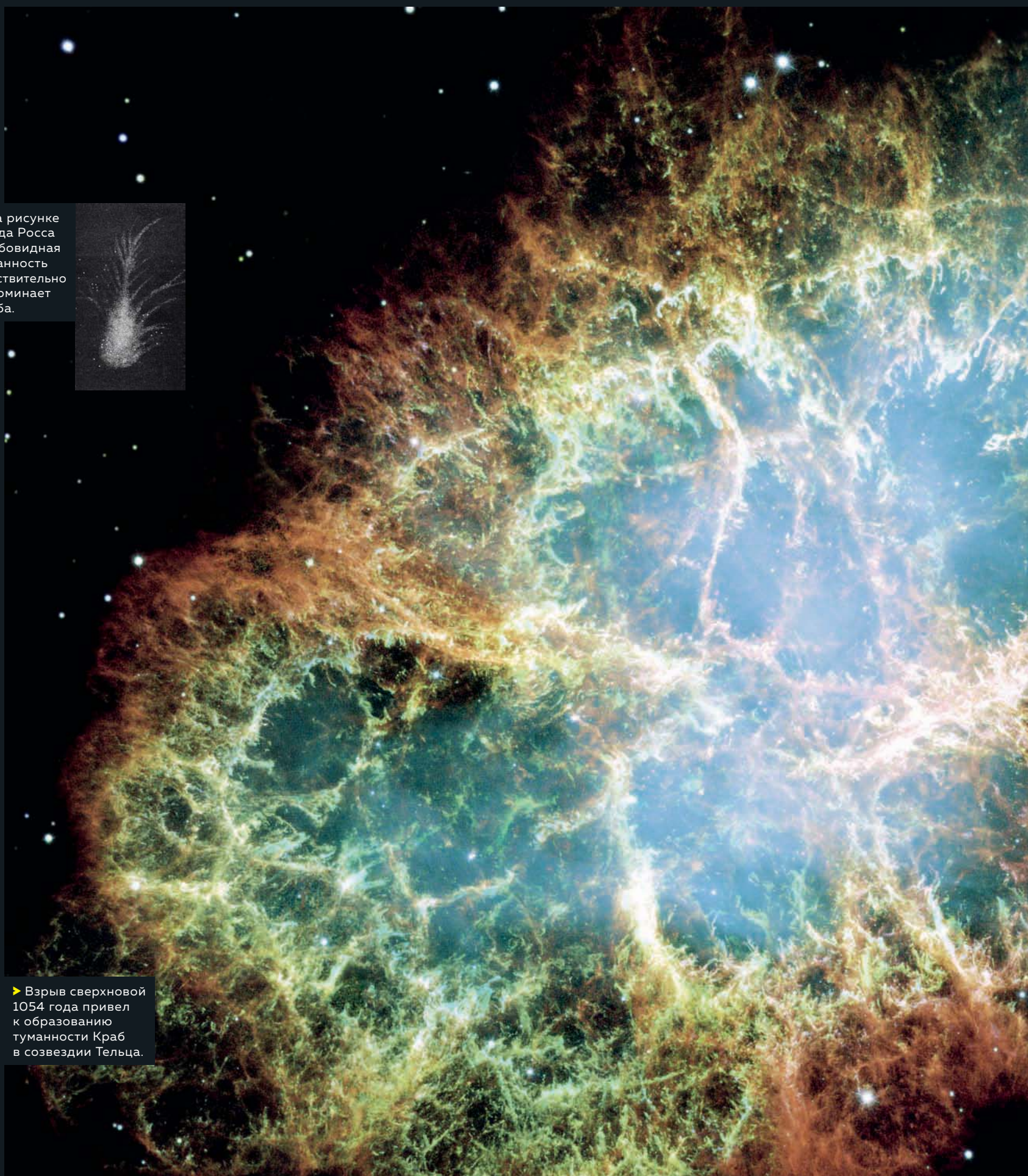


▲ На этой звездной карте XVII века Сверхновая Кеплера обозначена буквой N.

► Составной снимок остатка Сверхновой Кеплера в разных спектральных диапазонах, включая рентгеновские лучи и радиоволны.



► На рисунке лорда Росса Крабовидная туманность действительно напоминает краба.



► Взрыв сверхновой 1054 года привел к образованию туманности Краб в созвездии Тельца.

# КАТАСТРОФА XI ВЕКА

**ВЗРЫВ СВЕРХНОВОЙ** — по меньшей мере такое же, если не более впечатляющее явление природы, как появление яркой кометы или полное солнечное затмение. Все эти необычные небесные события ещё много веков тому назад фиксировались астрономами и астрологами в Египте, Китае и Вавилоне. Например, в китайских хрониках эпохи династии Сун упоминается яркая «звезда-гостья», появившаяся в созвездии Тельца в июле 1054 года, причем несколько недель она была видна даже днем.

Сверхновая 1054 года стала первой, остаток которой был идентифицирован. Ещё в 1731 году английский астроном Джон Бевис открыл маленькую слабую туманность в созвездии Тельца. Эта туманность, позднее названная туманностью Краб или Крабовидной из-за своей формы, удалена от Земли на 6500 световых лет; ее диаметр около 12 световых лет.

В начале XX века астрономы обнаружили, что Крабовидная туман-

ность расширяется со скоростью 1500 километров в секунду. Это позволило рассчитать, что событие, с которого началось расширение туманности, произошло в середине XI столетия — примерно тогда же, когда в Китае наблюдали «звезду-гостью». Астрономы Николас Мейолл и Ян Хендрик Оорт вместе с синологом Яном Дёйвендаком окончательно установили, что Краб — расширяющаяся газовая оболочка, оставшаяся от взрыва сверхновой в 1054 году.

Итак, китайские летописцы стали свидетелями космической катастрофы — взрыва массивной гигантской звезды. Её бранные останки были обнаружены в 1968 году в виде крохотной сверхкомпактной нейтронной звезды, которая делает вокруг своей оси более 30 оборотов в секунду и испускает короткие импульсы в видимом свете, в радиодиапазоне и рентгеновских лучах. Именно высокоэнергетическое излучение пульсара и заставляет светиться газ Крабовидной туманности.

► На рентгеновском изображении, полученном с космическим телескопом NASA «Чандра», голубым цветом выделена горячая «туманность пульсарного ветра».

## Паспорт

Имя: Крабовидная туманность (M1)

Созвездие: Телец

Положение на небе:

Прямое восхождение: 05ч 34м 32с

Склонение: +22° 00,9'

Карта звездного неба: 3

Расстояние: 6500 световых лет

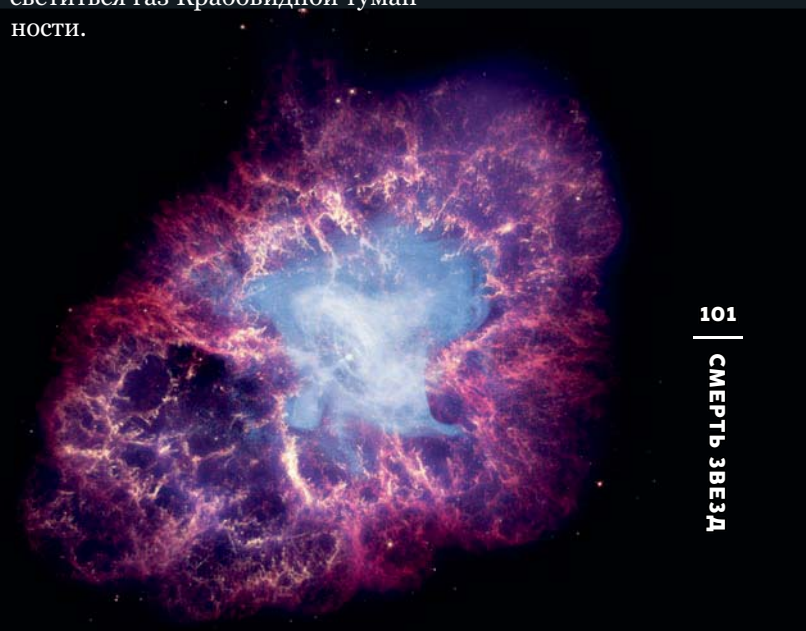
Дата взрыва: июль 1054 г.

Пиковая яркость: -6 зв. вел.

Тип сверхновой: II

Диаметр остатка: 12 световых лет

Период вращения пульсара: 0,0335 секунды



# ПОИСК СВИДЕТЕЛЕЙ

**ДАЛЕКО НЕ КАЖДЫЙ** взрыв сверхновой в Млечном Пути отражается на небе великолепным спектаклем. Более 300 лет назад массивная звезда, вероятно, взорвалась в созвездии Кассиопеи, но этого никто не заметил. Скорее всего, свет этой вспышки не смог пройти через толстые пылевые облака, а может просто вспышка оказалась необычно слабой в видимых лучах.

Позже, однако, остаток сверхновой XVII века удалось обнаружить: в 1947 году был найден мощный радиоточечник Кассиопея А, а в 1950-м оказалось, что это очень слабая, похожая на раковину туманность. Эта газовая оболочка поперечником около 10 световых лет удалена от Земли примерно на 11 000 световых лет и расширяется со скоростью около 5000 километров в секунду.

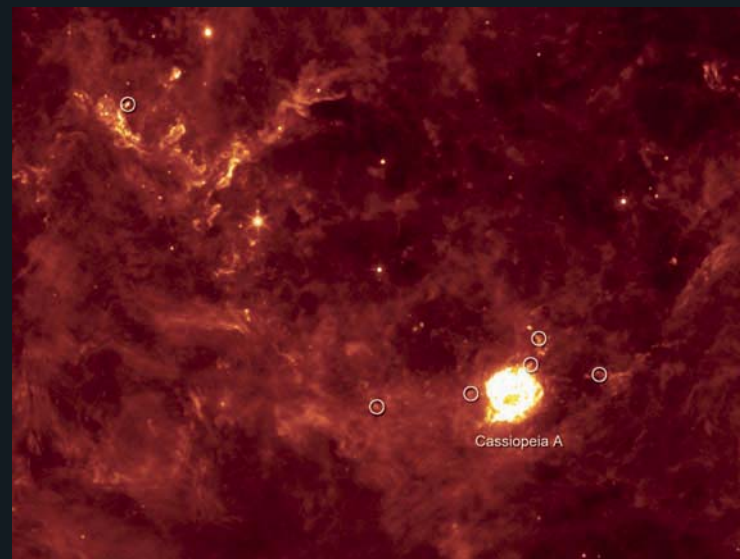
Позже Кассиопея А была подробно исследована космическими телескопами «Хаббл» (в видимом свете), «Спитцер» (в инфракрасных лучах) и «Чандра» (в рент-

геновском диапазоне). Цвета расширяющегося остатка сверхновой говорят о составе газа: зеленый свидетельствует о присутствии кислорода, красный — серы, а голубой — водорода и азота.

Данные инфракрасного телескопа «Спитцер» к тому же показывают, что нейтронная звезда, оставшаяся после взрыва, до сих пор весьма активна. В середине прошлого столетия на ней произошла мощная вспышка излучения, которое разогрело окружающие пылевые облака.

Неужели никто так и не увидел этого взрыва звезды? Возможно, кому-то всё же повезло? В августе 1680 года английский астроном Джон Флемстид наблюдал звезду, названную им 3 Кассиопеи. Больше эту звезду никто и никогда не упоминает. Кто знает, может, это и была сверхновая, быстро пропавшая из виду из-за сильного поглощения.

► Звезды Кассиопея 3, которую Джон Флемстид внес в свой каталог, нет ни на одной карте звездного неба. Возможно, это и была сверхновая, породившая туманность Кассиопея А.



▲ Горячие точки (отмечены кружками) на этом инфракрасном снимке, полученном космическим телескопом «Спитцер», были нагреты вспышкой, возникшей в ядре Кассиопеи А.

## Паспорт

Имя: Кассиопея А

Созвездие: Кассиопея

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
23ч 23м 26с

Склонение: +5° 48,0'

Карта звездного неба: 2

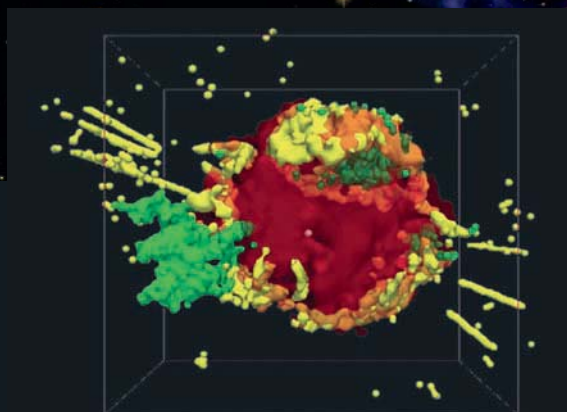
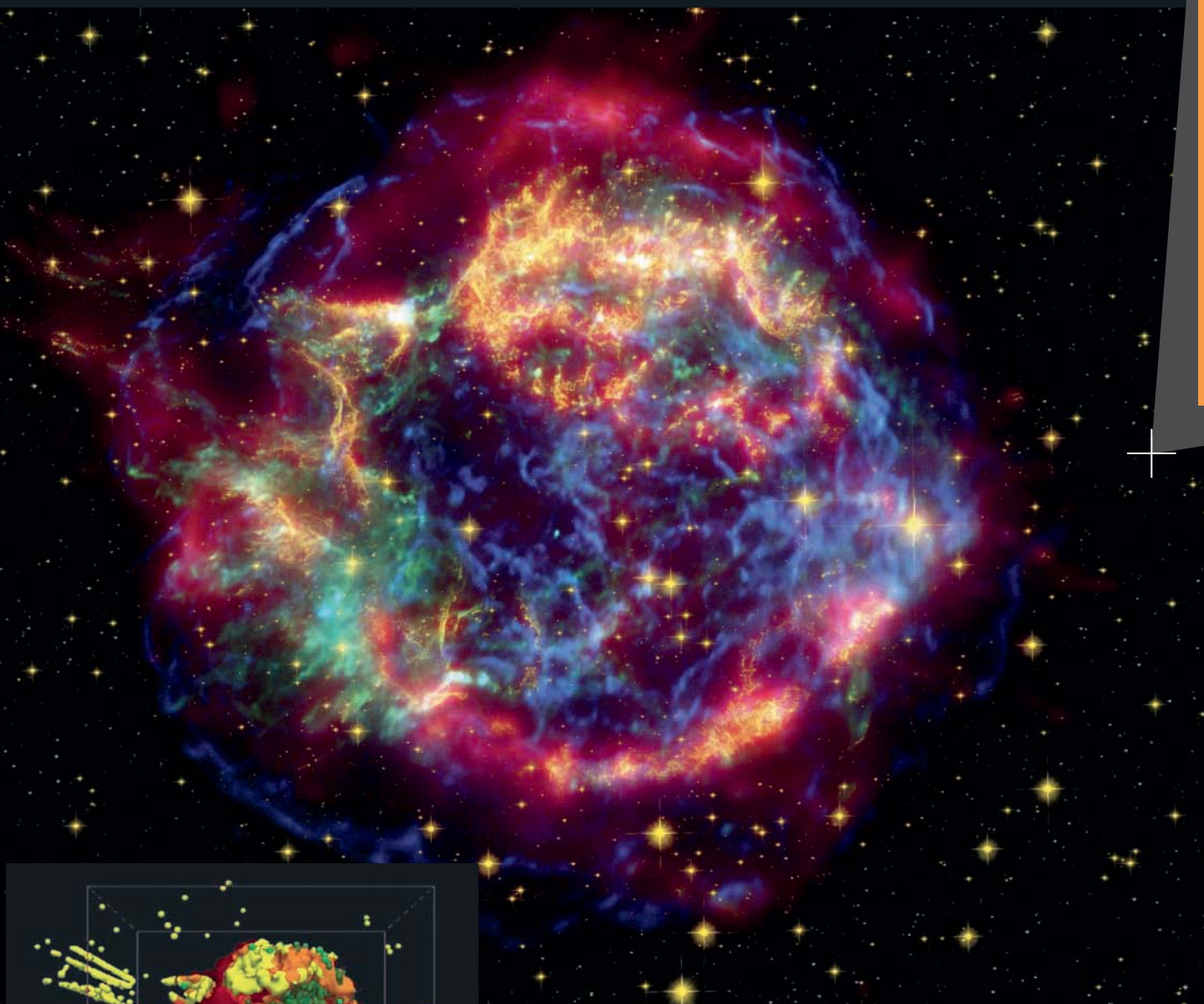
Расстояние: 11 000  
световых лет

Дата взрыва: 1680 г. (?)

Пиковая яркость: 6  
зв. вел. (?)

Тип сверхновой: IIb

Диаметр остатка: 10  
световых лет



◀ На этой трехмерной компьютерной модели видны выбросы кремния и железа (соответственно, желтый и зеленый цвет) из сверхновой, остатком которой является Кассиопея А.

▲ На этом изображении остатка сверхновой Кассиопея А условными цветами обозначены данные, полученные в оптическом, инфракрасном и рентгеновском диапазонах длин волн.

# ГИПЕРВЗРЫВЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ

**ПРИ ВЗРЫВАХ НЕКОТОРЫХ** сверхновых излучается столько же света, сколько испускает вся их галактика. Но всё же и это не предел. При гамма-всплесках за секунду может выделяться столько энергии, сколько Солнце излучает за десять миллиардов лет. Эти самые мощные космические взрывы — «предсмертные крики» очень массивных, быстровращающихся звезд, перед тем как они коллапсируют и превратятся в черные дыры.

Как следует из самого названия, при гамма-всплесках основная часть энергии излучается в гамма-диапазоне. К счастью для нас, земная атмосфера гамма-лучей не пропускает. Эти таинственные всплески энергии были открыты только в 1967 году, когда американские военные спутники «Паруса» (Vela) пытались зарегистрировать гамма-излучение, возникающее при ядерных испытаниях в СССР.

В 1997 году голландские астрономы Титус Галама и Пауль Гроот первыми определили расстояние до гамма-всплеска. Оказалось, что они происходят в очень далёких галактиках — а из этого сразу вытекало, что при гамма-всплеске выделяется огромная энергия.

Кроме обычных («длинных») гамма-всплесков длительностью от нескольких секунд до минут бывают и короткие — они длятся не больше десятой доли секунды. Вероятно, короткие всплески возникают, когда сталкиваются, а затем сливаются с образованием черной дыры две нейтронных звезды. Оба типа вспышек могут сопровождаться послесвечением, которое в течение нескольких недель можно наблюдать в наземные и космические телескопы.

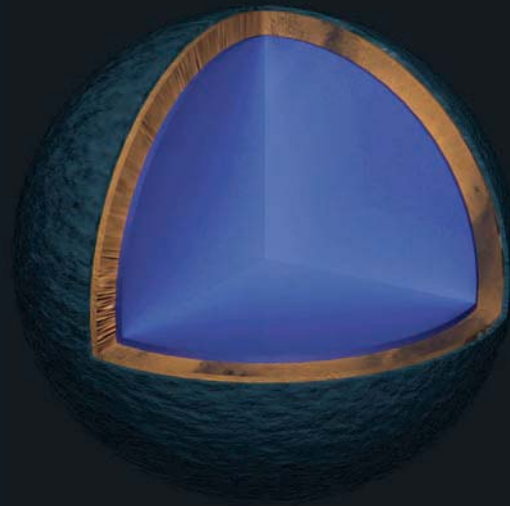
Астрономы не знают точно, почему происходят эти гамма-всплески. Однако известно, что если бы такой всплеск произошёл в окрестности Солнца, жизнь на нашей планете была бы уничтожена в мгновение ока.

▼ Детонация массивной звезды вызывает распространяющиеся в пространстве мощные потоки частиц и излучения — джеты, и ударные волны.

► Гамма-всплески — самые мощные взрывы во Вселенной.



# НЕЙТРОННЫЙ ШАР



▲ Нейтронная звезда состоит из сверхплотного жидкого ядра, покрытого твердой корой километровой толщины.

**БОЛЬШИНСТВО ЗВЕЗД** в конце жизни превращается в компактные белые карлики. Однако, когда самые массивные звезды Вселенной заканчивают своё существование взрывами сверхновых, на их месте остаются куда более экстремальные объекты. Если ядро звезды тяжелее Солнца более чем на 40%, давление вырожденного звездного газа уже не способно справиться с гравитацией. Вещество стискивается с такой силой, что электроны вдавливаются в атомные ядра — и образуется сверхкомпактная нейтронная звезда.

Американские астрономы Фриц Цвикки и Вальтер Бааде предсказали существование нейтронных звезд еще в 1934 году, но первый такой объект был открыт только в 1960-х. С тех пор идентифицировано более двух тысяч нейтронных звезд — большинство из них видны как пульсары (быстро мигающие «радиозвезды»). Об их структуре и составе пока известно немного.

Нейтронные звезды — одни из самых необычных объектов во Вселенной. Они массивнее Солнца, но их материя плотно сжата в шар диаметром не более 30 километров. Поэтому плотность нейтронной звезды невероятно огромна: чайная ложка вещества, из которого состоит нейтронная звезда, может весить больше пяти миллиардов тонн. Сила тяжести на поверхности нейтронной звезды в несколько сотен раз больше, чем на Земле.

При коллапсе звезды и превращении её ядра в нейтронную звезду скорость осевого вращения ядра резко возрастает. Вследствие этого нейтронные звезды вращаются с частотой от десятков до сотен оборотов в секунду. Их температура достигает до миллиона градусов, поэтому их излучение в основном рентгеновское.



▲ Составное изображение изолированной нейтронной звезды — рентгеновского источника RX J185635–3745, полученное Космическим телескопом Хаббла.

# СВЕРХСИЛЬНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ МАГНИТЫ

**5 МАРТА 1979 ГОДА** Солнечную систему пронзил поток излучения от сверхмощного гамма-всплеска. Несколько спутников и космических зондов зарегистрировали поразивший его космический взрыв; выполнив триангуляцию, астрономы смогли определить, что он произошел в остатке сверхновой в Большом Магеллановом Облаке. Позже наблюдалось еще несколько подобных исключительно сильных гамма-всплесков. Один из них, случившийся 27 декабря 2004 года, даже оказал заметное влияние на атмосферу Земли, несмотря на то, что произошёл на расстоянии в 50 000 световых лет. Астрономы считают, что эти взрывы происходят на магнетарах — нейтронных звездах с магнитными полями огромной силы.

При коллапсе ядра массивной звезды скорость вращения и сила магнитного поля возрастают тысячекратно. В результате магнитодинамических процессов у новорожденной нейтронной звезды магнитное поле достигает 100 миллиардов тесла — более чем в квадриллион раз сильнее магнитного поля Земли. Атомы в таких магнитных полях вытягиваются и становятся похожими на иголки. Даже на расстоянии 100 000 километров космический сверхмагнит мог бы полностью стереть информацию с вашей кредитной карты, а если бы вы приблизились к нему на 1000 километров, шансов выжить бы у вас не осталось.

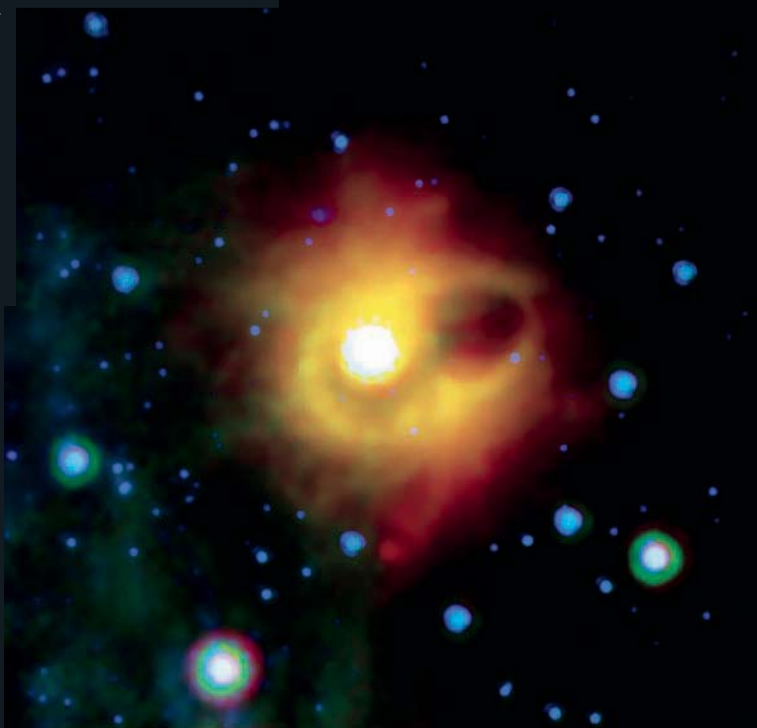
Своим высокоэнергетическим излучением магнетары обязаны в основном вырождению магнитного поля. Сотрясения поверхности нейтронной звезды ведут к случайным взрывам, как это было 5 марта 1979 года. Магнетары также могут быть причиной таинственных быстрых радиовсплесков (FRB), регистрируемых с 2007 года. Магнитное трение замедляет вращение магнетаров: в среднем они делают полный оборот «только» за 10 секунд. Примерно через 10 000 лет после рождения магнетара его магнитное поле практически исчезает, и сейчас, по оценкам ученых, в Млечном Пути есть много миллионов таких «размагниченных» магнетаров.



▲ Магнитное поле магнетара может быть более чем в квадриллион раз сильнее магнитного поля Земли.

▲ Пульсары испускают узкие пучки излучения в двух противоположных направлениях вдоль своей магнитной оси.

► Инфракрасные наблюдения показали, что магнетар SGR 1900+14 окружён пылевым кольцом.



# САМЫЕ ТОЧНЫЕ ЧАСЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ

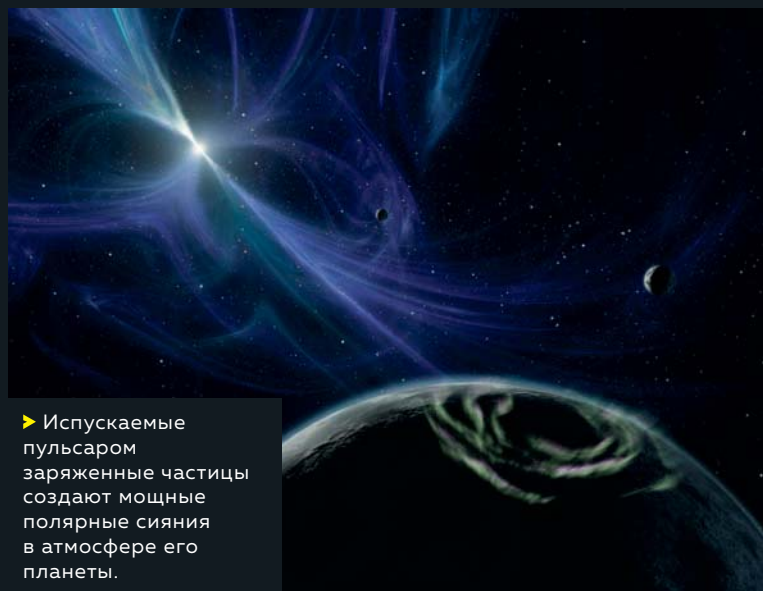
**КОГДА В НОЯБРЕ 1967 ГОДА** Джоселин Белл и Энтони Хьюиш обнаружили приходящие из Вселенной с периодичностью 1,33 секунды короткие импульсы радиоизлучения, они сначала решили, что это сигналы внеземной цивилизации. Таинственные космические радиоимпульсы даже получили кодовое обозначение LGM-1 (LGM расшифровывается как *little green men* — зеленые человечки). Однако вскоре оказалось, что источник этих импульсов — быстро вращающаяся нейтронная звезда. Через год для таких звезд придумали название «пульсар» (от английского *pulsating star* — пульсирующая звезда).

У нейтронных звезд сильное магнитное поле, и они быстро вращаются вокруг своей оси. Вращающиеся магнитные поля вырабатывают электрический ток, и электрически заряженные частицы движутся по спирали вдоль линий магнитного поля. В результате нейтронная звезда выбрасывает в космос потоки высокоэнергетических частиц и электромагнитного излучения, ориентированные вдоль ее магнитной оси.

У нейтронных звезд, как и у Земли, магнитные полюса обычно не совпадают с полюсами вращения. Поэтому, когда звезда вращается вокруг оси, испускаемые ею вдоль магнитной оси лучи перемещаются в пространстве, как лучи маяка. И если на пути такого луча окажется Земля, то на каждом повороте «маяка» мы увидим короткий импульс. Выходит, чтобы увидеть нейтронную звезду как пульсар, ее надо наблюдать с правильной перспективы.

Кроме радиопульсаров, есть рентгеновские и гамма-пульсары; некоторые пульсары «мигают» и в видимом свете. Нейтронная звезда в двойной системе иногда раскручивается до огромной скорости потоком вещества от звезды-компаньона. Так она становится миллисекундным пульсаром, который каждую секунду делает сотни оборотов вокруг своей оси. Миллисекундные пульсары вращаются с невероятной регулярностью: по ним можно определять время точнее, чем по атомным часам.

► На этом снимке, сделанном рентгеновской обсерваторией NASA «Чандра», видна структура высокоэнергетического излучения пульсара в центре Крабовидной туманности.



► Испускаемые пульсаром заряженные частицы создают мощные полярные сияния в атмосфере его планеты.

У нейтронных звезд, как и у Земли, магнитные полюса обычно не совпадают с полюсами вращения. Поэтому, когда звезда вращается вокруг оси, испускаемые ею вдоль магнитной оси лучи перемещаются в пространстве, как лучи маяка. И если на пути такого луча окажется Земля, то на каждом повороте «маяка» мы увидим короткий импульс. Выходит, чтобы увидеть нейтронную звезду как пульсар, ее надо наблюдать с правильной перспективы.

Кроме радиопульсаров, есть рентгеновские и гамма-пульсары; некоторые пульсары «мигают» и в видимом свете. Нейтронная звезда в двойной системе иногда раскручивается до огромной скорости потоком вещества от звезды-компаньона. Так она становится миллисекундным пульсаром, который каждую секунду делает сотни оборотов вокруг своей оси. Миллисекундные пульсары вращаются с невероятной регулярностью: по ним можно определять время точнее, чем по атомным часам.

▼ Аспирантка Джоселин Белл в 1967 году открыла первый пульсар с помощью простой дипольной антенны.



# ПУЛЬСАРЫ ЭЙНШТЕЙНА

**САМЫЙ ИЗВЕСТНЫЙ ПУЛЬСАР** — это PSR 1913+16. В 1993 году он получил Нобелевскую премию по физике. Разумеется, на самом деле премию получили Джозеф Тейлор и Рассел Халс, которые в 1974 году установили, что этот пульсар, вращающийся со скоростью 17 оборотов в секунду, — компонент двойной системы.

Используя 300-метровый радиотелескоп в Аре-сибо (Пуэрто-Рико), Тейлор и Халс обнаружили, что импульсы PSR 1913+16 иногда приходят на Землю через чуть более короткие промежутки времени, а иногда — через чуть более длинные, причем такой цикл повторяется каждые 7,75 часа. Ученые заключили, что у пульсара должен быть компаньон — другая нейтронная звезда. Эти два компактных объекта вращаются вокруг друг друга по эксцентрическим орбитам на среднем расстоянии в несколько миллионов километров друг от друга.

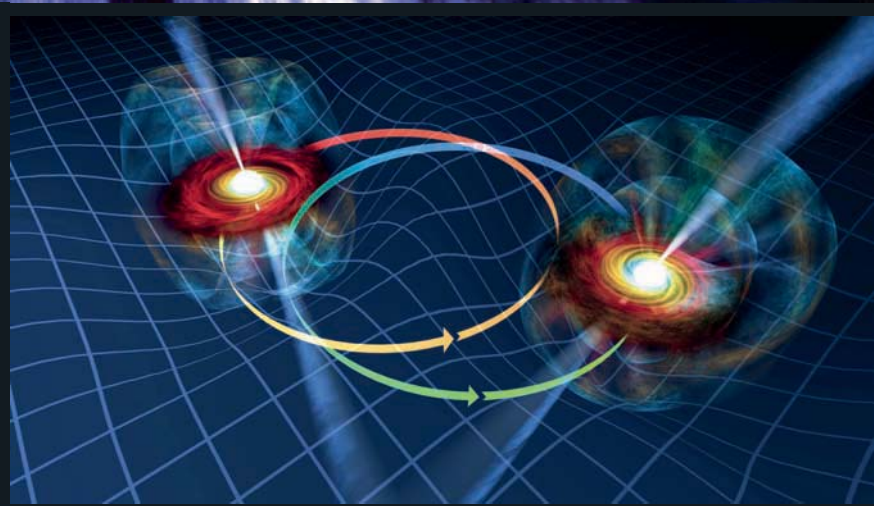
К этой необычной двойной звездной системе применима общая теория относительности Альберта Эйнштейна. Согласно этой теории, такая система должна терять энергию в виде гравитационных волн, поэтому эти две нейтронные звезды постепенно сближаются. Именно это подтвердили точные измерения двойного пульсара. Каждый год его период вращения сокращается на 76,5 микросекунд, а среднее расстояние между компонентами — на 3,5 метра. Примерно через 300 миллионов лет эти две звезды столкнутся и сольются в черную дыру.

Между тем была открыта и другая двойная нейтронная звезда, PSR J0737–3039, от обоих компонентов которой исходят радиоимпульсы. Эта система также ведет себя в точном соответствии с теорией Эйнштейна. Таким образом, необычные космические объекты позволяют проверить правильность физических теорий в экстремальных условиях.

▼ Два быстро вращающихся вокруг друг друга пульсара выбрасывают в пространство струи вещества и излучения.



▶ Гравитационные волны (рябь пространства-времени, распространяющаяся со скоростью света) уносят энергию двойного пульсара. В результате два пульсара медленно сближаются.



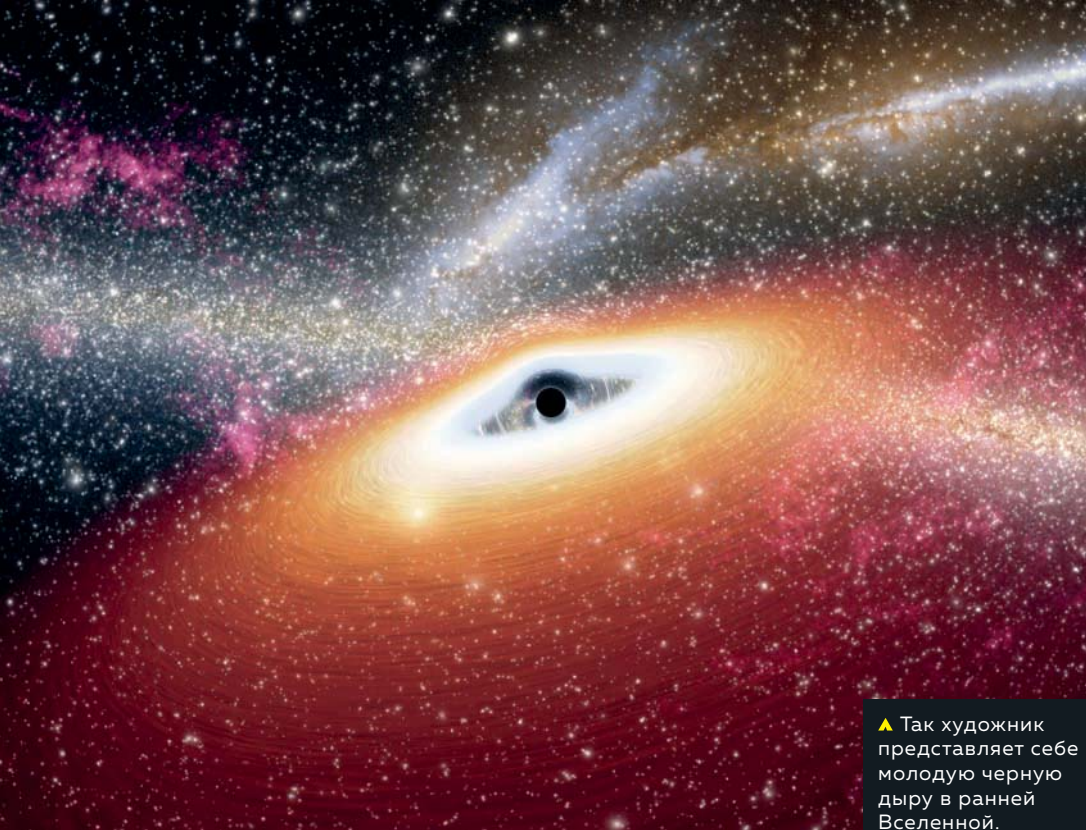
# ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ: ТЕМНИЦЫ ДЛЯ СВЕТА

**ЧЕМ МАССИВНЕЕ** и компактнее звезда, тем сильнее гравитация на ее поверхности. А что, если у звезды такая огромная масса, что для преодоления ее тяготения нужна скорость больше скорости света — 300 000 километров в секунду? Английский геолог Джон Мичелл задался этим вопросом еще в 1783 году. Он предположил, что существуют «темные звезды» с таким сильным тяготением, что даже свет не может его преодолеть.


Теория относительности Эйнштейна доказала, что «темные звезды» действительно существуют. Их называют черными дырами: черными — потому что они не излучают никакого света, а дырами — потому что они безвозвратно затягивают внутрь себя любое вещество, которое оказалось вблизи. Согласно теории относительности, ничто в природе не может двигаться быстрее, чем свет.

Если масса ядра взорвавшейся звезды примерно более чем втрое превосходит массу Солнца, то даже давление сжатых нейтронов неспособно противостоять гравитации. Нейтронная звезда продолжает коллапсировать, становясь черной дырой — областью пространства с таким сильным гравитационным полем, что ничто (включая свет) не может его преодолеть. Никто не знает, что происходит в центре черной дыры; теоретическая физика пока не может объяснить, какие процессы протекают внутри этих темниц, откуда не может вырваться даже свет.

«Звездные» черные дыры иногда можно заметить косвенно — если они входят в двойную звездную систему. Они начинают отбирать вещество звезды-компаньона; это вещество образует плоский вращающийся диск — так называемый аккреционный диск, — часть которого поглощается черной дырой. При вращении вокруг черной дыры диск разогревается до огромных температур и начинает испускать рентгеновское излучение.



▲ Так художник представляет себе молодую черную дыру в ранней Вселенной.



◀ Черная дыра звездной массы была обнаружена в галактике NGC 300.

▲ Газ из звезды на переднем плане затягивается черной дырой, составляющей с этой звездой двойную систему; прежде, чем окончательно исчезнуть, газ испускает рентгеновские лучи.





# ГАЛАКТИКА МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

**ЗЕМЛЯ — ОДНА ИЗ ВОСЬМИ ПЛАНЕТ**, вращающихся вокруг Солнца. Однако Солнце — не уникальная звезда, она вместе с несколькими сотнями миллиардов других звезд образует Млечный Путь. Можно считать Млечный Путь гигантским космическим мегаполисом с несколькими сотнями миллиардов обитателей — звезд. Некоторые из обитателей мегаполиса ведут одинокую жизнь, но по крайней мере у половины из них есть небольшая семья из одной или нескольких планет.

По своей структуре Млечный Путь тоже напоминает современный город. Молодые семьи с младенцами живут в тихих пригородах, а ближе к центру селятся в основном пожилые пары, и там редко рождаются новые звезды. Однако в центре города жизнь бьет ключом и на главной площади постоянно проходят шумные вечеринки. Здесь вы встретите много эксцентричных горожан — например, нейтронные звезды, пульсары и магнетары, — а также увидите следы более ранних взрывов насилия в виде расширяющихся остатков сверхновых. Сверхмассивные черные дыры засасывают в свое чрево газовые облака и звезды, а рядом с ними в космос выбрасываются мощные потоки частиц и излучения.

К счастью для нас, этот шумный и опасный центр удален от Земли на расстоянии около 27 000 световых лет. На деле его невозможно увидеть без специального астрономического оборудования: он скрыт темными пылевыми облаками, которые поглощают почти весь его свет, и поэтому мы обычно не видим дальше нашего спального района.

◀ Арка Млечного Пути над одним из малых телескопов Европейской южной обсерватории на горе Параналь на севере Чили.

# МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ НА НОЧНОМ НЕБЕ

**В ТЕМНУЮ БЕЗЛУННУЮ НОЧЬ** в небе заметна широкая туманная полоса молочно-белого света. Иногда эта полоса расположена под прямым углом к горизонту и проходит непосредственно над вашей головой, а в другие ночи она расположена почти горизонтально, и поэтому ее труднее заметить. Эта слабая полоса света опоясывает Землю: одна половина ее всегда выше, а другая — ниже горизонта.

Отдельные части Млечного Пути (так называется эта световая полоса) более заметны, чем другие.

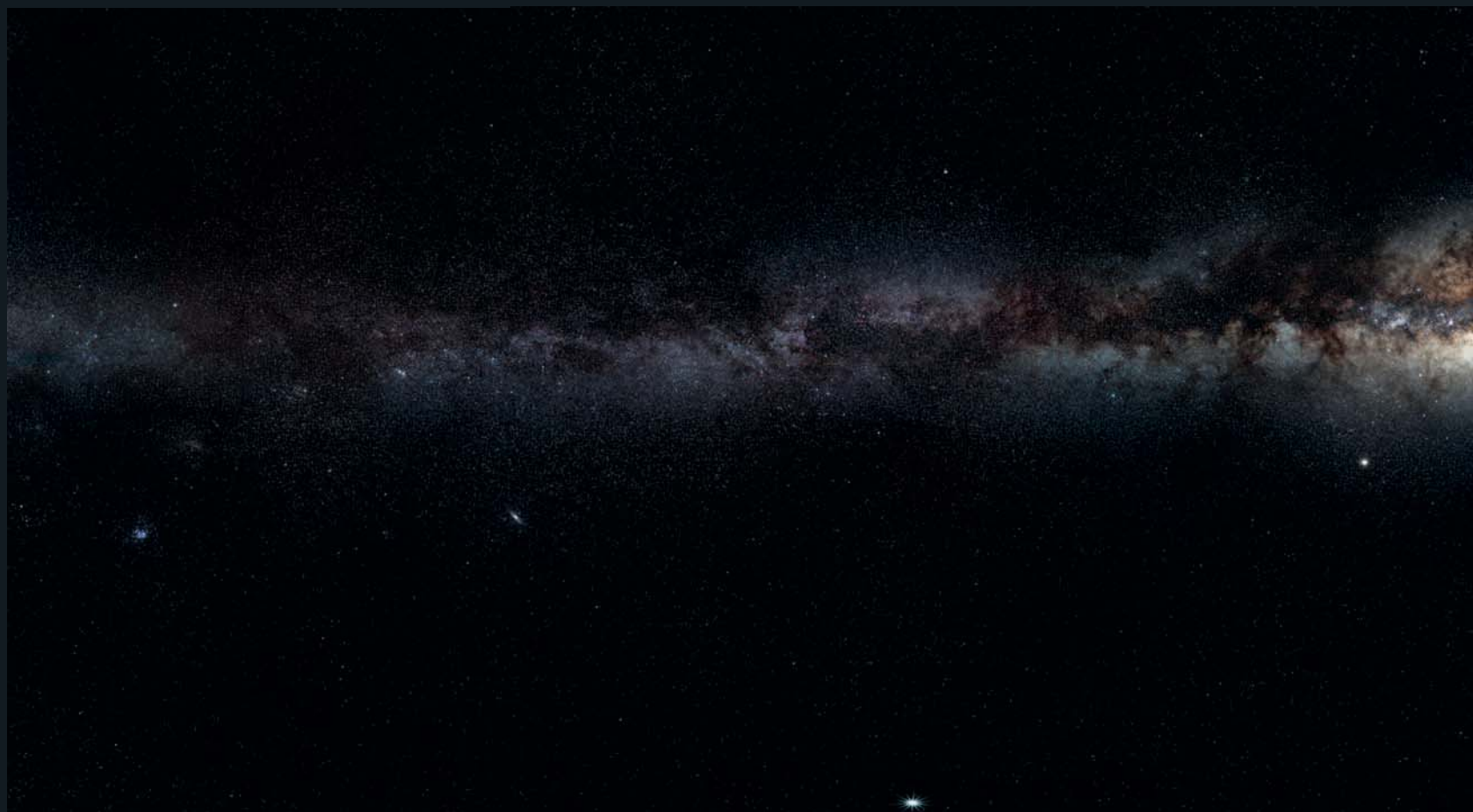
Самые яркие области лежат в направлении созвездий Стрельца, Скорпиона, Кассиопеи, Лебеда и Орла. Эти яркие облака Млечного Пути пересекаются продолговатыми темными волокнами. Индейцы Южной Америки и австралийские аборигены видели в этих «темных созвездиях» очертания животных, например жабы, змеи, ламы и эму.


В начале XVII столетия Галилео Галилей, глядя в свой самодельный телескоп, обнаружил, что туманная полоса, которую люди называют Млечным Путем, на самом деле состоит из свечения бесчисленного количества слабых звезд, слишком маленьких и слишком далеких, чтобы их можно было разглядеть невооруженным глазом. Самые яркие области Млечного Пути выглядят протяженными «звездными облаками». Позже было установлено, что темные области Млечного Пути — это вытянутые пылевые облака, которые заслоняют свет более далеких звезд.

Если у вас есть телескоп, вам никогда не наскучит наблюдать за Млечным Путем. Повсюду в нём вы найдёте звёздные скопления звезд и газовые туманности — «звёздные ясли». Но для таких наблюдений надо будет найти подходящую достаточно тёмную местность, вдали от городов, где вам не будут мешать источники яркого искусственного освещения.

▼ Эта составленная из многих фотографий мозаика дает полную картину Млечного Пути с его ярким центром и темными пылевыми облаками.

► Французский астроном-любитель Жак Винсент сделал зарисовку Млечного Пути летом 2012 года (яркая звезда в левом верхнем углу — Денеб).





◀ Любительское фото, снятое в Неваде, дает хорошее представление о том, как будет выглядеть Млечный Путь, если вы окажетесь в темной местности.

# КАРТОГРАФИЯ МЛЕЧНОГО ПУТИ

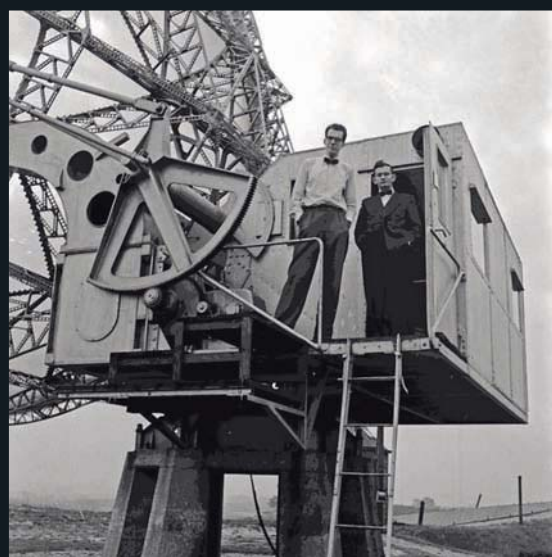
**УИЛЬЯМ ГЕРШЕЛЬ** в конце XVIII века первым понял, что Млечный Путь — это уплощенный конгломерат звезд, одна из которых — наше Солнце. На базе точных подсчетов количества звезд в различных участках неба Гершель даже сумел определить форму Млечного Пути. Позднее, в начале XX столетия, другие астрономы, включая голландца Якобуса Каптейна, произвели более точные подсчеты. Но, как мы знаем сейчас, и эти подсчеты оказались не вполне надежными — они не учитывали поглощения света межзвездными пылевыми облаками, о которых в то время ещё никто не знал.

В 1920-е годы стало ясно, что Млечный Путь — лишь одна из бесчисленных галактик Вселенной. Многие из этих галактик имеют красивую спиральную структуру. Однако определить, как извне выглядит Млечный Путь, оказалось очень трудной задачей — по той простой причине, что мы находимся внутри него. Это всё равно, что пытаться нарисовать карту города, стоя на одном из перекрестков и не имея никакой возможности сойти с места.

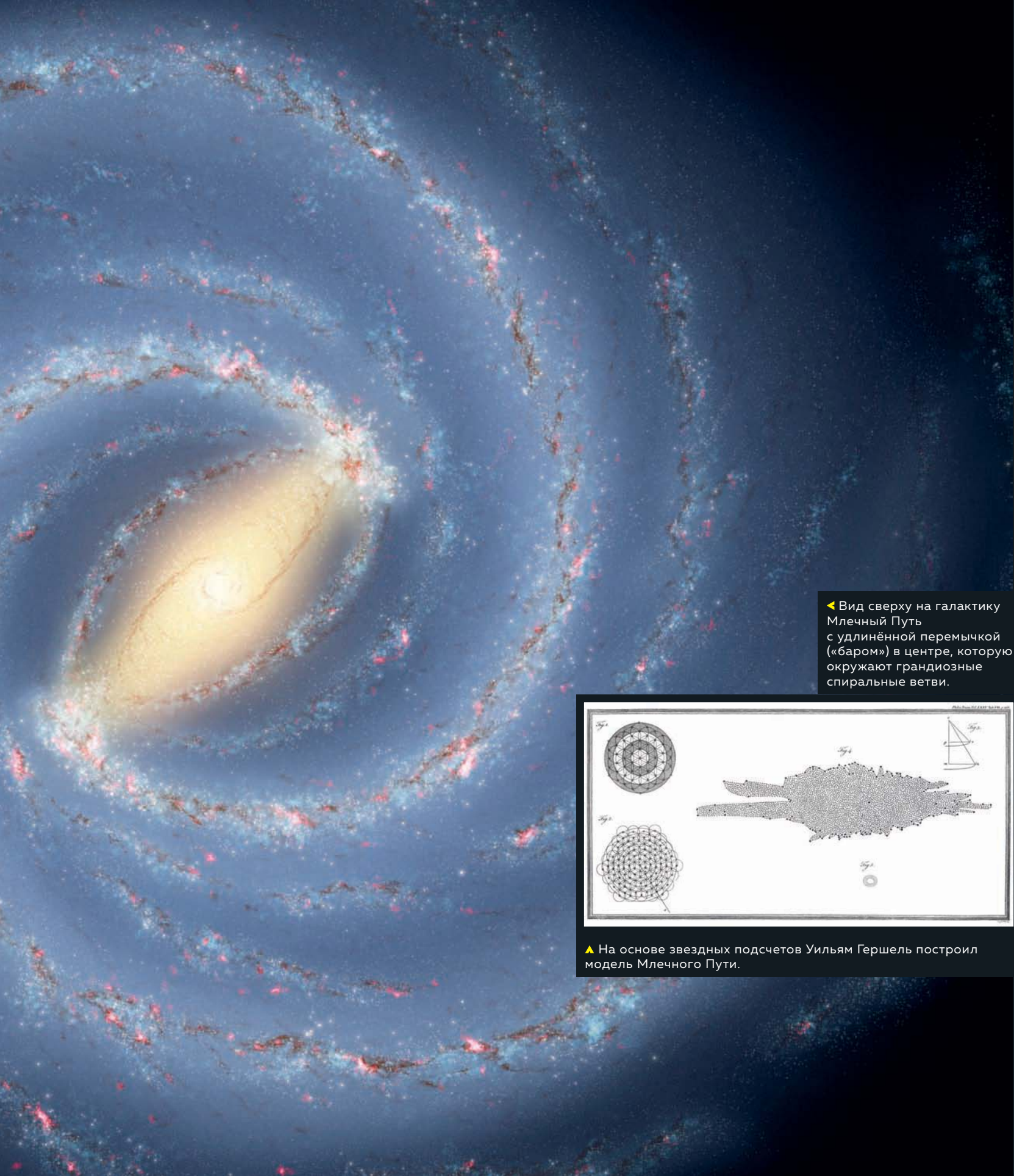
Эту задачу удалось решить в 1950-е годы благодаря появлению радиотелескопов. С их помощью можно определить положения межзвездных облаков, состоящих из холодного водородного газа. Первые такие радиокарты Млечного Пути составили голландские астрономы, которые убедительно показали: Млечный Путь — это большая уплощенная спиральная галактика поперечником примерно в 100 000 световых лет, как минимум с четырьмя спиральными ветвями. Солнце расположено в одном из ее «пригородов», на расстоянии примерно в 27 000 световых лет от центра.



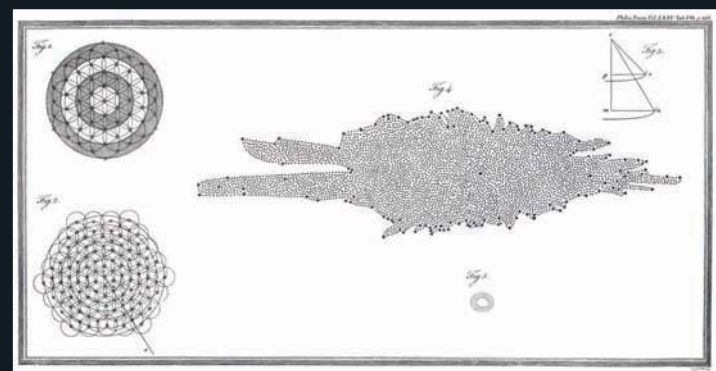
▲ Голландский астроном Якобус Каптейн считал, что Солнце находится недалеко от центра относительно маленькой галактики Млечный Путь.



▲ Астрономы Маартен Шмидт (слева) и Гарт Вестерхут у радиотелескопа в Коотвийке (Нидерланды), с помощью которого они составили первую карту Млечного Пути.



◀ Вид сверху на галактику Млечный Путь с удлинённой перемычкой («баром») в центре, которую окружают грандиозные спиральные ветви.



▲ На основе звездных подсчетов Уильям Гершель построил модель Млечного Пути.

# АРАХИС В ВАРЕНОМ ЯЙЦЕ

**БОЛЬШИНСТВО СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК** во Вселенной по форме напоминают яичницу-глазунью: вареное яйцо, тонкий плоский диск с плотной выпуклостью в центре (астрономы называют это утолщение «балджем»). В диске галактики содержится много межзвездного газа, из которого продолжают рождаться новые звезды. В балдже газа меньше — там в основном расположены относительно старые звезды и редко рождаются новые. Если считать диск галактики космическим роддомом, то балдж придется сравнить с домом престарелых.

С помощью обычных телескопов трудно наблюдать центральную выпуклость Млечного Пути, потому что она почти вся закрыта темными пылевыми облаками, поглощающими свет. Однако ее хорошо видно в инфракрасные телескопы — ведь инфракрасные лучи проходят сквозь пыль. По оценкам ученых, в балдже примерно 10 миллиардов звезд в области диаметром около 10 000 световых лет.

Так как мы не можем видеть Млечный Путь извне, определить точную трехмерную форму его центрального балджа нелегко. Однако с помощью инфракрасных наземных и космических телескопов астрономы определили, что он имеет вытянутую форму. Когда мы смотрим со стороны Солнца, то видим его под углом сбоку. Это означает, что Млечный Путь — не обычная спиральная галактика, а спиральная галактика с перемычкой («баром»).

Измерения координат и движений более, чем 20 миллионов красных гигантов в центральном балдже тоже показали, что галактический бар по форме немного напоминает гантель, а если смотреть на него со стороны, то он похож на очищенное арахисовое зёрнышко.

▼ На этом инфракрасном снимке центральной области галактики почти миллион звезд. В видимом свете они все были бы скрыты пылевыми облаками.



▼ Центральная область Млечного Пути над куполом 3,6-метрового телескопа Европейской южной обсерватории в Ла Силья (Чили) почти полностью скрыта пылевыми облаками.



◀ Новые измерения показывают, что сердце нашей галактики — Млечный Путь — имеет форму арахиса.



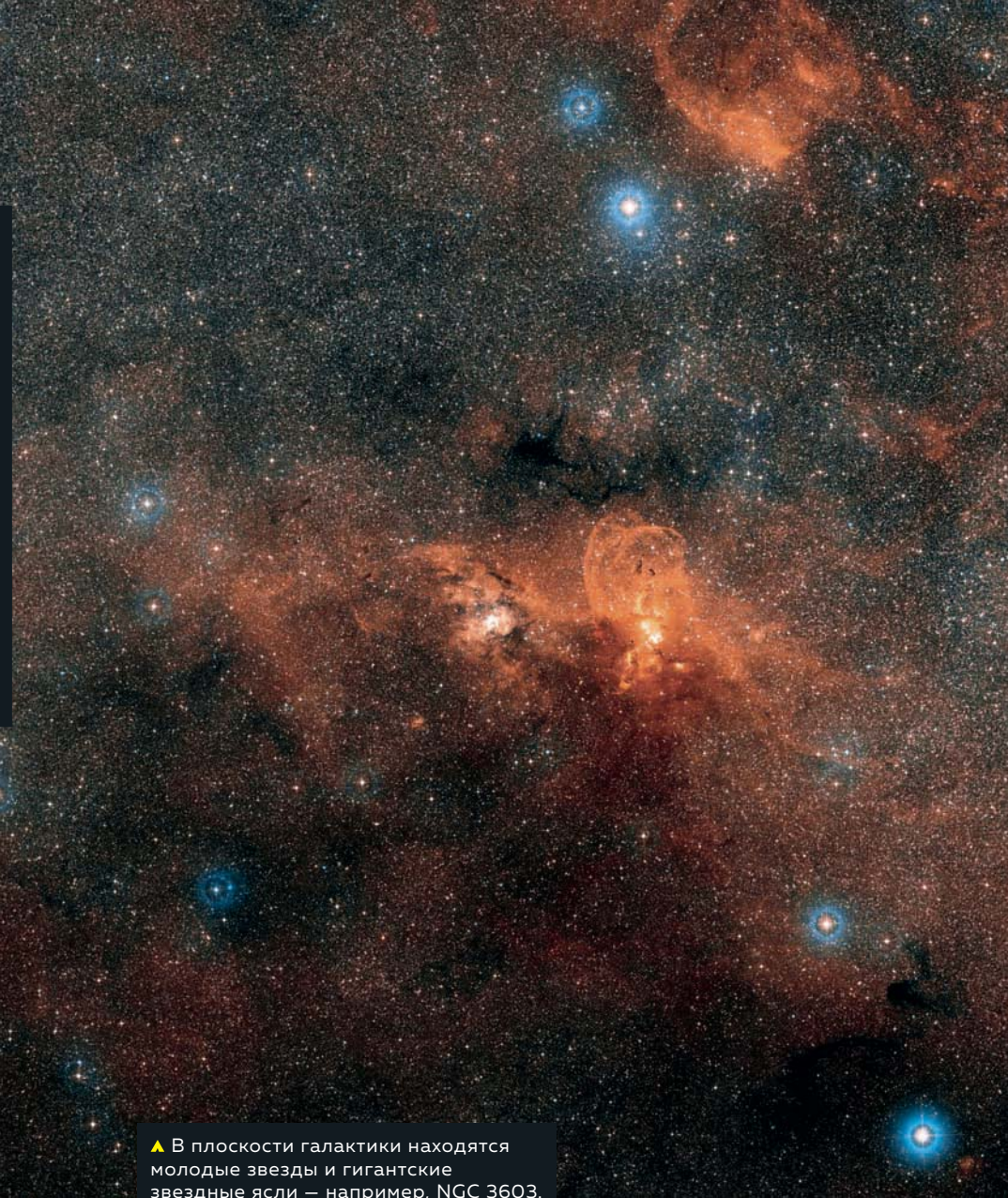
# ЗВЁЗДНЫЙ ДИСК

**ЕСЛИ БЫ МЫ МОГЛИ УВИДЕТЬ** Млечный Путь извне, это было бы фантастически прекрасное зрелище: гигантский плоский диск диаметром около 100 000 световых лет, с величественными спиральными ветвями. Толщина диска — всего несколько тысяч световых лет, а Солнце удалено от его центральной плоскости менее, чем на 100 световых лет.

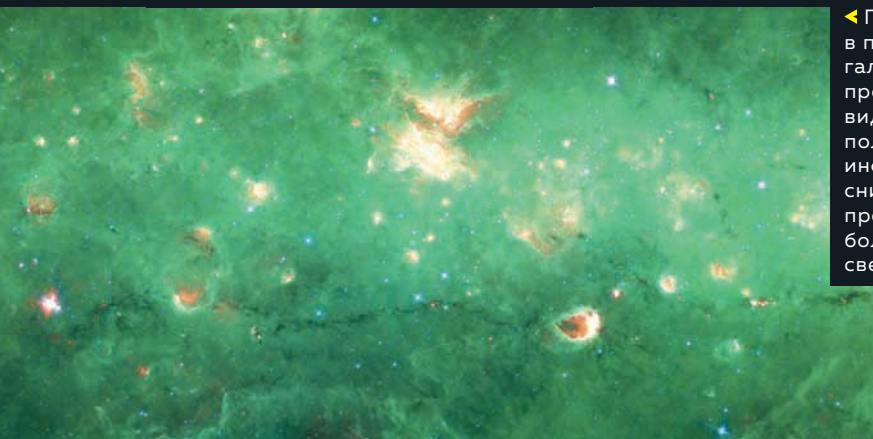
Диск Млечного Пути в основном состоит из межзвездных газопылевых масс: холодных молекулярных облаков и горячих светящихся газовых туманностей, в которых формируются звезды. Самые молодые звезды расположены ближе к центральной плоскости диска. На большем удалении от центральной плоскости по обе стороны — как выше, так и ниже — звезды, конечно, тоже есть, но их меньше и они более старые. Некоторые астрономы проводят различие между тонким диском, с самыми молодыми звездами, и толстым, в котором, как и в балдже, содержатся звезды, образовавшиеся ещё в ранней юности Млечного Пути.

Удивительные спиральные рукава — на деле волны плотности, которые распространяются сквозь медленно вращающийся диск Млечного Пути. На их пути газопылевые облака сжимаются, их плотность увеличивается, и в спиральных рукавах образуются области звездообразования и рассеянные звездные скопления. Солнце сейчас находится на краю рукава Ориона — малого спирального рукава, который связывает большие рукава Персея и Стрельца.

Почему же диск Млечного Пути такой тонкий? Это вызвано центробежной силой — той же силой, под действием которой подброшенный в воздух и закрученный кусок теста для пиццы падает на стол в виде плоского диска.

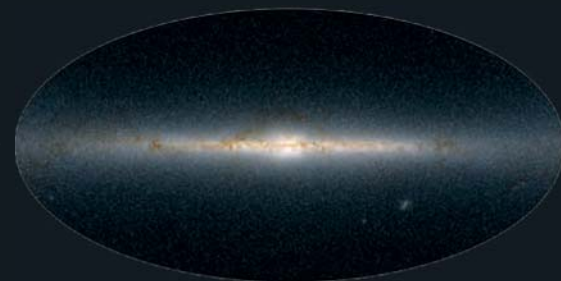


▲ В плоскости галактики находятся молодые звезды и гигантские звездные ясли — например, NGC 3603.



◀ Пылевая гряда в плоскости галактики, прозванная «Несси», видна в нижней половине этого инфракрасного снимка. Её протяжённость более трехсот световых лет.

▶ Эта инфракрасная карта всего неба ясно показывает, что большинство звезд Млечного Пути тесно сконцентрировано в его центральной плоскости.



# ГАЛО МЛЕЧНОГО ПУТИ

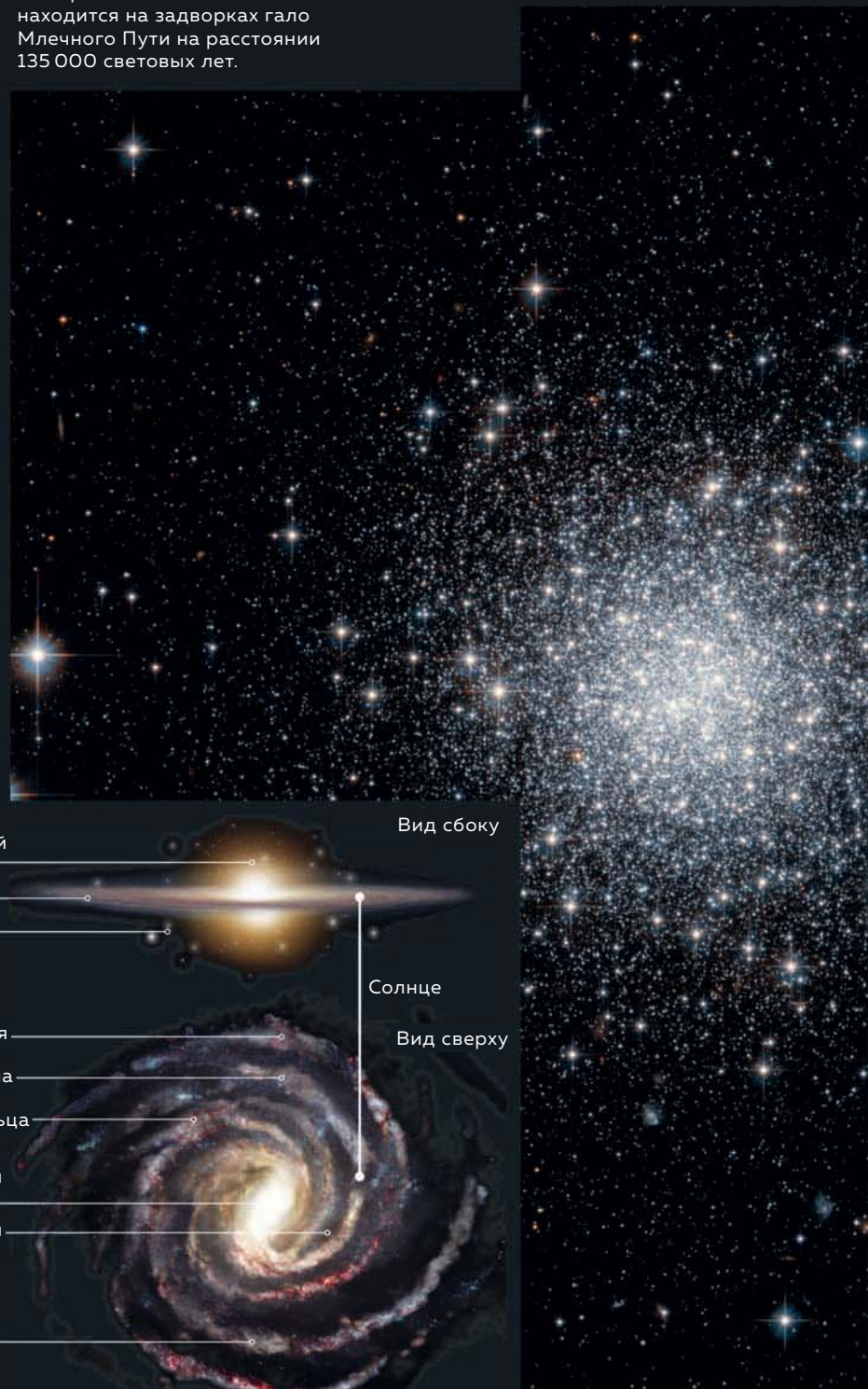
**КРОМЕ ПЛОСКОГО ТОНКОГО ДИСКА**, состоящего в основном из молодых звезд, и центрального балджа из более старых звезд, у Млечного Пути есть и третья важная структурная составляющая — его гало. Гало имеет более или менее сферическую форму и простирается далеко по обе стороны от диска Млечного Пути. В гало нет облаков межзвездного газа, поэтому новые звезды в нем больше не рождаются.

Поэтому гало в основном состоит из очень старых звезд, возраст которых не меньше 10 миллиардов лет. Это, конечно, маломассивные звёзды с относительно низкой температурой поверхности — желтые, оранжевые или красные; ведь более горячие и массивные бело-голубые гиганты живут намного меньше. Гало также содержит несколько сотен шаровых скоплений: сферических агломераций из десятков и сотен тысяч старых звезд.

Плотность гало постепенно уменьшается по мере удаления от центра Млечного Пути — и старых звезд, и шаровых скоплений тем больше, чем ближе к нему. Кроме того, они движутся вокруг центра по всем направлениям, так как гало, в отличие от диска, не вращается как единое целое. В 1920 году американский астроном Харлоу Шепли, занимавшийся исследованием пространственного распределения шаровых скоплений, заключил, что Солнце находится на очень большом расстоянии от центра Млечного Пути.

У гало Млечного Пути нет четко очерченных внешних границ. 90% всех объектов гало отстоят от центра менее, чем на 100 000 световых лет, однако, отдельные звезды и шаровые скопления обнаружены и на расстоянии больше 200 000 световых лет.

▼ Шаровое скопление NGC 7006 находится на задворках гало Млечного Пути на расстоянии 135 000 световых лет.



► Вид галактики Млечный Путь сверху и сбоку. Гало — сферическая область, которую плоскость галактики делит надвое.

# МАСНО И МИКРОЛИНЗЫ

**САМАЯ БОЛЬШАЯ ЧАСТЬ** Млечного Пути находится на огромном расстоянии от Солнца и Земли. С Земли на таких расстояниях можно видеть яркие объекты, вроде шаровых скоплений, но слабые звезды можно наблюдать только с помощью мощных телескопов. В гало Млечного Пути может содержаться множество красных, белых и коричневых карликов; оно, возможно, кишит черными дырами. Эти «невидимые» объекты, возможно, способны дать ключ к разгадке тайны темной материи Млечного Пути.

В 1986 году польско-американский астроном Богдан Пачински придумал способ отслеживания таких «массивных астрофизических компактных объектов гало» (Massive Astrophysical Compact Halo Object — МАСНО). Пачински предположил, что, если такие объекты существуют, они должны очень часто проходить точно перед удаленными «нормальными» звездами.

При этом в течение нескольких недель свет далекой звезды будет усиливаться гравитацией этого невидимого объекта. Следовательно, поиск таких гравитационных микролинз даст нам информацию о существовании МАСНО.

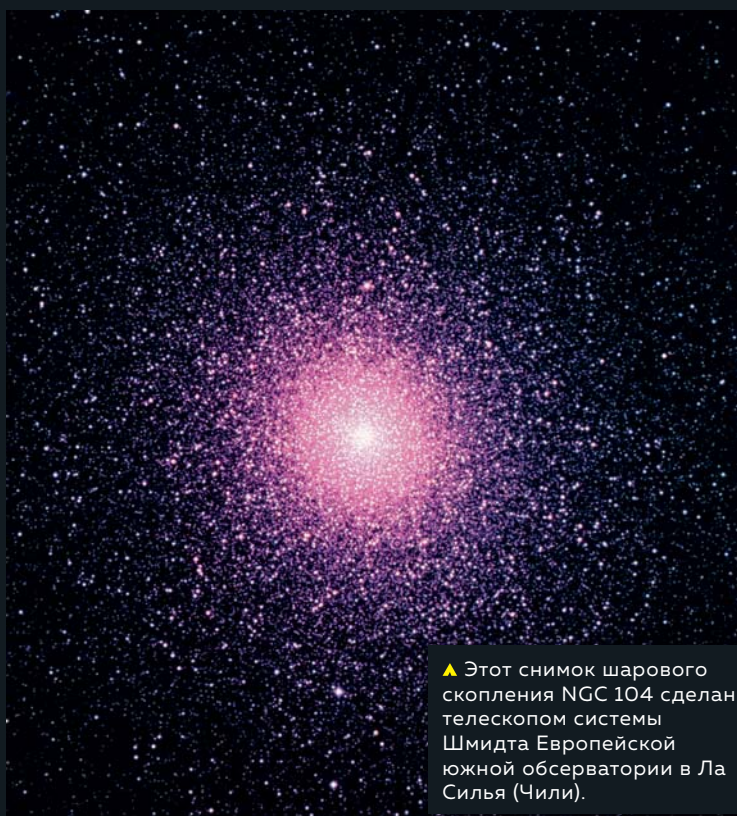
В конце 1980-х и начале 1990-х годов группы учёных в США, Франции, Австралии и Японии провели с этой целью крупномасштабные обзоры неба. Несколько лет они отслеживали миллионы звезд в Большом Магеллановом Облаке (карликовой галактике-спутнике Млечного Пути), чтобы проверить, не усиливается ли иногда их свет гравитацией более близких к Земле темных объектов из гало Млечного Пути. Астрономы обнаружили довольно много гравитационных микролинз, но всё же недостаточно, чтобы заключить, что темная материя в Млечном Пути состоит из МАСНО.

▼ Схема линзирования света далёких звезд массивными астрофизическими компактными объектами гало (МАСНО). Оказалось, однако, что таких объектов не слишком много.



▲ В процессе поиска массивных астрофизических компактных объектов гало (МАСНО) наблюдались миллионы звезд Большого и Малого Магеллановых Облаков (вверху справа и внизу слева).

▼ Старое плотное шаровое скопление в созвездии Пегаса, в ядре которого, вероятно, находится черная дыра.



▲ Этот снимок шарового скопления NGC 104 сделан телескопом системы Шмидта Европейской южной обсерватории в Ла Силья (Чили).

# ОГРОМНЫЕ ШАРЫ ИЗ ЗВЕЗД

**В 1665 ГОДУ** немецкий астроном-любитель Иоганн Абрахам Иле открыл небольшую слабую сферическую туманность в созвездии Стрельца. А 80 лет спустя таких круглых туманностей было найдено уже восемь, включая очень яркий объект Омега Центавра на южном небе. Однако природа этих туманностей оставалась тайной до 1764 года, когда французский астроном Шарль Мессье разглядел в одной из них, маленькой туманности, обозначенной в его каталоге как М4, отдельные звезды. Сейчас известно более 150 шаровых скоплений Млечного Пути — некоторые из них, например Омегу Центавра, 47 Тукана и М13 в созвездии Геркулеса, видно невооруженным глазом. Но большую их часть, конечно, можно разглядеть только в телескоп, а чтобы различить там отдельные звёзды, телескоп нужен довольно сильный.

В большинстве шаровых скоплений десятки и даже сотни тысяч звезд. В центре скопления звёздная плотность очень велика — ночное небо на планете у одной из таких звезд должно быть усеяно тысячами ярких светил. Дальше от центра скопления звёздная плотность падает, но у шаровых скоплений нет чётких границ. В большинстве случаев, однако, половина света скопления исходит от звезд, находящихся внутри радиуса в 30 световых лет от его центра.

В гало Млечного Пути шаровые скопления можно найти повсюду, однако в целом они сосредоточены вокруг его центра. Это самые старые объекты Млечного Пути, и астрономы очень мало знают об их происхождении.

► Слабая звезда 47 Тукана на южном небе — в действительности огромное шаровое скопление, содержащее миллионы звезд.



▼ Великое шаровое скопление в созвездии Геркулеса или М13 — самое известное шаровое скопление северного неба. Эту фотографию его ядра сделал Космический телескоп Хаббла.



## Паспорт

Имя: Омега Центавра,  
NGC 5139

Созвездие: Центавр

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
13ч 26м 47с

Склонение:  $-47^{\circ} 28,8'$

Карта звездного неба: 11

Расстояние: 16 000  
световых лет

Диаметр: 150 световых  
лет

Масса: 4 млн масс  
Солнца

# ОМЕГА ЦЕНТАВРА

**ОМЕГА ЦЕНТАВРА** — самое большое по числу звезд шаровое скопление Млечного Пути. При диаметре около 150 световых лет в нем содержится несколько миллионов звезд. Хотя это скопление удалено от Земли на расстояние почти 16 000 световых лет, его легко разглядеть невооруженным глазом. Греческий астроном Птолемей включил его в свой каталог звезд. В 1677 году Эдмунд Галлей первым описал туманную природу этой «звезды», а в 1826 году астрономы пришли к выводу, что это шаровое скопление.

С помощью больших наземных и космических телескопов можно изучать отдельные звезды Омеги Центавра. В центре скопления расстояние между звездами в среднем меньше одной десятой светового года; индивидуальные скорости звезд этого роя достигают 10 километров в секунду. Некоторые астрономы считают, что наблюдаемые движения этих звезд можно объяснить только наличием в центре скопления черной дыры промежуточной массы: в несколько десятков тысяч солнечных масс. Признаки присутствия черных дыр были найдены и в центрах других шаровых скоплений.

Стоит отметить, что у Омеги Центавра форма не строго шаровая, а немного сплюснутая. Изучение состава отдельных звезд скопления показывает, что в нем есть разные «звёздные поселения». Возможно, что скопление было когда-то ядром карликовой галактики, поглощенной Млечным Путем и рассеявшейся в нём. Химический состав звезды Каптейна, красного карлика всего в 13 световых годах от Солнца, показывает, что эта звезда, возможно, тоже первоначально принадлежала этой карликовой галактике.

▶ Немного сплюснутая форма скопления Омега Центавра говорит о том, что оно может быть остатком карликовой галактики, поглощённой гало Млечного Пути.



▲ Один из первых снимков, сделанных камерой «Хаббла» WFC3 (Wide-Field Camera 3), демонстрирует богатое разнообразие цветов звезд в ядре скопления Омега Центавра.



# ЗВЕЗДНЫЕ ПОТОКИ

► Паломар 12 — небольшое шаровое скопление в Млечном Пути, первоначально принадлежавшее карликовой галактике Стрельца.

**ЯРКАЯ ЗВЕЗДА АРКТУР** в созвездии Волопаса движется через Млечный Путь с большой скоростью: 122 километра в секунду относительно Солнечной системы. Так как Арктур сравнительно недалеко от нас — всего в 37 световых годах — он перемещается по небу со скоростью 2,3 угловой секунды в год, как установил Эдмунд Галлей ещё в 1718 году. В XX веке было открыто много других звезд с подобным собственным движением и химическим составом. Эта группа звезд получила название поток Аркура; вероятно, это остаток карликовой галактики, поглощённой и разрушенной Млечным Путём.

Сейчас найдено более двух десятков таких звездных потоков. Их протяжённость может составлять десятки или даже сотни тысяч световых лет, и они могут состоять из многих миллионов звезд. Один из самых извест-

ных — поток Стрельца, остаток карликовой эллиптической галактики Стрельца. Самый длинный поток Млечного Пути — поток Хельми, названный в честь аргентинско-голландского астронома Амины Хельми, которая открыла его в 1999 году. Поток Хельми обвивает центр Млечного Пути даже несколько раз.

Изучение звездных потоков дает астрономам уникальную возможность узнать больше о происхождении Млечного Пути. Предполагается, что за миллиарды лет Млечный Путь поглотил множество карликовых галактик. Нанося на карту найденные звездные потоки, астрономы на деле занимаются чем-то вроде космической археологии. Европейский космический телескоп «Гая», запущенный в декабре 2013 года, открыл много новых звездных потоков, что позволило лучше понять эволюцию Млечного Пути.



◀ Арктур — яркая звезда в «колене» созвездия Волопаса. Она родилась в карликовой галактике, позднее разорванной на части приливными силами Млечного Пути.

▼ Когда приливные силы Млечного Пути разрывают карликовую галактику, ее звезды образуют звездный поток.



# ОБЛАКО СМИТ

**ГАЗОВОЕ ОБЛАКО**, которое движется в направлении Млечного Пути и в будущем столкнется с ним, открыла 24-летняя американка Гейл Смит в 1963 году. Смит, которая тогда была студенткой и работала под руководством астронома Яна Оорта в Лейденском университете, сделала свое открытие, используя 25-метровый радиотелескоп в Двингелоо (Нидерланды), в то время один из крупнейших в мире. После завершения своих исследований Смит вышла замуж за голландского врача, занялась воспитанием детей и оставила астрономию, однако 45 лет спустя «ее» облако снова попало в заголовки новостей.

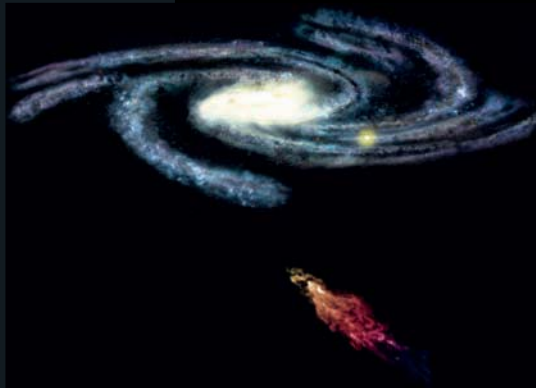
Новые наблюдения, выполненные в 2008 году в американской обсерватории Грин Бэнк, показали, что облако Смит приближается к нам со скоростью 240 километров в секунду. Хотя это облако еще удалено от нас примерно на 40 тысяч световых лет, оно уже вытянуто приливными силами Млечного Пути: его

длина — 11 000 световых лет, а ширина — 2500. Примерно через 30 миллионов лет оно столкнется с Млечным Путем, и ударные волны от этого столкновения, вероятно, приведут к образованию сотен тысяч звезд.

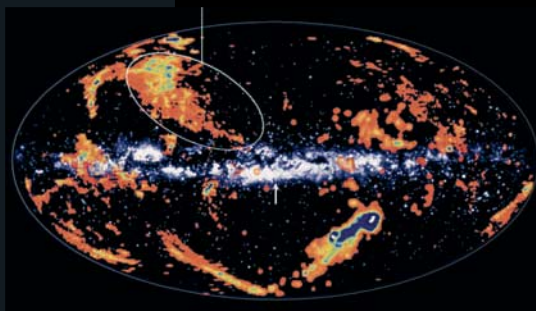
Было открыто еще несколько таких быстродвижущихся облаков холодного водорода, наблюдаемых только с помощью радиотелескопов. В большинстве случаев, однако, неизвестно, какая у этих облаков масса, как далеко они от нас и откуда пришли.

Вероятно, облако Смит — лишь одно из бесчисленных газовых облаков, которые на протяжении миллиардов лет формировали Млечный Путь. Выходит, наша галактика все еще продолжает расти. Возможно также, что быстродвижущиеся облака были выброшены из диска Млечного Пути в результате мощных взрывов сверхновых, и теперь падают обратно под действием его гравитации.

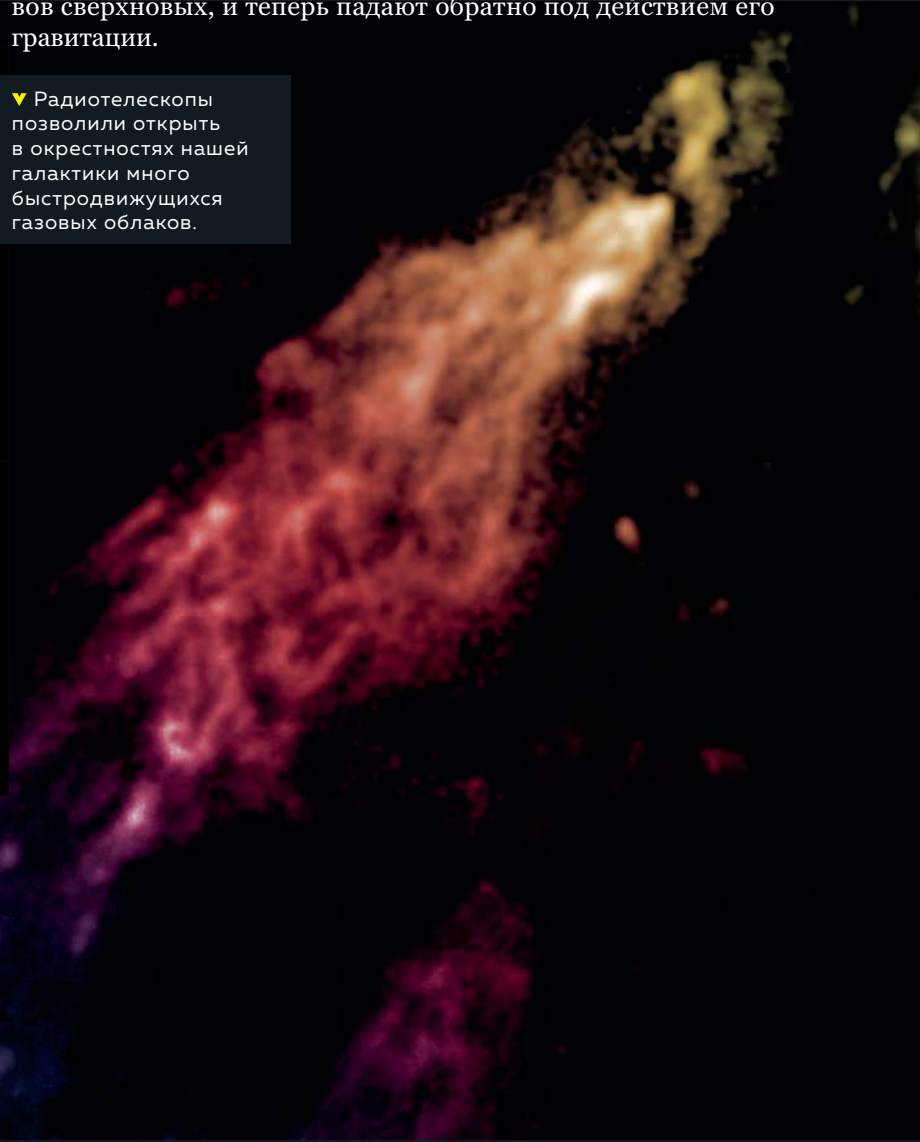
► На этом рисунке показано расположение облака Смит относительно Млечного Пути и Солнца (желтая точка).



► Радионаблюдения показали, что под влиянием приливных сил Млечного Пути облако Смит приобрело вытянутую форму.



▼ Радиотелескопы позволили открыть в окрестностях нашей галактики много быстродвижущихся газовых облаков.




# ЗВЕЗДНЫЕ СХОДКИ

**ВБЛИЗИ ЦЕНТРА МЛЕЧНОГО ПУТИ** есть два сверхкомпактных молодых звездных скопления. Их нельзя увидеть с помощью обычного телескопа, потому что их свет не пропускают плотные пылевые облака в диске Млечного Пути. Однако инфракрасные телескопы зарегистрировали тепловое излучение их звезд. Эти скопления наблюдаются также с помощью телескопов рентгеновского и радиодиапазона.


Возраст скопления Арки — чуть более 3 миллионов лет. В нём 150 массивных ярких звезд, сконцентрированных в области поперечником всего в два световых года. Это самое плотное из до сих пор открытых скоплений. Скопление Пять Близнецов, названное так потому, что содержит пять ярких инфракрасных источников, вероятно, немного старше — около 4 миллионов лет. Это скопление также содержит гигантские звезды, возможно, более чем в 100 раз тяжелее Солнца.

Одна из них — звезда Пистолет, которая излучает в 1,6 миллиона раз больше энергии, чем Солнце. Хотя она удалена от Земли на расстояние около 27 000 световых лет, ее свет не поглощали межзвездные пылевые облака. По прогнозам астрономов, звезда Пистолет взорвется как сверхновая в течение нескольких сотен тысяч лет.

Происхождение скоплений Арки и Пять Близнецов остается загадкой. Эти два плотных скопления отстоят от центра Млечного Пути чуть больше, чем на 100 световых лет, и никто не понимает, как в столь неспокойном окружении могут рождаться новые звезды. Возможно, эти два скопления образовались дальше от центра Млечного Пути, а потом переместились ближе к нему.

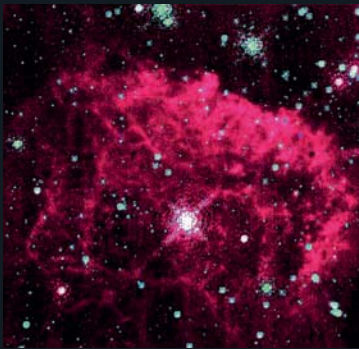


▲ Необычайно массивная звезда Пистолет в скоплении Пяти Близнецов.



▲ Так в представлении художника, основанном на научных данных, могло бы выглядеть скопление Арки с близкого расстояния.

▼ Хотя молодое массивное скопление Арки удалено от нас примерно на 27 000 световых лет, астрономы подробно исследовали его с помощью Очень большого телескопа Европейской южной обсерватории.



▼ Звезда в центре далёкой туманности Пистолет в 10 миллионов раз ярче Солнца — это одна из самых ярких известных звезд.

## Паспорт

Имя: Стрелец A\*

Созвездие: Стрелец

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
17ч 45м 40с

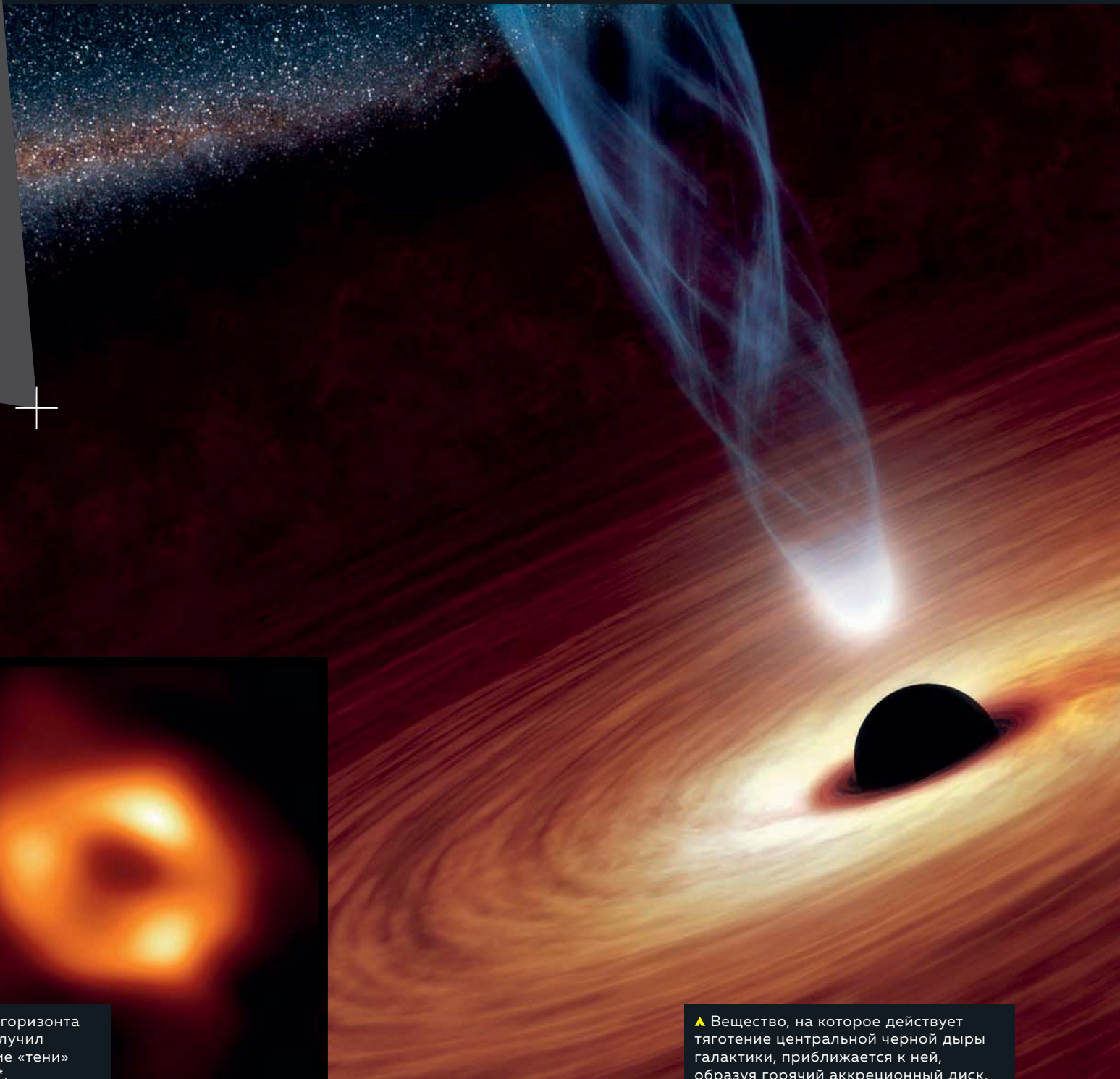
Склонение:  $-29^{\circ} 00,5'$

Карта звездного неба: 12

Расстояние: 27 тысяч  
световых лет

Диаметр: 12 млрд км  
(горизонт событий)

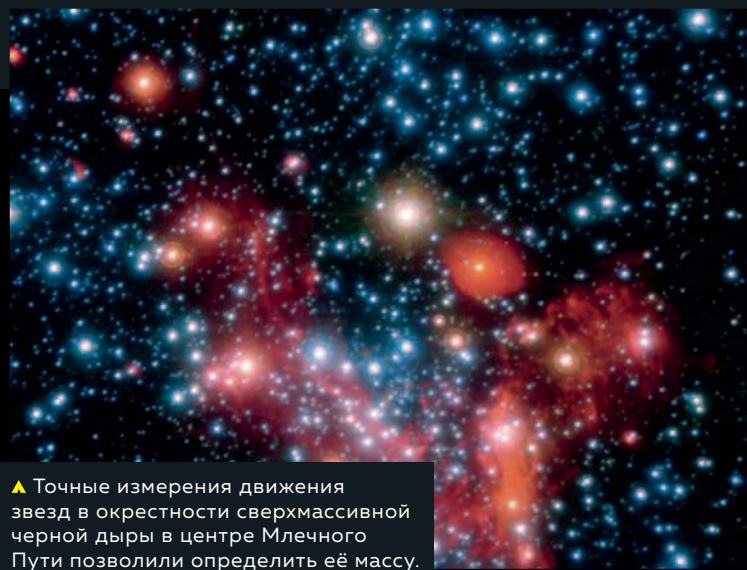
Масса: 4,2 млн масс  
Солнца



▲ Телескоп горизонта событий получил изображение «тени» Стрельца A\*.

▲ Вещество, на которое действует тяготение центральной черной дыры галактики, приближается к ней, образуя горячий аккреционный диск.

# ЧУДОВИЩЕ МЛЕЧНОГО ПУТИ



▲ Точные измерения движения звезд в окрестности сверхмассивной черной дыры в центре Млечного Пути позволили определить её массу.

**В СЕРДЦЕ МЛЕЧНОГО ПУТИ** живет ненасытное чудовище. Обычно оно ведет себя тихо, но время от времени начинает рычать, пожирает всё, что ему попадает, и затем извергает из себя проглоченное. Чудовище зовут Стрелец A\*. Это гигантская черная дыра в четыре миллиона раз массивнее Солнца. Его огромная гравитация притягивает протяжённые газовые облака и целые звезды, которые навсегда уходят с космической сцены: всё, что оказывается внутри границы чёрной дыры, уже никогда не возвращается назад.

Черная дыра невидима по определению: даже свет не может преодолеть ее колоссальное тяготение. Однако черные дыры вносят возмущения в окружающее их пространство, и по этим косвенным признакам можно обнаружить их присутствие. Тяготение черной дыры разгоняет соседние звезды до огромных скоростей. С помощью больших инфракрасных телескопов можно определить вытянутые орбиты этих звезд, а затем, зная их скорости, рассчитать массу черной дыры.

Почти у всех галактик Вселенной в ядре лежит сверхмассивная черная дыра. Среди этих космических чудовищ лучше всего изучена черная дыра Стрелец A\*, поскольку она находится от нас на расстоянии «всего лишь» 27 000 световых лет (примерно четверть триллиона километров).

«Край» черной дыры также называется горизонтом событий. У Стрельца A\* радиус горизонта событий составляет примерно шесть миллиардов километров. Всемирная сеть радиотелескопов, названная Телескопом горизонта событий, получила изображение этого горизонта: круглую тёмную «тень», выделяющуюся на ярком фоне светящегося газа.

▲ Рентгеновская обсерватория NASA «Чандра» зарегистрировала высокоэнергетическое излучение Стрельца A\* (третье яркое пятно слева).



# ЗАТИШЬЕ ПЕРЕД БУРЕЙ

**САМАЯ УДИВИТЕЛЬНАЯ ОСОБЕННОСТЬ** черной дыры в центре Млечного Пути — её невероятное спокойствие. Сверхмассивные черные дыры в других галактиках в огромных количествах поглощают газ из своих окрестностей. Перед самым исчезновением под горизонтом черной дыры газ нагревается так сильно, что испускает невероятно мощное рентгеновское излучение.

Одновременно с этим большинство черных дыр выбрасывает в космос джеты — струи излучения и высокоэнергетических заряженных частиц.

На этом фоне Стрелец A\* кажется олицетворением спокойствия. У этой черной дыры почти нет ни рентгеновского излучения, ни каких-либо признаков светящихся джетов. И всё же находится много свидетельств того, что чудовище Млечного Пути периодически пробуждается от спячки. Например, американский рентгеновский телескоп «Чандра» обнаружил «рентгеновское эхо» сравнительно небольшого взрыва, случившегося примерно 300 лет назад.

Космический гамма-телескоп «Ферми» обнаружил выше и ниже центра Млечного Пути гигантские пузыри высокоэнергетических гамма-лучей размером около 25 000 световых лет. Возможно, это гамма-излучение возникло в результате взаимодействия фотонов (частиц света) и электронов очень высоких энергий, выброшенных в космос несколько миллионов лет назад при очень сильном взрыве в области Стрельца A\*.

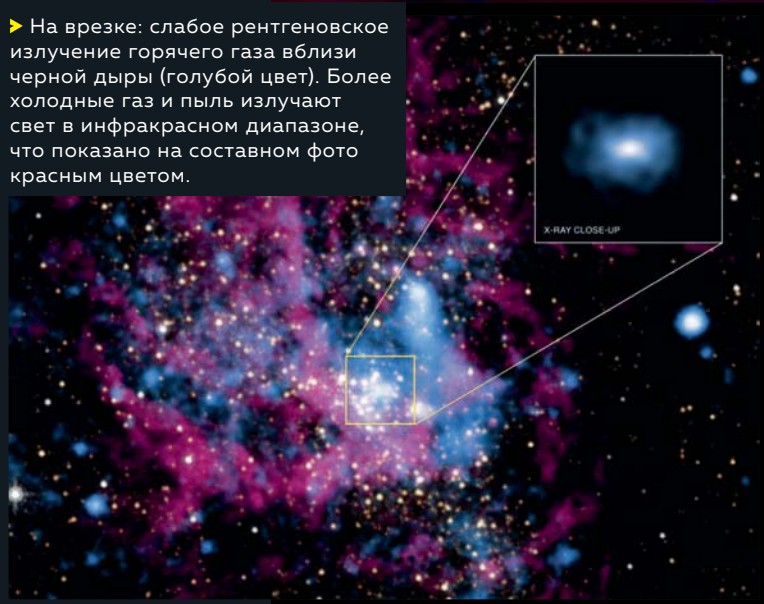
Газовое облако G2, которое прошло совсем близко от черной дыры весной 2014 года, по-видимому, уцелело и не вызвало космического фейерверка, на который надеялись астрономы. Тем не менее Стрелец A\* периодически генерирует небольшие вспышки рентгеновских лучей. Эти «отрыжки», вероятно, вызываются падением в чёрную дыру кометообразных объектов, которые ею поглощаются. Однако никто не знает, когда ждать следующего мегавзрыва.

▶ Выше и ниже центральной плоскости Млечного Пути видны заполненные гамма-излучением «пузыри», связанные с присутствием электронов высоких энергий.



▲ Так художник представляет себе разрыв газового облака G2 приливными силами сверхмассивной чёрной дыры в центре Млечного Пути.

▶ На врезке: слабое рентгеновское излучение горячего газа вблизи черной дыры (голубой цвет). Более холодные газ и пыль излучают свет в инфракрасном диапазоне, что показано на составном фото красным цветом.



# ТАЙНЫ МЛЕЧНОГО ПУТИ



▲ Отмеченное на этом снимке рентгеновское эхо говорит о том, что примерно 300 лет назад объект Стрелец A\* был более активен, чем сейчас.

В прошлом столетии астрономам удалось найти ключ ко многим тайнам Млечного Пути. Харлоу Шепли смог определить его размер на основе распределения шаровых скоплений, а Ян Оорт и Бертиль Линдبلاد, изучив статистику движений звезд, открыли вращение Млечного Пути. Радиоастрономы составили карту его спиральной структуры, а с помощью инфракрасных телескопов удалось заглянуть в его центр, закрытый от нас пылевыми облаками. Даже черная дыра в сердце Млечного Пути выдала нам часть своих секретов.

Тем не менее наш «космический город» все еще хранит множество нераскрытых тайн, причем большинство их связано с тем, что мы не можем увидеть нашу галактику снаружи. Со стороны Солнца огромную часть галактики, ту, что лежит по другую сторону от её центра, наблюдать невозможно. Очень трудно определить точную форму и структуру центрального балджа — хоть по всем признакам это вытянутая перемычка, такая же, как и у других спиральных галактик с перемычкой. До сих пор очень мало известно о том, как Млечный Путь на протяжении миллиардов лет своей истории поглощал карликовые галактики, и совсем уж непонятен механизм распределения в нём таинственной темной материи.

Европейский космический телескоп «Гайя» может раскрыть эти тайны уже в ближайшие годы, потому что он способен делать сверхточные замеры координат, расстояний, скорости и химического состава миллиарда звезд. Эти измерения позволят астрономам построить трехмерную карту Млечного Пути и с ее помощью найти ключ к нераскрытым тайнам нашей галактики.

◀ Рентгеновские исследования Стрельца A\* показали, что он медленный «едок»: основная часть окружающего его газа выбрасывается в пространство, не успев исчезнуть в черной дыре.

# КОСМИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ

**НАЗЕМНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ** наблюдают за Вселенной сквозь атмосферу Земли. Даже в безоблачный день в атмосфере есть пыль и туман, воздух непрерывно вибрирует, атмосфера поглощает многие типы излучения, и до поверхности Земли они не доходят. Задолго до наступления космической эры астрономы мечтали о том, что когда-нибудь они смогут разместить телескопы на околоземной орбите и таким образом избавиться от всех этих ограничений.

Успехи космонавтики позволили вывести камеры и телескопы за пределы земной атмосферы. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА) в 1962 году запустило первую Орбитальную солнечную обсерваторию, а в середине 1970-х — простые спутники для регистрации рентгеновских и гамма-лучей из космоса. Первый «настоящий» космический телескоп, работавший в ультрафиолетовых лучах — International Ultraviolet Explorer, — был запущен в 1978 году; за ним в 1983 году после-

довал американо-голландско-британский инфракрасный телескоп IRAS (Infra-Red Astronomical Satellite).

Конечно, самый известный космический телескоп всех времён — это Космический телескоп Хаббла с главным зеркалом диаметром 2,4 метра, совместный проект NASA и Европейского космического агентства (ESA), выведенный на орбиту 24 апреля 1990 года. Телескоп оснащён несколькими камерами и спектрографами.

После того как в конце 1993 года технический недостаток главного зеркала телескопа был устранён в результате уникальной ремонтной операции, Космический телескоп Хаббла стал делать одно революционное открытие за другим. В ходе последующих космических полетов к телескопу групп астрономов его первоначальные приёмники были заменены на гораздо более чувствительные. Наблюдения «Хаббла» открыли новые перспективы во всех областях астрономии. И несмотря на возникавшие проблемы с гироскопами космического телескопа, он по-прежнему успешно работает.



▲ Космический телескоп Хаббла, который движется по орбите над Землей на высоте около 530 километров, с середины 1990-х годов остаётся главным рабочим инструментом астрономов.

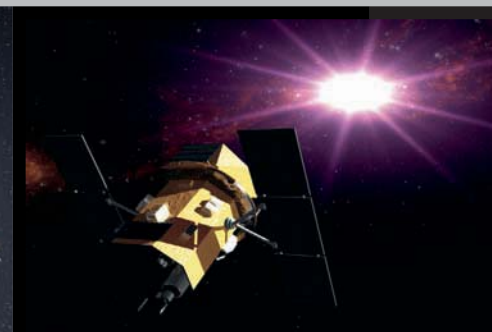
▼ Европейско-американский космический телескоп IUE (International Ultraviolet Explorer) работал с 1978 по 1996 год.



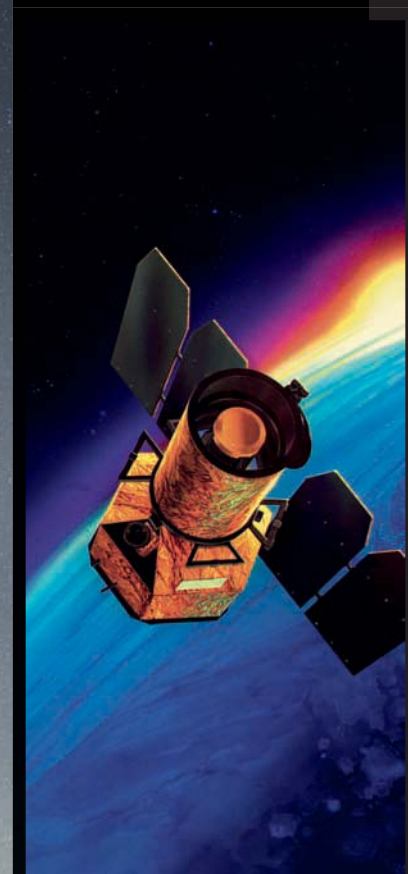
▲ Запущенная в 1962 году NASA Орбитальная солнечная обсерватория стала первым настоящим космическим телескопом.



► В 2018 году NASA запустило космический телескоп TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite), который ищет планеты у соседних звезд.



▲ «Свифт» — космическая обсерватория для регистрации рентгеновского и гамма-излучения, которая предназначена для наблюдений гамма-всплесков — самых мощных взрывов во Вселенной.



▲ Уже 10 лет ультрафиолетовый космический телескоп GALEX (Galaxy Evolution Explorer) изучает структуру и эволюцию галактик.

◀ С конца 2021 года космический телескоп «Джеймс Уэбб» наблюдает Вселенную в инфракрасных лучах.

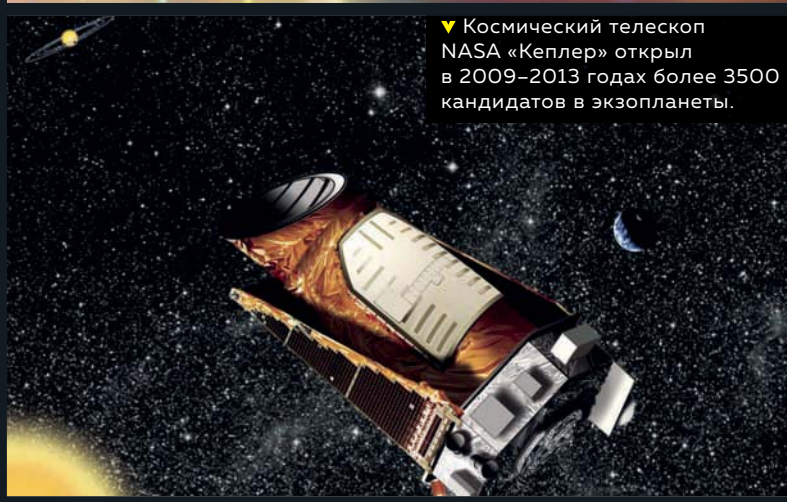
▼ Рентгеновская обсерватория NASA «Чандра», запущенная в 1999 году, до сих пор продолжает свою работу.



▲ Инфракрасный широкоугольный телескоп WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) запущен NASA для изучения комет и угрожающих Земле астероидов.



◀ В 2009–2013 годах космическая обсерватория «Гершель» Европейского космического агентства изучала распределение межзвездных молекул, включая и молекулы воды.



▼ Космический телескоп NASA «Кеплер» открыл в 2009–2013 годах более 3500 кандидатов в экзопланеты.

После «Хаббла» НАСА запустило ещё три больших космических телескопа: гамма-обсерваторию «Комптон» (1991), рентгеновскую обсерваторию «Чандра» (1999) и космический телескоп «Спитцер» (2003), который наблюдает Вселенную в инфракрасном диапазоне. «Комптон» работал до 2000 года, а «Чандра» и «Спитцер» продолжают наблюдения до сих пор. ESA в 1999 году запустило рентгеновский телескоп XMM-Newton (X-ray Multi-Mirror Mission), который тоже ещё работает.

В последующие годы запускалось ещё много космических специализированных телескопов меньшего размера: в их числе телескоп ультрафиолетового диапазона GALEX (Galaxy Evolution Explorer, 2003), телескоп для исследования гамма-всплесков «Свифт» (2004), инфракрасный широкоугольный телескоп WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer, 2009) и телескоп субмиллиметрового диапазона «Гершель» (2009). Европейская космическая обсерватория «Гершель» была запущена вместе с космическим телескопом «Планк», предназначенным для изучения фонового микроволнового излучения. Одним из самых успешных космических телескопов НАСА стал «Кеплер» (2009), который открыл более 3500 планет у других звезд. В конце 2013 года ESA запустило космический телескоп «Гайя», который выполнил точные измерения координат и движений миллиардов звезд Млечного Пути.

Недавно флот космических телескопов пополнился запущенным в 2018 году телескопом TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) для поисков экзопланет методом транзитов и космическим телескопом «Джеймс Уэбб» (JWST, 2021), который изучает Вселенную в инфракрасном диапазоне. Диаметр главного зеркала JWST 6,5 метра; он считается наследником «Хаббла». Европейское космическое агентство в 2026 году запустит телескоп PLATO (Planetary Transits and Oscillations of Stars), а в 2035 году планируется начало работы рентгеновской обсерватории ATHENA (Advanced Telescope for High Energy Astrophysics).



▲ Гамма-обсерватория «Комптон», которая работала в 1991–2000 годах, считается одним из самых тяжёлых космических телескопов, когда-либо выведенных на орбиту вокруг Земли.

► Миссия «Планк» (Planck Surveyor) Европейского космического агентства, названная в честь немецкого физика Макса Планка, выявила подобию Большого Взрыва, давшего начало нашей Вселенной.

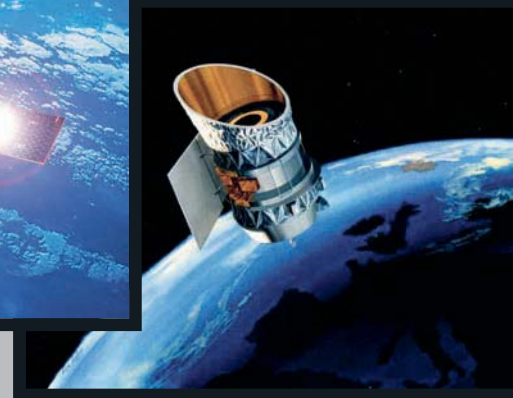


◀ Астронавты выполнили пять полетов к Космическому телескопу Хаббла, чтобы заменить его научное оборудование и вышедшие из строя компоненты.



► Европейское Космическое агентство запустило в космос рентгеновскую обсерваторию «XMM-Ньютон».

▼ Космический телескоп IRAS (Infrared Astronomical Satellite) составил первую карту неба в инфракрасном диапазоне.





▲ Примерно через четыре миллиарда лет галактика Андромеды столкнется с нашим Млечным Путем.



# МЕСТНАЯ ГРУППА

**МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ** — не единственная галактика во Вселенной. Примерно 100 лет назад было окончательно установлено, что небольшие тусклые туманности, видимые на небе, на самом деле — очень далекие галактики на огромных расстояниях от Млечного Пути.

Галактики распределены по Вселенной неравномерно. Точно так же, как земные города часто сосредоточены в крупных агломерациях, галактики образуют как маленькие, так и большие группы, и так же, как многие города окружены пригородами и деревнями, вокруг больших галактик могут быть карликовые галактики-спутники.

Два таких спутника Млечного Пути расположены так близко от нас, что их можно легко увидеть невооруженным глазом: это большие, похожие на облака туманности. Так как их можно видеть только на небе Южного полушария, они были впервые описаны лишь в начале XVI века знаменитым португальским мореплавателем Фернаном Магелланом, в честь которого они и называются Магеллановыми Облаками.

Кроме Большого и Малого Магеллановых Облаков, Млечный Путь окружает еще десятка два слабых карликовых галактик. Гораздо дальше расположена ближайшая к Млечному Пути большая галактика — галактика Андромеды. У этой спиральной галактики тоже есть спутники: две относительно большие галактики и много карликовых.

Млечный Путь, галактика Андромеды, немного дальше отстоящая от них галактика Треугольника и многочисленные галактики меньших размеров образуют Местную группу галактик. Если считать и входящие в Местную группу карликовые галактики, в ней больше пятидесяти членов.

# СПУТНИКИ ГАЛАКТИК

▼ Карликовая галактика Печи, спутник Млечного Пути, — это всего лишь огромный рой звезд. В карликовых галактиках почти нет газа.

► Карликовая галактика Рыб, вероятно, спутник галактики Треугольника.



◀ M32 — относительно небольшая эллиптическая галактика, обращающаяся вокруг галактики Андромеды. В ее центре — массивная черная дыра.

Местная группа состоит из трех больших спиральных галактик (Млечный Путь, галактика Андромеды и галактика Треугольника) и примерно десяти эллиптических или имеющих неправильную форму галактик меньших размеров. Намного больше в этой группе галактик-спутников, которые роятся вокруг больших спиралей, как мошки вокруг лампы.

Примечательно, что у галактики Треугольника спутников нет (возможно, за исключением малой галактики LGS3). Однако и у Млечного Пути, и у галактики Андромеды их много. Чаще всего такая галактика-спутник — плохо различимая агломерация нескольких миллионов звезд протяженностью в несколько тысяч световых лет.

Две большие спиральные галактики Местной группы, вероятно, росли за счет поглощения малых галактик-спутников, и этот процесс продолжается до сих пор. Например, карликовая галактика Стрельца заметно вытянута приливными силами Млечного Пути и, в конце концов, будет им поглощена, а большое шаровое скопление Омеги Центавра, возможно, было ядром карликовой галактики, разорванной на части.

Исследование галактик-спутников должно пролить свет на происхождение больших спиральных галактик, о котором мы пока знаем очень мало. Согласно космологическим теориям и компьютерному моделированию большие галактики должны иметь намного больше спутников, чем их наблюдается. Возможно, эти сотни галактик-спутников на деле существуют, но состоят в основном из темной материи и в них практически нет звезд.

Пространственное распространение галактик-спутников пока остается загадкой для астрономов. Например, у галактики Андромеды все спутники лежат примерно в одной плоскости, и этому пока нет никакого убедительного объяснения.

# В ОБЛАКАХ

Еще в X столетии в своей «Книге неподвижных звезд» персидский астроном Абдуррахман ас-Суфи писал о небольших, едва различимых облаках в ночном небе Южного полушария. Но в западном мире два крупнейших спутника Млечного Пути стали известны только в 1519 году, когда португальский мореплаватель Фернан Магеллан вернулся из своего кругосветного путешествия. И теперь мы знаем их как Большое и Малое Магеллановы Облака.

Большое Магелланово Облако имеет поперечник примерно в 15 000 световых лет и содержит несколько миллиардов звезд. Возможно, когда-то это была маленькая спиральная галактика с перемычкой, которую затем очень сильно деформировали приливные силы Млечного Пути. Это облако расположено на расстоянии около 167 000 световых лет.

В этой галактике много межзвездного газа и пыли, и поэтому уровень активности звездообразования у нее намного выше, чем у Млечного Пути. Туманность Тарантул с очень плотным звездным скоплением 30 Золотой Рыбы — одна из самых больших областей звездообразования, известных астрономам. Если бы она была на таком же расстоянии от Земли, как туманность Ориона, у нас ночью было бы светло, как днем.

В Большом Магеллановом Облаке десятки шаровых скоплений, сотни рассеянных звездных скоплений и планетарных туманностей. В этой галактике вспыхнула Сверхновая 1987А. Удивительная особенность Магеллановых Облаков в том, что они содержат намного меньше тяжелых элементов, чем Млечный Путь. Эти «металлы» (так астрономы называют на своем жаргоне все элементы тяжелее водорода и гелия) постепенно образуются в ходе термоядерного синтеза внутри звезд, поэтому считается, что Магеллановы Облака намного моложе Млечного Пути.

► Этот великолепный снимок Большого Магелланова Облака сделан широкоугольным телескопом системы Шмидта Европейской южной обсерватории в Ла Силья (Чили).

▼ Большое Магелланово Облако над антеннами радиотелескопов обсерватории ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) в Чили.



▼ Туманность Тарантул — самая крупная область звездообразования в Большом Магеллановом Облаке и одна из крупнейших известных областей звездообразования.



## Паспорт

Имя: Большое Магелланово Облако

Созвездие: Золотая Рыба / Столовая Гора

Положение на небе:

Прямое восхождение: 05ч 23м 35с

Склонение:  $-69^{\circ} 45,4'$

Карта звездного неба: 14

Расстояние: 167 000 световых лет

Поперечник: 15 000 световых лет

Тип галактики: SB(s)m

## Паспорт

Имя: Малое Магелланово Облако

Созвездие: Тукан

Положение на небе:

Прямое восхождение: 00ч 52м 45с

Склонение:  $-72^{\circ} 49,7'$

Карта звездного неба: 14

Расстояние: 200 000 световых лет

Поперечник: 7000 световых лет

Тип галактики: SB(s) m pec

# НАСЛЕДИЕ ГЕНРИЕТТЫ ЛИВИТТ

Малое Магелланово Облако дальше от нас, чем Большое, и в нём гораздо меньше звезд (всего пара сотен миллионов). Поэтому на небе его заметить труднее, хотя в безлунную ночь в Южном полушарии его нетрудно разглядеть невооруженным глазом. Как и Большое Магелланово Облако, Малое в прошлом могло быть маленькой спиральной галактикой с перемычкой, сильно деформированной приливными силами Млечного Пути.

Малое Магелланово Облако сыграло важную роль в определении шкалы космических расстояний. В конце XIX века его регулярно фотографировали астрономы Гарвардского университета, которые открыли в Южном полушарии наблюдательную станцию в перуанском городе Арекипа. Полученные в Арекипе фотопластинки отправлялись в Кембридж, в штате Массачусетс, где их измеряла и анализировала молодой астроном Генриетта Ливитт.

Ливитт обнаружила в Малом Магеллановом Облаке большое количество цефеид — пульсирующих звезд, которые периодически меняют свой блеск на протяжении нескольких дней или недель. Она увидела, что существует связь между периодом пульсации цефеиды и её светимостью — у слабых звезд период короче, чем у ярких. После того как зависимость «период-светимость», названная законом Ливитт, полностью подтвердилась, ее стали использовать для определения расстояний до других галактик.

▼ В нижнем правом углу этого снимка Малого Магелланова Облака — большое шаровое скопление 47 Тукана, части нашей галактики Млечного Пути.

▲ В Малом Магеллановом Облаке много областей звездообразования.

▼ Генриетта Ливитт (третья слева) вместе с другими женщинами — ассистентками Гарвардского университета.



# ГАЗОВЫЙ МОСТ

В 1960-е годы астрономы открыли между Большим и Малым Магеллановыми Облаками «мост» из нейтрального водорода. Однако Магелланов Мост по размеру значительно меньше открытого в 1970-е годы Магелланова Потока, тоже состоящего из холодного водородного газа. Наблюдать такие объекты можно только в радиодиапазоне. Длина Магелланова Потока — не менее 600 000 световых лет; он соединяет оба Магеллановых Облака с Млечным Путем.

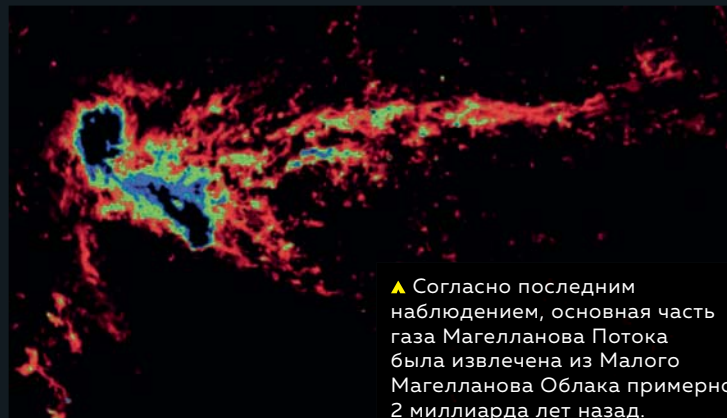
Водородная струя, образующая Магелланов Поток, когда-то была извлечена из состава Магеллановых Облаков приливными силами Млечного Пути. Составив карту пространственного распределения этого газа, можно больше узнать о том, какими путями происходила эволюция этих спутников Млечного Пути на протяжении последних нескольких миллиардов лет.

Этот анализ показывает, что примерно 2,5 миллиарда лет назад Магеллановы Облака прошли очень близко друг от друга. Спустя примерно полмиллиарда лет Малое Магелланово Облако потеряло значительную часть своих запасов межзвездного газа. Другая часть Магелланова Потока, по-видимому, была извлечена из Большого Магелланова Облака позже.

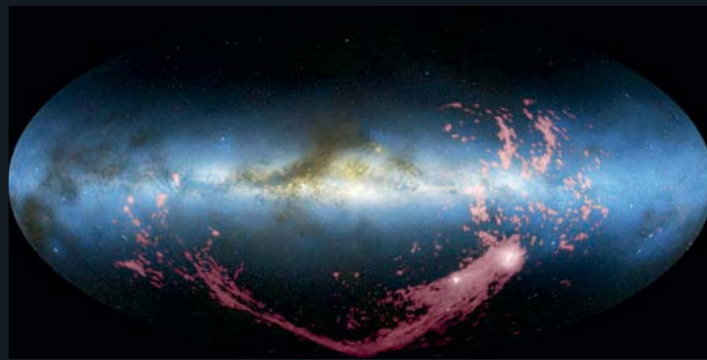
С Космическим телескопом Хаббла были выполнены точные измерения движений отдельных звезд в обоих Магеллановых Облаках. Оказалось, что обе малые галактики движутся с большой скоростью — 300–400 километров в секунду. Поэтому астрономы предполагают, что они не обращаются вокруг Млечного Пути, а пролетают мимо него, деформируясь приливными силами.

◀ На этом снимке звездного неба, составленном с помощью размещенных в разных районах Земли радиотелескопов, Магелланов Поток виден как розовая газовая лента.

▼ Похожие на Магелланов Поток облака нейтрального водородного газа были найдены между галактиками Андромеды и Треугольника.



▲ Согласно последним наблюдениям, основная часть газа Магелланова Потока была извлечена из Малого Магелланова Облака примерно 2 миллиарда лет назад.



## Паспорт

**Имя:** Галактика Андромеды (M31)

**Созвездие:** Андромеда

**Положение на небе:**

**Прямое восхождение:**  
00ч 42м 44с

**Склонение:** +41° 16,1'

**Карта звездного неба:** 2

**Расстояние:** 2,5 млн световых лет

**Диаметр:** 120 000 световых лет

**Тип галактики:** SA(s)b

**Масса черной дыры:** 30 млн масс Солнца

▼ Как и наш Млечный Путь, Андромеда — гигантская спиральная галактика, окруженная малыми галактиками-спутниками.

► На ультрафиолетовом снимке Андромеды, сделанном космическим телескопом GALEX (Galaxy Evolution Explorer), видны кольца из горячих молодых звезд.



◀ Эдвин Хаббл первым обнаружил переменную звезду на фотопластинке с изображением галактики Андромеды 1923 года.

▼ С помощью Космического телескопа Хаббла астрономы могут легко разглядеть отдельные звезды в диске галактики Андромеды.

▼ На этом составном снимке галактики Андромеды инфракрасное излучение космической пыли дано оранжевым цветом, а высокоэнергетическое рентгеновское излучение нейтронных звезд и черных дыр — голубым.

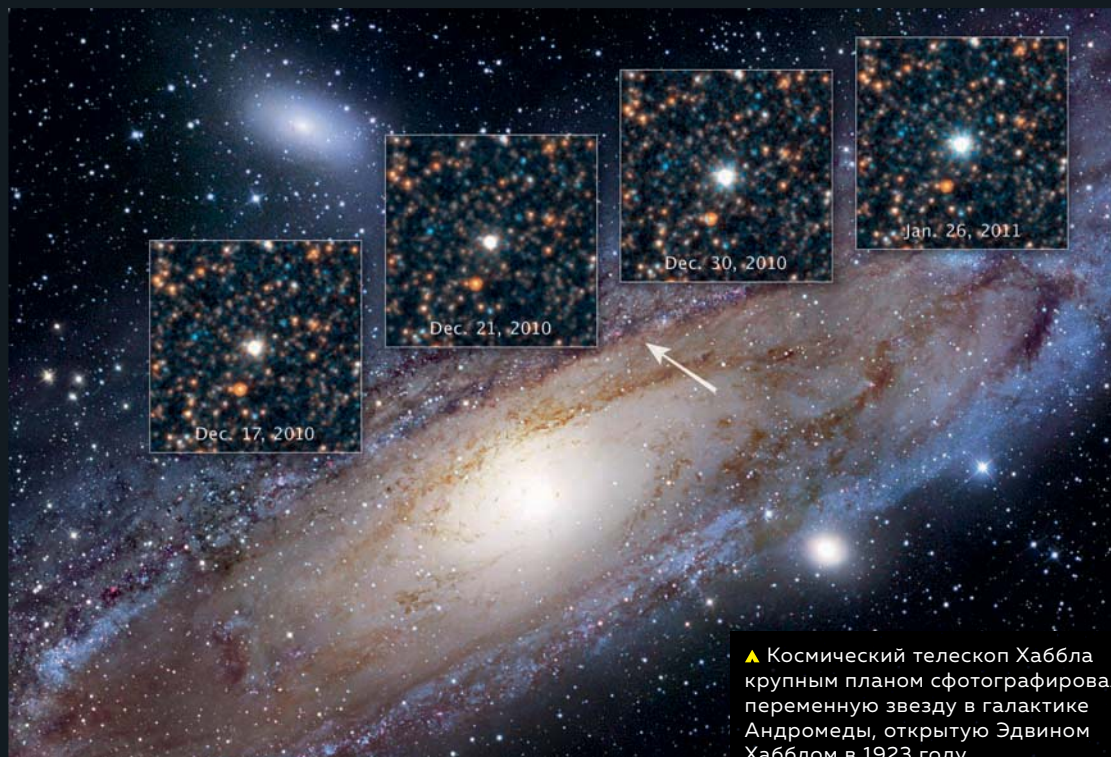
# НАШ КОСМИЧЕСКИЙ СОСЕД

В ясные безлунные осенние ночи в Северном полушарии галактику Андромеды можно увидеть невооруженным глазом как слабое световое пятно к северо-востоку от звезды Нью Андромеды. На расстоянии около 2,5 миллионов световых лет от Земли это один из самых далеких объектов Вселенной, которые можно увидеть без помощи оптических инструментов. Как и два Магеллановых Облака, эту вытянутую туманность первым описал персидский астроном ас-Суфи в X веке.

Долгое время астрономы спорили о подлинной природе спиральных туманностей, таких как туманность Андромеды. Одни считали, что это туманности Млечного Пути, другие — что это отдельные «островные вселенные» (галактики). Только в 1920-е годы Эдвин Хаббл открыл в галактике Андромеды цефеиды, расстояние

до которых можно измерить, и этим доказал, что она является спиральной галактикой, сравнимой с Млечным Путем.

Измерения, выполненные на космическом телескопе «Спитцер», показали, что в галактике Андромеды примерно триллион звезд — почти вдвое больше, чем в Млечном Пути. Андромеда значительно больше Млечного Пути и по размеру — это крупнейшая галактика в Местной группе. Но, как ни странно, общая масса галактики Андромеды, включая темную материю, примерно на 35% меньше, чем у Млечного Пути, и похоже, что и звезды в ней образуются менее активно. Так как мы не можем наблюдать Млечный Путь снаружи, а значит, никогда не сможем составить о нём полного представления, получается, что галактика Андромеды — самая исследованная галактика Вселенной.



▲ Космический телескоп Хаббла крупным планом сфотографировал переменную звезду в галактике Андромеды, открытую Эдвином Хабблом в 1923 году.

# КУРС НА СТОЛКНОВЕНИЕ

**ПРИМЕРНО ЧЕРЕЗ ЧЕТЫРЕ МИЛЛИАРДА ЛЕТ** в Местной группе галактик случится космическое дорожно-транспортное происшествие. Млечный Путь и галактика Андромеды столкнутся, а еще через пару миллиардов лет сольются и образуют одну гигантскую эллиптическую галактику. Совершенно неизвестно, уцелеет ли в этом столкновении наша Солнечная система: вполне возможно, что гравитационные возмущения выбросят Солнце вместе с его планетами в межгалактическое пространство.

Астрономы уже почти 100 лет знают, что эти две большие галактики сближаются со скоростью примерно 110 километров в секунду. Однако только в 2012 году удалось измерить минимальную поперечную скорость галактики Андромеды. Если бы она оказалась достаточно большой, галактики могли бы пройти друг мимо друга на небольшом расстоянии. Однако, измеренная

поперечная скорость оказалась не более 17 километров в секунду, а значит, столкновение Млечного Пути и галактики Андромеды неминуемо.

Пока астрономам неизвестна точная судьба галактики Треугольника (третьей большой галактики Местной группы). Возможно, она столкнется с Млечным Путем еще раньше, а может быть, в отдаленном будущем станет двигаться по орбите вокруг гигантской эллиптической галактики, которая возникнет в результате столкновения Млечного Пути и галактики Андромеды (эту будущую галактику уже прозвали *Млекомедой*).

Столкновение галактики Андромеды с Млечным Путем не будет первым «дорожно-транспортным происшествием» в истории Местной группы. Вероятно, сама галактика Андромеды пять с половиной миллиардов лет назад образовалась в результате столкновения и слияния двух галактик меньшего размера.

► Спиральная галактика М33, она же галактика Треугольника — самая маленькая из трех больших галактик Местной группы.

▼ Через несколько миллиардов лет ночное небо Земли озарит свет галактики Андромеды — она сольётся с нашим Млечным Путем в одну гигантскую эллиптическую галактику — Млекомеду.



▼ Радионаблюдения показывают, что облака холодного водорода (пурпурный цвет) распространяются далеко за пределы видимого диска галактики Треугольника.



# ГАЛАКТИЧЕСКАЯ ТРИАНГУЛЯЦИЯ

Как и галактика Андромеды, галактика Треугольника получила своё имя по названию созвездия, в котором она расположена — маленького созвездия Треугольника между Андромедой и Орионом. Эта слабая спиральная галактика была обнаружена только после изобретения телескопа, хотя если у вас очень хорошее зрение, то при исключительно благоприятных условиях вы можете попробовать увидеть ее невооруженным глазом. Это самая маленькая из трех крупных галактик Местной группы: ее диаметр — примерно 50 000 световых лет, и по размеру она вдвое меньше Млечного Пути. Галактика Треугольника содержит примерно 40 миллиардов звезд. Любопытно, что в ядре этой спиральной галактики, оказывается, нет черной дыры.

В начале XX века голландско-американский астроном Адриан ван Маанен решил, что ему удалось измерить вращение галактики Треугольника. Из своих расчетов ван Маанен сделал вывод, что эта спиральная галактика находится на расстоянии не более 1 миллиона световых лет. Однако впоследствии оказалось, что в его расчетах есть систематические ошибки. На самом деле галактика Треугольника удалена от нас на расстояние 2,5–3 миллиона световых лет. К галактике Андромеды, однако, она намного ближе (примерно в одном миллионе световых лет), поэтому некоторые астрономы рассматривают её как большой спутник галактики Андромеды.

В галактике Треугольника много больших областей звездообразования. Самая крупная из них — NGC 604, грандиозное облако горячего газа диаметром около 1500 световых лет, примерно в 40 раз больше туманности Ориона. Ее открыл в 1784 году Уильям Гершель, задолго до того, как мы узнали истинную природу галактики Треугольника.

▼ NGC 604 — гигантские звёздные ясли в галактике Треугольника, открытые Уильямом Гершелем еще в 1784 году.



## Паспорт

Имя: Галактика Треугольника (M31)

Созвездие: Треугольник

Положение на небе:

Прямое восхождение: 01ч 33м 50с

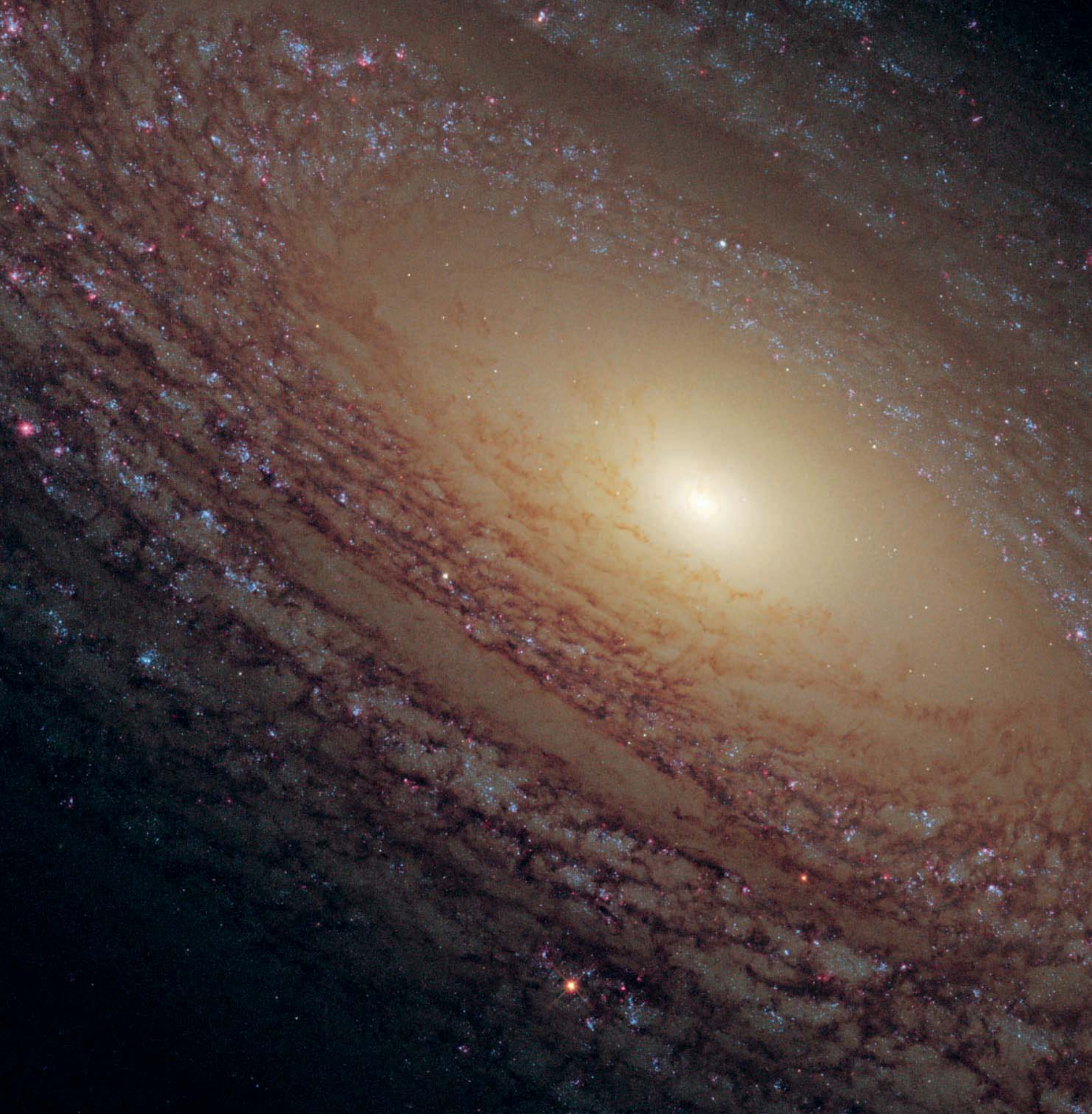
Склонение: +30° 39,6'

Карта звездного неба: 2

Расстояние: 2,5–3 млн световых лет

Диаметр: 50 000 световых лет

Тип галактики: SA(s)cd



# ГАЛАКТИКИ

**ЕСЛИ СЧИТАТЬ ЗВЕЗДЫ ОБИТАТЕЛЯМИ КОСМОСА**, то галактики — это деревни и города, в которых они живут. Почти все звезды во Вселенной находятся в галактиках; в межгалактическом пространстве они встречаются очень редко. Галактики — маленькие островки света в безмерном океане космической тьмы.


Только в начале XX века астрономы поняли, что наш Млечный Путь — лишь одна из бесчисленных галактик Вселенной. Теперь мы знаем, что наблюдаемая часть Вселенной содержит сотни миллиардов галактик. Среди них можно найти галактики самых разных типов: величественные спирали, подобные Млечному Пути галактики с перемычкой, колоссальные эллиптические галактики, бесформенные «неправильные» галактики, карликовые галактики и, наконец, так называемые «галактики со вспышками звездообразования», в которых много областей очень активного звездообразования.

Одиночные галактики встречаются редко. Большие галактики окружены свитой малых галактик-спутников и сами практически всегда входят в состав групп или скоплений. Иногда две галактики очень тесно сближаются или даже сталкиваются. При таких космических столкновениях образуются великолепные приливные «хвосты»; к тому же они обычно сопровождаются «беби-бумом» — рождением множества новых звезд.


Практически у всех галактик в ядре есть сверхмассивная черная дыра. Если она поглощает очень много вещества, в её ближайшей окрестности начинает вырабатываться огромное количество энергии, и тогда эту галактику можно видеть на расстоянии в миллиарды световых лет. Такие активные ядра галактик называются квазарами. Изучение далеких галактик показывает, что самые большие галактики нынешней Вселенной образовались в результате столкновений и слияний множества малых галактик неправильной формы.

◀ Спиральная галактика NGC 2841 находится на расстоянии 30 миллионов световых лет от нас в созвездии Большой Медведицы. Эта галактика не отличается большой активностью, но ее спиральные ветви насыщены яркими областями звездообразования.


# ФОРМЫ И РАЗМЕРЫ



▲ По пылевым облакам можно проследить очертания спиральной галактики NGC 4414.



▲ Карликовая неправильная галактика I Zwicky 18 гораздо меньше нашего Млечного Пути.



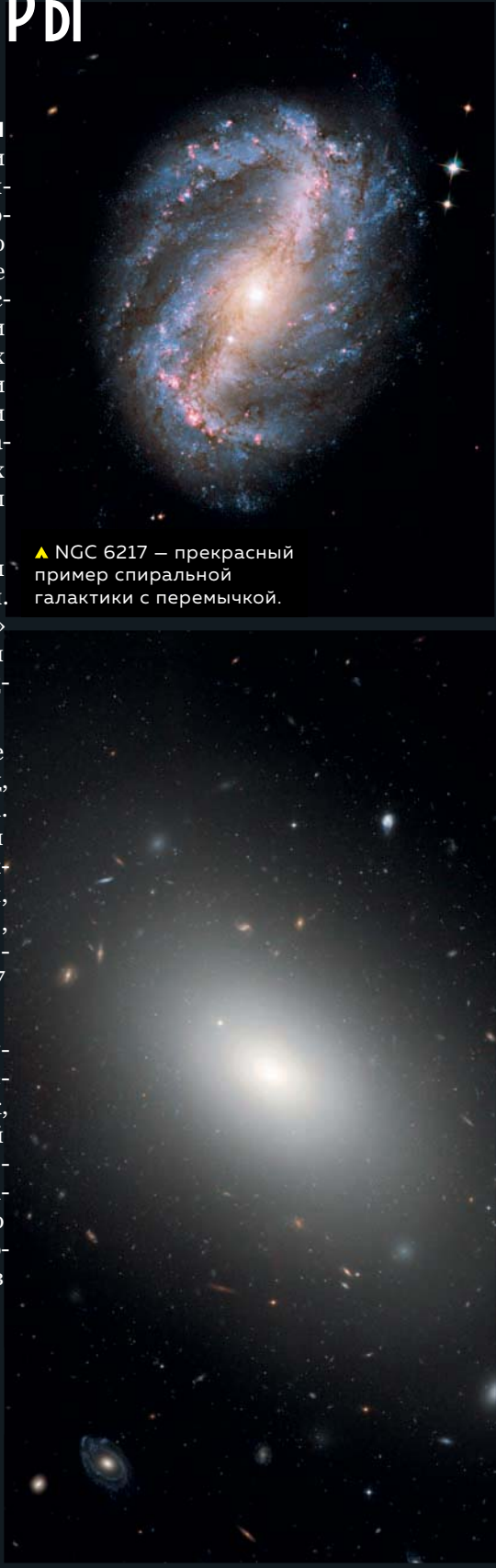
▲ NGC 4866 относится к так называемым линзообразным галактикам: она плоская, но без спиральных ветвей.

**У ГАЛАКТИК САМЫЕ РАЗНООБРАЗНЫЕ ФОРМЫ** и размеры. В самых общих чертах, все галактики можно разбить на две группы: спиральные и эллиптические. Спиральные галактики (тип S) состоят из трёх основных структурных частей: плоского вращающегося диска, содержащего газ и богатые пылью спиральные рукава, где в основном и происходит звездообразование; центральной выпуклости или балджа, состоящего из гораздо более старых звезд; и протяжённого гало из тёмной материи и шаровых скоплений. Спиральные галактики подразделяются на три подтипа (Sa, Sb и Sc) в зависимости от того, насколько туго закручены их спиральные рукава: в галактиках Sa они закручены очень туго, а в галактиках Sc — слабо.

Во многих спиральных галактиках, включая и наш Млечный Путь, центральный балдж вытянутый. О происхождении такой перемычки или «бара» известно очень мало. Спиральные галактики с перемычкой (тип SB) тоже делятся на три подтипа: SBa, SBb и SBc.

Эллиптические галактики (тип E) — трехмерные агломерации, почти целиком состоящие из звезд, с очень малым количеством межзвездного газа. Движение звезд в них менее организовано, чем в спиральных галактиках. Эллиптические галактики имеют разнообразные формы и размеры, от сферических (E0) до очень вытянутых (E9), от карликовых до гигантских галактик с триллионами звезд, как, например, галактика M87 в созвездии Девы.

Линзовидные галактики (тип S0) — промежуточный тип между спиральными и эллиптическими галактиками. У них есть спиральный диск, но почти весь их объём занимает сплюснутый центральный балдж, и они очень похожи на эллиптические галактики. Последний тип — неправильные галактики (тип Irr), которые чаще всего представляют собой относительно маленькие агломерации из нескольких сотен миллионов звезд без четкой структуры.



▶ Гигантская эллиптическая галактика NGC 1132 на фоне более слабых и далеких галактик.

▲ NGC 6217 — прекрасный пример спиральной галактики с перемычкой.

# СПИРАЛЬНАЯ КРАСАВИЦА

**ВЕЛИКОЛЕПНАЯ СПИРАЛЬНАЯ ГАЛАКТИКА** Мессье 81 (M81) в созвездии Большой Медведицы называется ещё галактикой Бодэ в честь немецкого астронома Иоганна Элерта Бодэ, открывшего ее в 1774 году. M81 находится от нас на расстоянии около 12 миллионов световых лет, всего лишь впятеро дальше галактики Андромеды. Однако она не входит в Местную группу, а вместе с более чем тридцатью соседними галактиками образует независимую группу. Так как M81 находится относительно близко к Земле, ее можно увидеть даже в небольшой телескоп.

Как и во всех спиральных галактиках, звездообразование в M81 в основном идёт в спиральных рукавах — там находится основной запас межзвездного газа и пылевые облака. Мощное излучение молодых горячих звезд так разогревает пыль в спиральных рукавах, что она начинает излучать инфракрасный

свет. Таким образом, основная часть теплового излучения этой галактики исходит из спиральных рукавов.

В центре M81 лежит сверхмассивная черная дыра с массой около 70 миллионов масс Солнца — в 17 раз более массивная, чем черная дыра в ядре Млечного Пути. Активность этой черной дыры тоже выше, чем у черной дыры нашего Млечного Пути — возможно, она подпитывается газом, появившимся в ядре M81 в результате случившегося примерно полмиллиарда лет назад столкновения с соседней галактикой M82 (галактика Сигара).

В 1993 году на периферии галактики M81 вспыхнула сверхновая. Звезда, которая завершила свой жизненный путь катастрофическим взрывом, была идентифицирована по архивным фотографиям и оказалась красным сверхгигантом.

◀ Изображения M81, полученные на разных длинах волн инфракрасного диапазона (24, 70 и 160 микрон), позволяют выявить в ее спиральных рукавах области звездообразования.

▼ Галактика Бодэ — слабо закрученная спираль на расстоянии около 12 миллионов световых лет.

## Паспорт

Имя: Галактика Бодэ (M81)

Созвездие: Большая Медведица

Положение на небе:

Прямое восхождение: 09ч 55м 33с

Склонение: +69° 03,9'

Карта звездного неба: 1

Расстояние: 12 млн световых лет

Диаметр: 90 000 световых лет

Тип галактики: SA(s)ab

Масса черной дыры: 70 млн масс Солнца

## Паспорт

Имя: Галактика Вертушка (M101)

Созвездие: Большая Медведица

Положение на небе:

Прямое восхождение: 14ч 03м 13с

Склонение: +54° 21,0'

Карта звездного неба: 6

Расстояние: 21 млн световых лет

Диаметр: 170 тысяч световых лет

Тип галактики: SA(s)ab

# ФОТОПОРТРЕТ ПРЕКРАСНОЙ ВЕРТУШКИ

**КАК И ГАЛАКТИКА БОДЕ (M81)**, галактика Вертушка (M101) находится в созвездии Большой Медведицы. Однако она вдвое дальше, чем M 81, — на расстоянии 21 миллиона световых лет, поэтому ее можно увидеть только в довольно сильный телескоп. С другой стороны, M101 — очень большая галактика, поперечником примерно в 170 тысяч световых лет, на 70% больше Млечного Пути.

У M101 довольно асимметричная структура — ее яркое ядро лежит вне центра протяжённого диска. В диске со слабо закрученными рукавами (M101 — галактика типа Sc) много ярких областей звездообразования, некоторые из которых еще в XVIII веке описал Уильям Гершель. Однако спиральную структуру галактики открыл только через 100 лет после него ирландский астроном Уильям Парсонс (лорд Росс).

Резко асимметричная структура M101, возможно, объясняется влиянием гравитационных приливных сил её пяти галактик-спутников. У ее ближайшего спутника NGC 5474 диск тоже асимметричный.

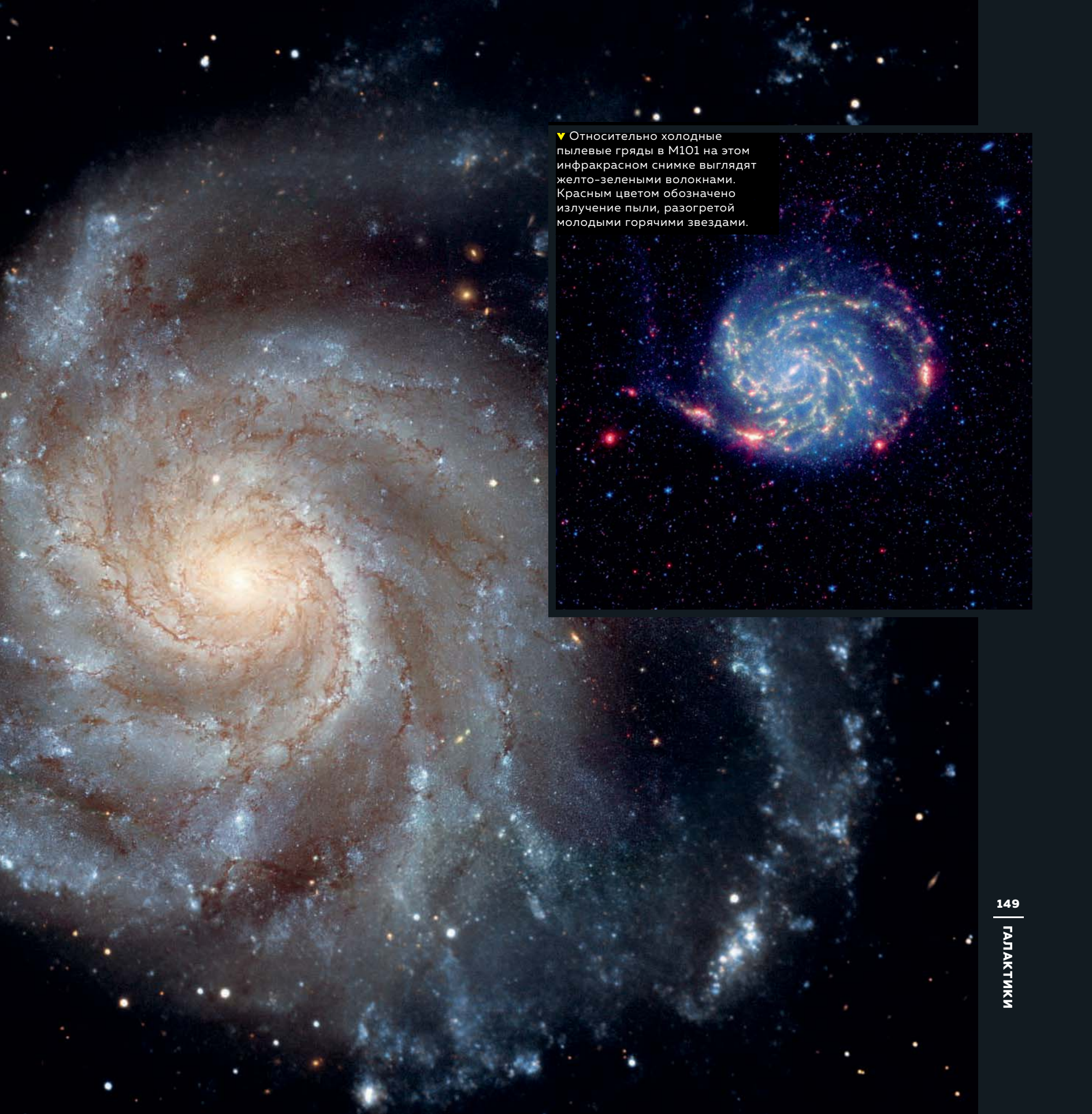
Спиральная галактика M100 вдвое дальше от нас, чем галактика Вертушка. Она получила известность в середине 1900-х годов, когда стала первой галактикой за пределами Местной группы, в которой с Космическим телескопом Хаббла нашли индивидуальные цефеиды. Мы знаем, что период пульсаций этих переменных звезд связан с их светимостью и что расстояние до галактики можно точно рассчитать, сравнивая определенную по измеренному периоду пульсаций светимость звезды и её видимую яркость. Эти измерения стали важным этапом калибровки космической шкалы расстояний, построение которой и было одной из главных целей «Хаббла».



▼ Выполненные на Космическом телескопе Хаббла наблюдения галактики M100 сыграли громадную роль в определении масштаба расстояний Вселенной.



► Галактика Вертушка — гигантская, немного асимметричная спиральная галактика, видимая почти плашмя.



▼ Относительно холодные пылевые гряды в M101 на этом инфракрасном снимке выглядят желто-зелеными волокнами. Красным цветом обозначено излучение пыли, разогретой молодыми горячими звездами.



## Паспорт

Имя: Галактика Водоворот (M51)

Созвездие: Гончие Псы

Положение на небе:

Прямое восхождение: 13ч 29м 53с

Склонение: +47° 11,7'

Карта звездного неба: 5

Расстояние: 23 млн световых лет

Диаметр: 85 000 световых лет

Тип галактики: SA(s) bc pec

Масса черной дыры: 1 млн масс Солнца

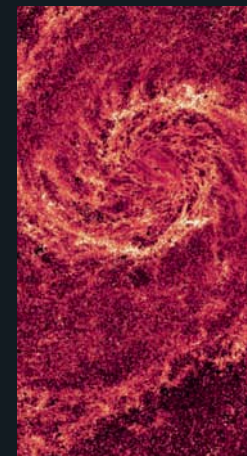
# ВНИЗ К ВОДОВОРОТУ

**В 1845 ГОДУ** ирландский астроном Уильям Парсонс (лорд Росс) направил свой колоссальный по тем временам 1,8-метровый телескоп на туманное пятно в небольшом созвездии Гончих Псов, открытое французским астрономом Шарлем Мессье ещё в 1773 году и внесённое в его каталог как M51. Парсонс увидел в телескоп, что структура этой туманности похожа на водоворот. Спиральную структуру Парсонс первым открыл и у некоторых других туманностей.

Сейчас получены подробные изображения галактики M51, прозванной Водоворотом, причём самые лучшие из них — на Космическом телескопе Хаббла. Это впечатляющая спираль с двумя рукавами на расстоянии около 23 миллионов световых лет. По размерам она немного меньше Млечного Пути — её поперечник составляет 85 000 световых лет. Так как мы видим эту галактику почти точно «плашмя», её спиральная структура видна со всеми подробностями.

Один из спиральных рукавов M51 заканчивается практически прямым хвостом из газа, пыли и звезд. На самом конце этого рукава видна небольшая галактика-спутник NGC 5195, которую наблюдал ещё Парсонс. Сейчас при наблюдениях с Земли эта галактика несколько заслонена галактикой M51, но компьютерное моделирование показало, что несколько миллионов лет назад она должна была пройти через внешние области галактики Водоворот.

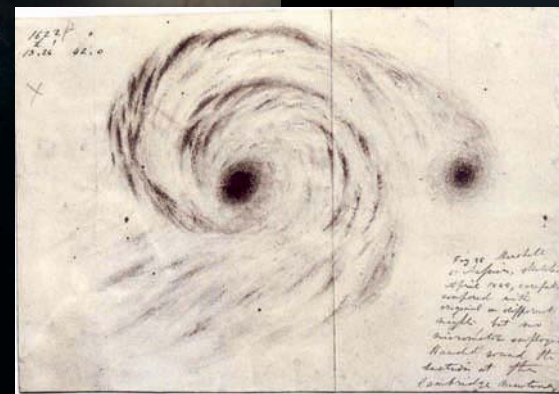
Столкновение с NGC 5195 не только повлияло на спиральную структуру M51, но и активизировало звездообразование в ядре и спиральных рукавах большей галактики. Инфракрасные фотографии галактики Водоворот показывают, как пыль распределяется по её спиральным рукавам. На этих фотографиях видны и многочисленные небольшие скопления молодых звезд.



▲ На этом снимке, полученном в ближней инфракрасной области спектра камерой NICMOS (Near-Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer) Космического телескопа Хаббла, видны узкие полосы пыли в диске галактики Водоворот.

◀ Один из спиральных рукавов галактики Водоворот вытянут притяжением небольшой галактики-спутника.

▼ Эту детальную зарисовку спиральной структуры M51 сделал в 1848 году Уильям Парсонс (лорд Росс).



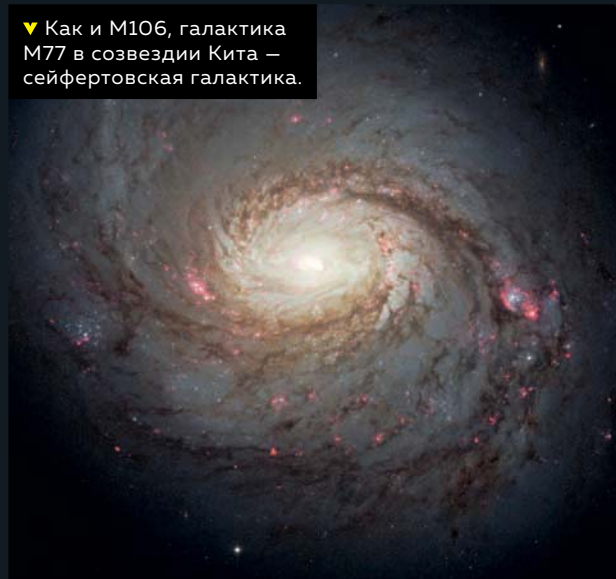
# ГАЛАКТИКА — ГЕНЕРАТОР ЭНЕРГИИ

**АМЕРИКАНСКИЙ АСТРОНОМ** Карл Сейферт в 1943 году установил, что ядра некоторых галактик излучают огромное количество энергии в определённых спектральных линиях — на определенных длинах волн. Такие эмиссионные линии — признак присутствия огромного количества очень горячего газа. Сегодня такая активность галактических ядер объясняется тем, что в центрах этих галактик (их называют сейфертовскими) лежат сверхмассивные черные дыры, окруженные вращающимися дисками очень горячего газа.

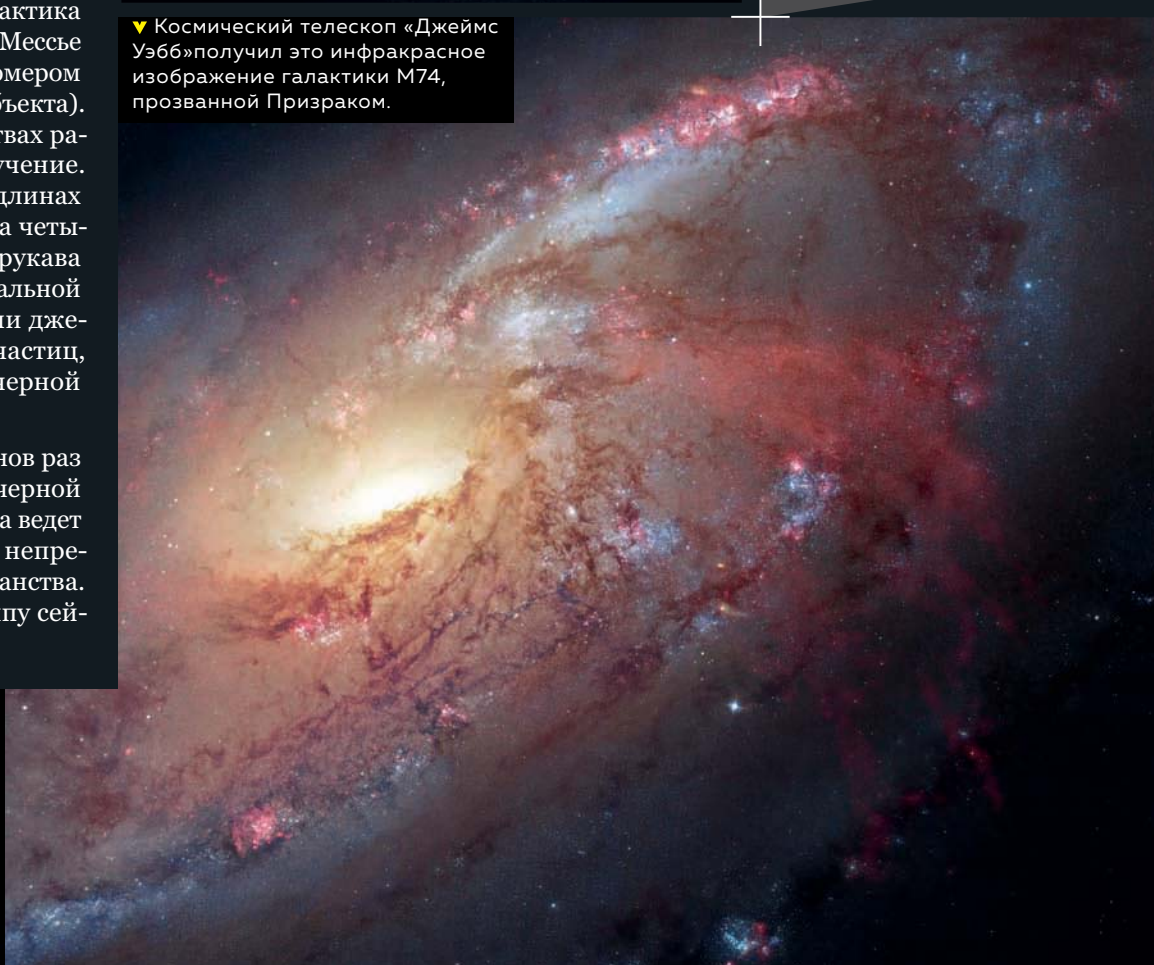
Ближайшая к нам сейфертовская галактика на расстоянии 24 миллионов световых лет — M106 в созвездии Гончих Псов. Ее открыл в 1781 году французский астроном Пьер Мешен. В начале XX века эта галактика была добавлена в составленный когда-то Шарлем Мессье список «туманных объектов» туманностей под номером 106 (первоначально в списке Мессье было 103 объекта). M106 также вырабатывает в огромных количествах радиоволны, рентгеновское и инфракрасное излучение. Составные изображения, сделанные на разных длинах волн, показывают, что у этой галактики не два, а четыре спиральных рукава: два «дополнительных» рукава состоят из горячего газа, выброшенного из центральной плоскости галактики. Возможно, его выбросили джеты: мощные струи электрически заряженных частиц, вытекающие из окрестностей сверхмассивной черной дыры в ядре галактики.

Масса этой черной дыры примерно в 40 миллионов раз больше, чем у Солнца, и в 10 раз больше, чем у черной дыры в ядре Млечного Пути. «Наша» черная дыра ведет себя очень спокойно, зато черная дыра в M106 непрерывно поглощает газ из окружающего её пространства. Именно поэтому мы относим эту галактику к типу сейфертовских.

▼ Как и M106, галактика M77 в созвездии Кита — сейфертовская галактика.



▼ Космический телескоп «Джеймс Уэбб» получил это инфракрасное изображение галактики M74, прозванной Призраком.



◀ Наложённые друг на друга на этом составном снимке изображения галактики M106 в радиодиапазоне, в инфракрасных, оптических и рентгеновских лучах ясно показывают присутствие двух аномальных спиральных ветвей.



## Паспорт

Имя: M106

Созвездие: Гончие Псы

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
12ч 18м 58с

Склонение: +47° 18,2'

Карта звездного неба: 5

Расстояние: 24 млн  
световых лет

Диаметр: 140 000  
световых лет

Тип галактики: SAB(s)bc

Масса черной  
дыры: 40 млн масс  
Солнца

# ЗВЕЗДЫ В ПЕРЕМЫЧКЕ


**ГАЛАКТИКУ NGC 1300** можно — неофициально, конечно — назвать «Садовой Поливалкой», так как ее спиральные рукава расходятся от центральной перемычки точно так же, как струи воды — от вращающейся поливалки.

NGC 1300 была открыта в 1835 году Джоном Гершелем. Это спиральная галактика с перемычкой на расстоянии примерно 60 миллионов световых лет, расположенная в созвездии Эридана в Южном полушарии. Она примерно такого же размера, как Млечный Путь, и похожей структуры: в ядре Млечного Пути тоже есть небольшая перемычка.

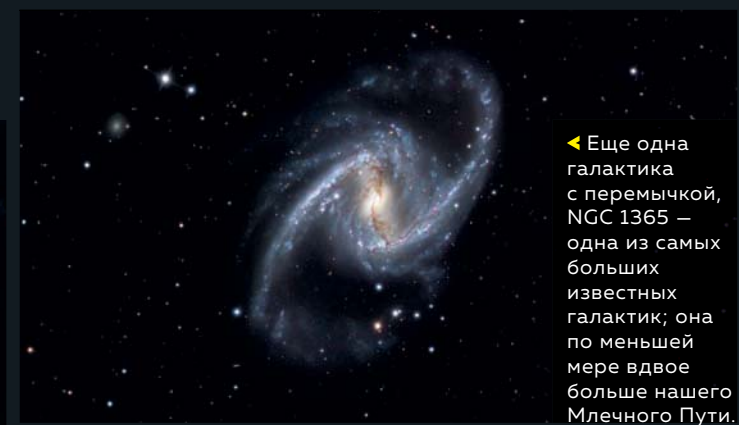
Мы пока точно не знаем, как образуются в галактиках такие состоящие из звезд вытянутые центральные перемычки. Возможно, газ переносится в центр галактики из её внешних областей, и здесь начинают образовываться новые звезды. В результате действия орбитального резонанса и приливных сил звезды выстраиваются в вытянутую структуру, которая затем в течение сотен миллионов лет постепенно меняет свою форму.

Исследования далеких галактик показали, что спиральные галактики с перемычкой в ранней Вселенной встречались относительно редко. В нашу эпоху центральная перемычка есть у двух из трех спиральных галактик. Компьютерное моделирование показывает, что эти перемычки на больших промежутках времени неустойчивы — поэтому считается, что это временная и, возможно, повторно возникающая структурная деталь.

Первые признаки такого процесса, возможно, наблюдаются в галактике NGC 1300: в центральной части перемычки заметно формирование прекрасно очерченной классической спиральной структуры. Кто знает, возможно, через полтора-два миллиарда лет NGC 1300 снова станет «нормальной» спиральной галактикой.



► Сделанный «Хабблом» снимок спиральной галактики с перемычкой NGC 1300 — одна из самых больших фотографий галактики, сделанных космическим телескопом.



◀ Еще одна галактика с перемычкой, NGC 1365 — одна из самых больших известных галактик; она по меньшей мере вдвое больше нашего Млечного Пути.



▲ Инфракрасный снимок NGC 1300, полученный камерой HAWK-I Очень большого телескопа Европейской южной обсерватории.

## Паспорт

Имя: NGC 1300

Созвездие: Зридан

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
03ч 19м 41с

Склонение:  $-19^{\circ} 24,7'$

Карта звездного неба: 9

Расстояние: 61 млн  
световых лет

Диаметр: 110 000  
световых лет

Тип галактики: SB(s)bc

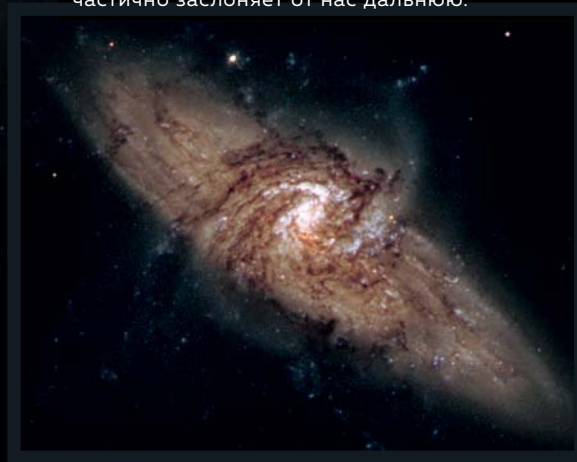
► **Арг 273** – пара взаимодействующих галактик. Вероятно, несколько десятков миллионов лет назад меньшая из двух галактик (внизу) прошла сквозь бóльшую.

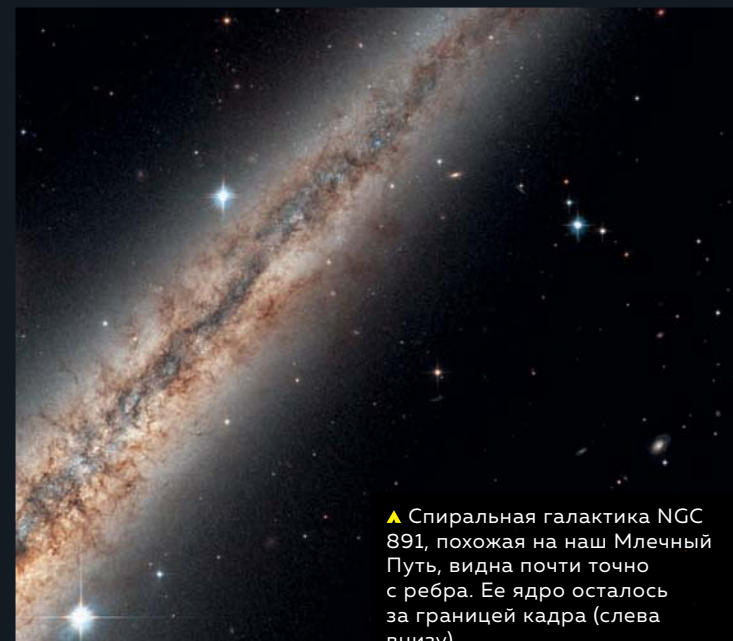
## ГАЛАКТИКИ

В наблюдаемой Вселенной около 100 миллиардов галактик. С Земли мы можем подробно изучать только небольшую часть из них. Однако, как видно из фотографий на этих двух страницах, даже эта малая выборка демонстрирует поразительное разнообразие их форм. И наш Млечный Путь, в котором находится Солнечная система, произвёл бы на нас такое же сильное впечатление, если бы можно было посмотреть на него извне.

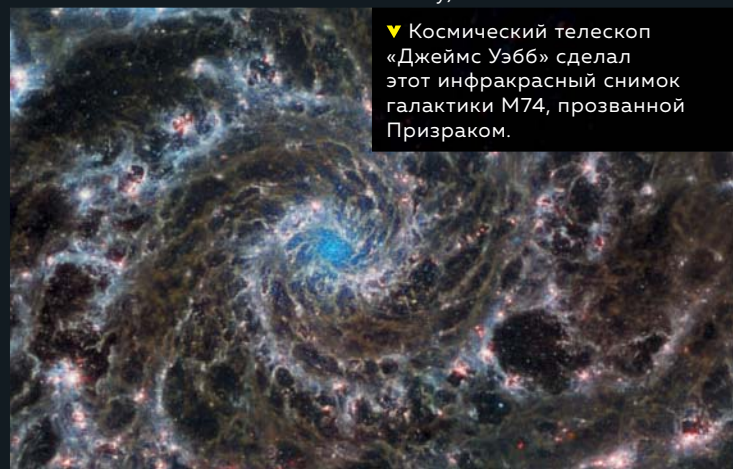
▼ Нет, это не космическое дорожно-транспортное происшествие. **NGC 3314** на деле представляет собой результат случайного наложения изображений двух галактик, находящихся на совершенно разных расстояниях от Земли, – ближняя галактика частично заслоняет от нас дальнюю.

▲ **NGC 1097** – сейфертовская галактика, гравитационно взаимодействующая со своим малым спутником (вверху справа).

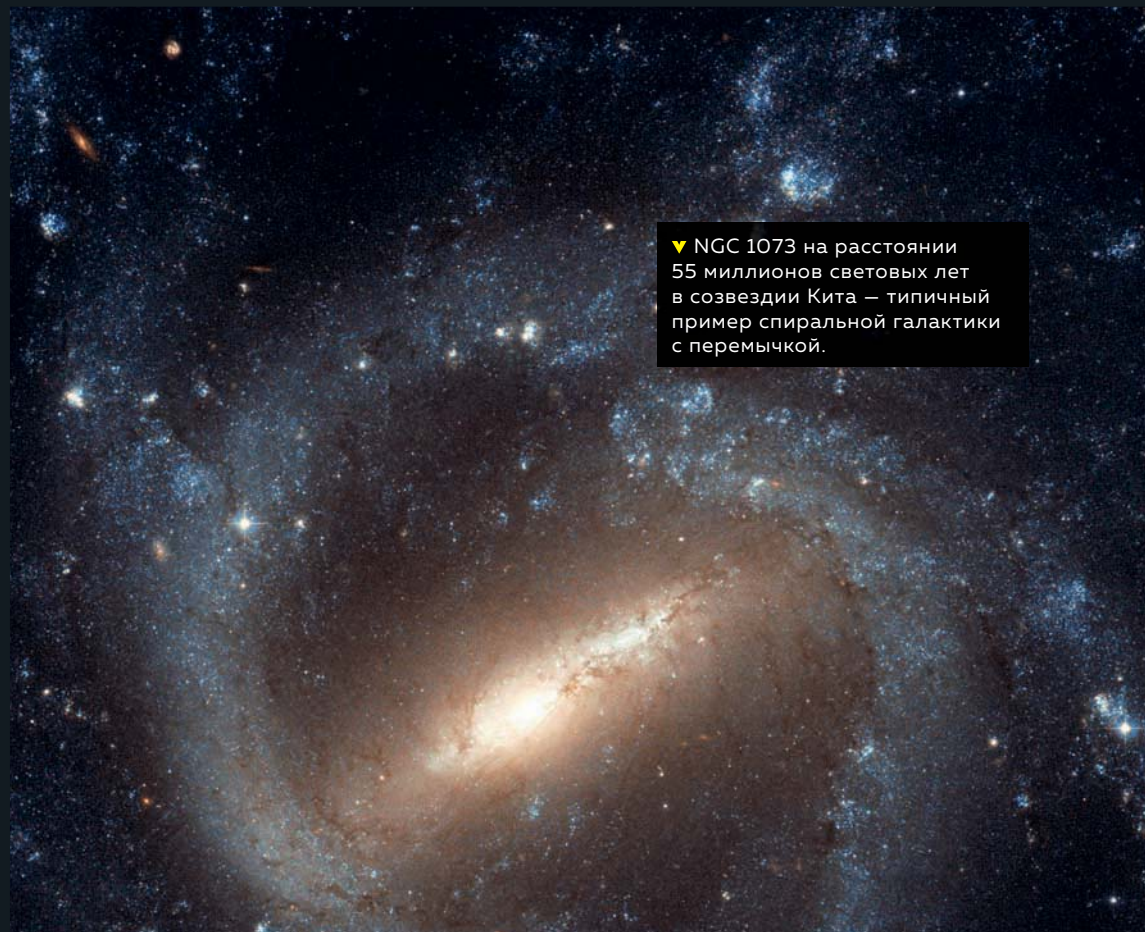




▲ Спиральная галактика NGC 891, похожая на наш Млечный Путь, видна почти точно с ребра. Ее ядро осталось за границей кадра (слева внизу).



▼ Космический телескоп «Джеймс Уэбб» сделал этот инфракрасный снимок галактики M74, прозванной Призраком.



▼ NGC 1073 на расстоянии 55 миллионов световых лет в созвездии Кита — типичный пример спиральной галактики с перемычкой.

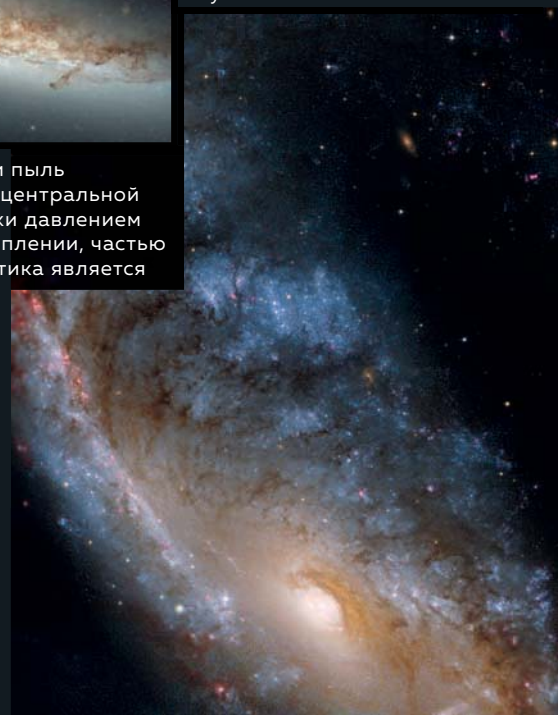


▼ NGC 2442 также называют галактикой Мясной Крюк. Вероятно, ее S-образная форма — результат приливного взаимодействия с прошедшей мимо неё галактикой-спутником.



▲ В NGC 4402 газ и пыль выбрасываются из центральной плоскости галактики давлением горячего газа в скоплении, частью которого эта галактика является

◀ Из-за темной полосы пыли M64 прозвали «галактикой Подбитый Глаз». Вероятно, здесь тоже произошло слияние галактик.



## Паспорт

Имя: Галактики Антенны  
(NGC 4038 / NGC 4039)

Созвездие: Ворон

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
12ч 01м 53с

Склонение:  $-18^{\circ} 53.0'$

Карта звездного неба: 11

Расстояние: 45 млн  
световых лет

Столкновение  
произошло: 600 млн лет  
назад

Тип галактики: SB(s)m  
pec /SA(s)m pec

Длина приливного  
хвоста: 500 000 световых  
лет

# СТОЛКНУЛИСЬ В ЛОБ

**СДЕЛАННОЕ «ХАББЛОМ»** фото галактик Антенны запечатлело космическое «дорожно-транспортное происшествие»: столкновение двух галактик. В результате от их первоначальной формы мало что осталось: одна из них была «нормальной» спиралью, другая — спиралью с перемычкой, а искорёженные обломки разлетелись во все стороны. Однако, чтобы воспроизвести в воображении ход этих катастрофических разрушений, необходимо безмерно ускорить течение времени.

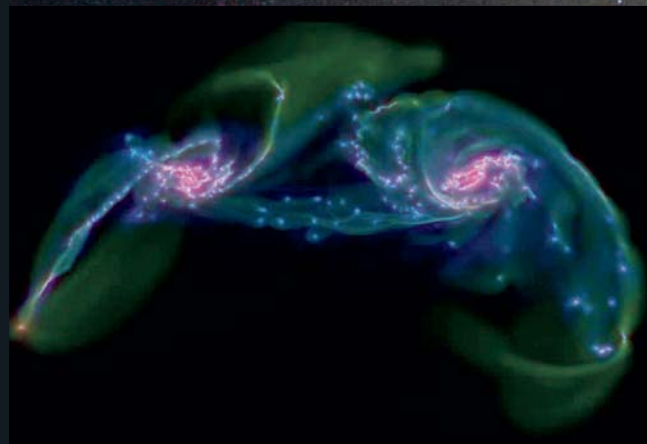
Галактики Антенны — NGC 4038 и 4039 — открыл Уильям Гершель в 1785 году. Он принял этот объект за планетарную туманность, и только позже его сын Джон определил, что на деле это две галактики. Их прозвали Антеннами из-за созданных взаимными приливными силами длинных изогнутых «хвостов» из газа и звезд. Процесс их столкновения сейчас точно реконструирован с помощью компьютерного моделирования.

Немногим менее миллиарда лет назад эти две галактики сблизилась и стали постепенно деформироваться, расплываться и вытягиваться. Затем 600 миллионов лет назад они наконец «столкнулись» и прошли одна сквозь другую, как это в далеком будущем произойдет с Млечным Путём и галактикой Андромеды. Это событие привело к образованию приливных «хвостов». Сейчас две галактики снова сближаются; примерно через 400 миллионов лет они сольются и, возможно, образуют единую большую эллиптическую галактику.

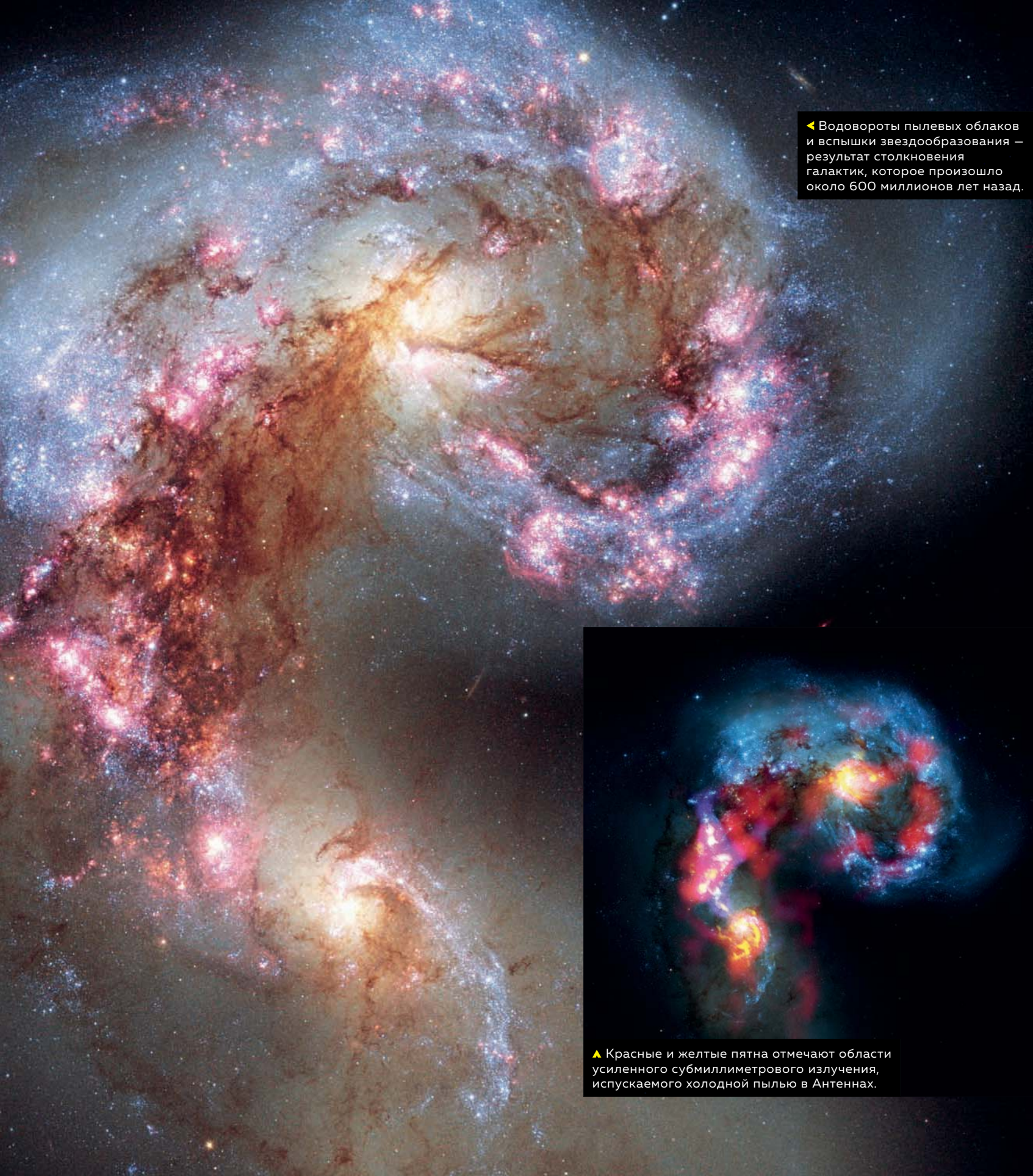
В хаотически структурированной области между двумя галактиками лежат колоссальные газопылевые облака; в будущем здесь должно появиться множество новых звезд. В Антеннах уже сейчас видны яркие молодые сверхскопления.



▲ Приливные взаимодействия между галактиками Антенны привели к образованию изогнутых хвостов из газа и звезд, из-за которых галактики и получили своё название.



► С помощью компьютера была построена модель наблюдаемой структуры галактик Антенны.



◀ Водовороты пылевых облаков и вспышки звездообразования — результат столкновения галактик, которое произошло около 600 миллионов лет назад.



▲ Красные и желтые пятна отмечают области усиленного субмиллиметрового излучения, испускаемого холодной пылью в Антеннах.

## Паспорт

Имя: Галактики Мышки  
(NGC 4676)

Созвездие: Волосы  
Вероники

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
12ч 46м 10с

Склонение: +30° 43,5'

Карта звездного неба: 5

Расстояние: 290 млн  
световых лет

Столкновение  
произошло: 160 млн лет  
назад

Тип галактики: Irr /  
SB(s)0 pec

Длина приливного  
хвоста: 300 000 световых  
лет

# КОСМИЧЕСКИЕ СТОЛКНОВЕНИЯ

**ВО ВСЕЛЕННОЙ** нет дорожных знаков и правил движения, двигатели гравитации всегда работают на полную мощность, и никто не регулирует звездный трафик. Галактики постоянно сталкиваются между собой, особенно в относительно компактных группах и скоплениях. На основе фотографий, сделанных Космическим телескопом Хаббла, был даже составлен полный атлас космических столкновений и слияний галактик *Cosmic Collisions: The Hubble Atlas of Merging Galaxies*.

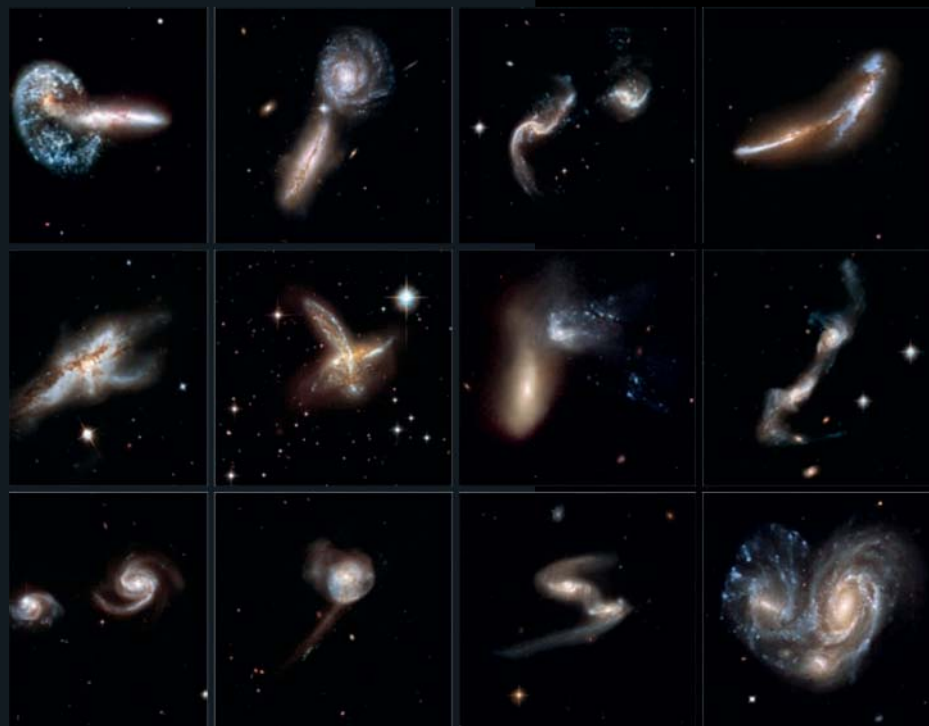
Прекрасный пример двух сталкивающихся галактик — NGC 4676, пара галактик, прозванная Мышками из-за длинных приливных «хвостов». Мышки находятся на расстоянии около 290 миллионов световых лет от Земли в скоплении галактик Волосы Вероники. Скорее всего, эти две галактики в первый раз столкнулись примерно 160 миллионов лет назад.

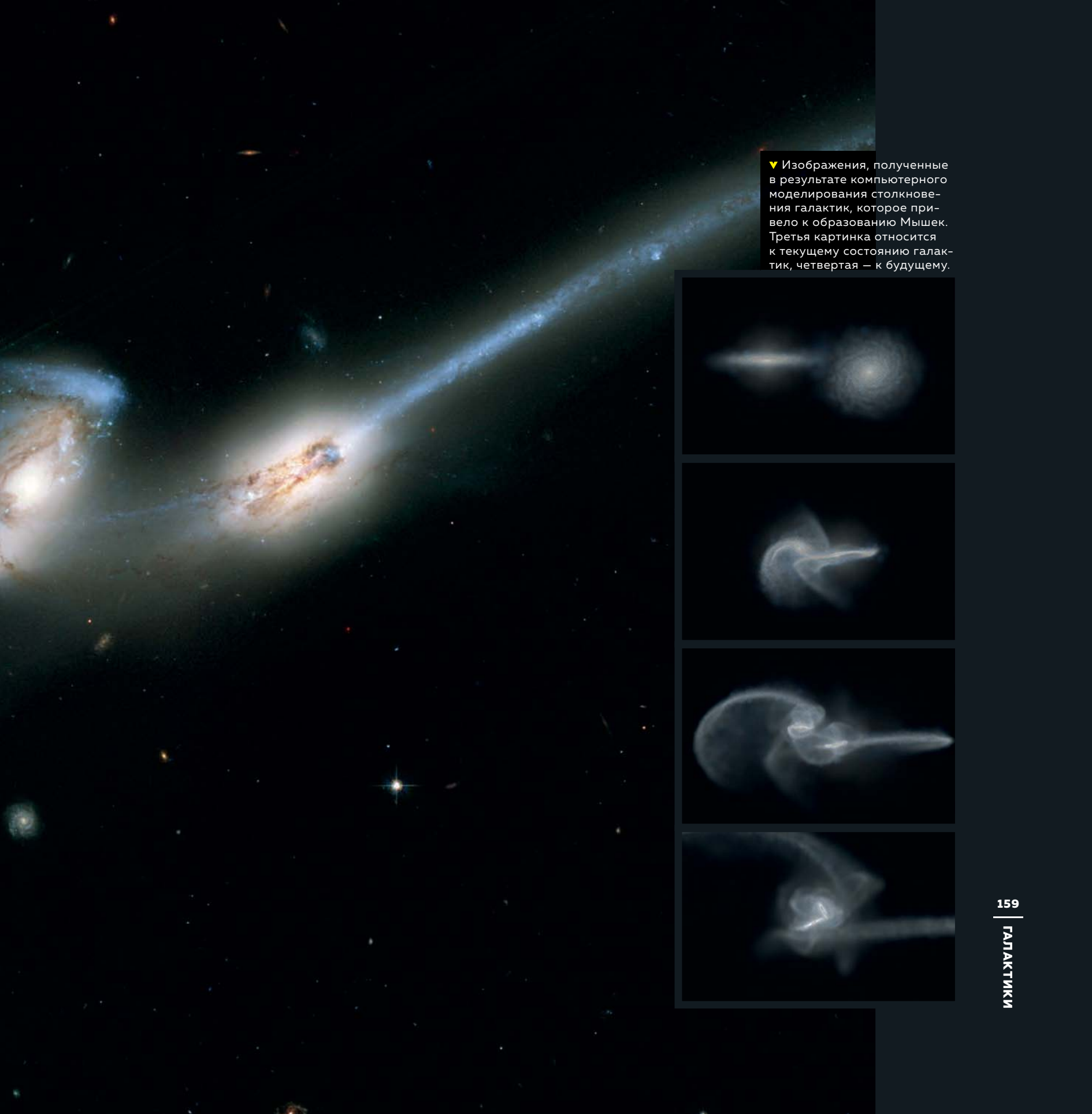
Когда две галактики сближаются, взаимное гравитационное притяжение действует на каждую из них с одной стороны сильнее, чем с другой. Из-за этой разности сил (называемой приливным воздействием) галактики деформируются и вытягиваются, у них появляются уходящие в пространство изогнутые хвосты из газа и звезд. С виду прямой «мышиный хвост», который мы видим на фото, на деле искривлен — мы не видим этого, так как смотрим на него с ребра.

С помощью компьютерных симуляций удалось точно воспроизвести и объяснить эволюцию Мышек. На компьютерной модели хорошо видно, где концентрируются межзвездные газ и пыль — в этих областях образуются новые звездные скопления, ясно различимые на снимке в виде ярких голубых пятен. Как и Антенны, Мышки в будущем тоже сольются в одну большую эллиптическую галактику, но это произойдет только через несколько сотен миллионов лет.

► Мышки — две взаимодействующие галактики с длинными приливными хвостами. Изображение получено Космическим телескопом Хаббла.

► Примеры изображений из Атласа сталкивающихся галактик, коллекции фотографий взаимодействующих и сливающихся галактик, полученных Космическим телескопом Хаббла.





▼ Изображения, полученные в результате компьютерного моделирования столкновения галактик, которое привело к образованию Мышек. Третья картинка относится к текущему состоянию галактик, четвертая — к будущему.



## Паспорт

Имя: Галактика Сигара (M82)

Созвездие: Большая Медведица

Положение на небе:

Прямое восхождение: 09ч 55м 52с

Склонение: +69° 40,8'

Карта звездного неба: 1

Расстояние: 12 млн световых лет

Диаметр: 35 000 световых лет

Тип галактики: 10

Масса черной дыры: 30 млн масс Солнца

# ТЛЕЮЩАЯ СИГАРА

**НА РАССТОЯНИИ** всего лишь впятеро дальше, чем галактика Андромеды (в астрономическом масштабе это всё равно, что за ближайшим углом), находится бурно излучающая галактика M82 со вспышкой звездообразования — в год здесь рождается по крайней мере в 10 раз больше звезд, чем во Млечном Пути. Сверхактивное звездообразование в этой галактике (прозванной из-за своей формы Сигарой) вызвано гравитационными возмущениями, случившимися несколько сотен миллионов лет назад, когда она сближалась с соседней спиральной галактикой M81.

С Земли мы видим M82 практически с ребра, из-за чего — а также из-за хаотических облаков газа и пыли в этой галактике — мы не можем разобраться в ее структуре. Долгое время галактика Сигара классифицировалась как неправильная, однако, теперь мы

знаем, что это спиральная галактика с очень ярким активным ядром. Оно одно излучает впятеро больше энергии, чем весь Млечный Путь.

В центре галактики находится сверхмассивная черная дыра с массой примерно в 30 миллионов солнечных масс. Активность черной дыры и мощное излучение сотен молодых звездных скоплений «выдувают» межзвездный газ из галактики в двух направлениях перпендикулярно ее диску. Этот выброшенный газ сфотографирован в радиодиапазоне и в рентгеновских лучах.

Так как в M82 рождается много новых массивных звезд, неудивительно, что там часто происходят взрывы сверхновых (примерно десять за столетие). Последняя вспышка сверхновой там случилась в январе 2014 года — это была сверхновая типа Ia, детонация белого карлика.

▼ Эти волокна на радиоизображении центральной области M82 образованы излучением заряженных частиц, взаимодействующих с магнитным полем галактики.

▲ Цветная составная фотография галактики Сигара получена наложением ее изображений в инфракрасной, оптической и рентгеновской областях спектра.

# ИЗ РЯДА ВОН

▼ В линзовидной галактике NGC 524 всё ещё прослеживаются слабые остатки спиральной структуры, хотя у нее нет богатых газом спиральных ветвей.



▲ Как и у линзовидных галактик, у галактики Вертушка отсутствуют спиральные рукава. Кольцеобразная форма этой галактики — результат столкновения с другой галактикой.

**СКОЛЬКО БЫ ЛЮДИ НИ ПЫТАЛИСЬ** разложить многообразные явления природы «по полочкам», всегда остаются промежуточные формы, которые совершенно не вписываются в тщательно построенную систему классификации. Карликовые планеты занимают промежуточное положение между астероидами и «настоящими» планетами, коричневые карлики чем-то похожи и на звезды, и на гигантские газовые планеты, а таинственные линзовидные галактики сочетают в себе свойства спиральных и эллиптических галактик.

В отличие от эллиптических галактик, у линзовидных есть сплюснутый диск, в котором сконцентрированы почти все их звезды, однако у них нет спиральных рукавов и практически отсутствует межзвездный газ, поэтому в них редко рождаются новые звезды, а те звезды, из которых они состоят, обычно достаточно старые — точно так же, как и у эллиптических галактик.

Астрономы не знают точно, как образовались линзовидные галактики. Существуют две основные гипотезы их происхождения. Согласно первой, это «потухшие» спиральные галактики, в которых исчерпались запасы газа и поэтому не рождаются новые звезды. С течением времени эти галактики постепенно потеряли свою спиральную структуру, однако некоторые все еще имеют центральную перемычку.

Согласно второй гипотезе, линзовидные галактики образовались в результате столкновения и слияния двух небольших галактик. После столкновения начался «беби-бум» новых звезд, но затем запасы газа закончились. Пример галактики Вертушка говорит в пользу этой теории.

В линзовидных галактиках есть некоторое количество межзвездной пыли, по которой иногда отслеживаются остатки спиральной структуры, а если галактика видна с ребра, пыль заметна в виде черной полосы.

▼ NGC 4710 — линзовидная галактика, видимая с ребра.



## Паспорт

Имя: M87

Созвездие: Дева

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
12ч 30м 49с

Склонение: +12° 23,5'

Карта звездного неба: 5

Расстояние: 54 млн  
световых лет

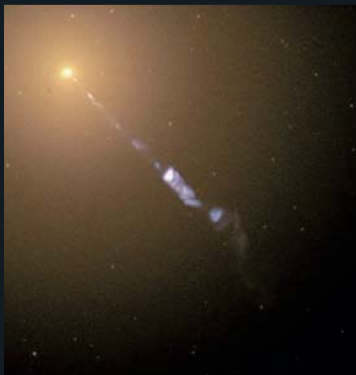
Диаметр: 1 млн световых  
лет

Тип галактики: E+0-1 pec

Масса черной дыры: 6,5  
млрд масс Солнца

► На полученном Космическим телескопом Хаббла с высоким разрешением снимке джета из M87 заметно видны изломы и узлы: «ископаемые остатки» происходивших в прошлом выбросов вещества из окрестностей центральной черной дыры.

▼ У гигантской эллиптической галактики M87 нет внутренней структуры, но есть хорошо заметный джет, впервые наблюдавшийся в 1918 году.



# ЧЕМПИОН СРЕДИ ГАЛАКТИК

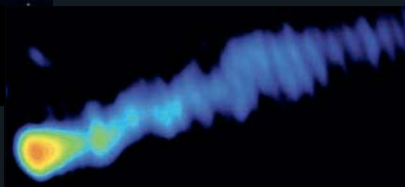
**КОГДА В 1781 ГОДУ** французский астроном Шарль Мессье открыл туманное пятно в созвездии Девы и занес этот объект в свой каталог туманностей под номером 87, он не догадывался, что видит настоящего космического монстра. Сейчас мы знаем, что это колоссальная эллиптическая галактика на расстоянии около 54 миллионов световых лет от Земли.

M87 — это какая-то коллекция рекордов в мире галактик. Ее длина — примерно миллион световых лет, а весит она в 200 раз больше, чем Млечный Путь. Вокруг этого гиганта роится не менее 12 000 шаровых скоплений (у Млечного Пути их всего несколько сотен), а в самом центре колосса притаилась сверхмассивная черная дыра массой в 6,5 миллиарда Солнц.

Американский астроном Эбер Кертис в 1918 году открыл у M87 хорошо заметный джет — вытянутую светящуюся струю, направленную в одну сторону от центра галактики. В середине XX века выяснилось, что излучение джета поляризовано и что M87 испускает мощный поток радиоволн. Это дало повод предположить, что джет представляет собой протяженный и обладающий сильным магнитным полем поток высокоэнергетических электронов, выбрасываемых в пространство из окрестностей центральной черной дыры.

Кроме видимого света и радиоволн, M87 интенсивно излучает рентгеновские и гамма-лучи. Эта огромная галактика расположена в центре гигантской агломерации галактик — скопления Девы. Газ из скопления течет в галактику, и основная его часть через некоторое время поглощается центральной черной дырой.

◀ С помощью радиотелескопов была составлена карта заполненных высокоэнергетическими электронами гигантских полостей на большом расстоянии от M87.



◀ Полученные с высоким разрешением изображения джета в радиодиапазоне позволяют выявить кратковременные изменения в его структуре.



# ЧЁРНЫЕ ДЫРЫ В ЯДРАХ ГАЛАКТИК

**СУЩЕСТВОВАНИЕ В ЦЕНТРЕ** Млечного Пути черной дыры огромной массы было установлено всего около 40 лет назад. Сейчас мы знаем, что почти у любой галактики во Вселенной в ядре есть сверхмассивная черная дыра. Иногда гравитационное воздействие этих тёмных чудовищ заметно по скоростям звезд, оказавшихся поблизости; в других случаях о присутствии черной дыры можно судить по активному излучению ядра галактики в рентгеновском и радиодиапазоне.

Масса черной дыры в ядре Млечного Пути — 4 миллиона масс Солнца. Это число кажется огромным, но оно меркнет в сравнении с массами сверхмассивных черных дыр в ядрах некоторых других галактик. Масса черной дыры в галактике M87 — 6,5 миллиардов Солнц; эллиптические галактики NGC 3842 и NGC 4889 (обе расположены на расстоянии примерно 330 миллионов световых лет от Земли) содержат черные дыры в 10 и 20 миллиардов раз тяжелее Солнца, соответственно.

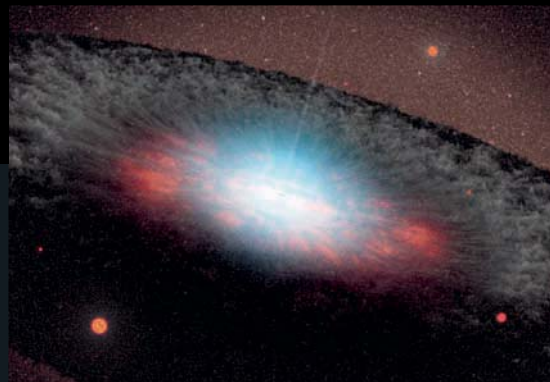
Как образовались сверхмассивные черные дыры, никто точно не знает. Возможно, они появились в результате слияний бесчисленного множества «звездных» черных дыр, возникших после взрывов сверхновых. Во всяком случае, сверхмассивные черные дыры, по всей видимости, растут вместе с галактиками, в которых они расположены, — их масса всегда составляет примерно 0,1% от массы всей галактики (или ее центрального балджа).

У двух галактик в ядре оказалось по две сверхмассивных черных дыры. Вероятно, эти двойные черные дыры образовались в результате столкновения и слияния двух галактик.

▲ У пекулярных (необычных) галактик, как, например, Agr 220 (фото на заднем плане), в центре лежит сверхмассивная черная дыра, которая выбрасывает в пространство джеты — струи вещества и излучения (рисунок художника).

▼ В 2019 году Телескоп горизонта событий получил изображение «тени» сверхмассивной черной дыры в ядре галактики M87.

▼ Большинство сверхмассивных черных дыр окружено толстыми «бубликами» темной пыли.



◀ Сверхмассивная черная дыра в галактике NGC 3842 (внизу слева) в 10 миллиардов раз тяжелее Солнца.

## Паспорт

Имя: Центавр А (NGC 5128)

Созвездие: Центавр

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
13ч 25м 28с

Склонение:  $-43^{\circ} 01,1'$

Карта звездного неба: 11

Расстояние: 13 млн  
световых лет

Диаметр: 100 000  
световых лет

Тип галактики: S0 pec

Масса черной  
дыры: 55 млн масс  
Солнца

# КОСМИЧЕСКАЯ КАТАСТРОФА: ВИД ВБЛИЗИ

**ИЗ ВСЕХ АКТИВНЫХ ГАЛАКТИК ВСЕЛЕННОЙ** ближайшая к нам — NGC 5128, на расстоянии чуть более 11 миллионов световых лет. Это большая галактика, и благодаря относительной близости ее можно наблюдать в небольшой телескоп — правда, только из тропиков или из Южного полушария. NGC 5128 находится в южном созвездии Центавра.

В обычный телескоп эта галактика выглядит как эллиптическая или линзовидная, видимая с ребра. Ее яркое ядро рассекается темной и слегка изогнутой пылевой полосой. Характерная форма этой полосы и бесчисленные молодые звёздные скопления вокруг неё дают основание предполагать, что NGC 5128 возникла в результате столкновения и слияния небольших галактик много сотен миллионов лет назад.

Совершенно иначе выглядит изображение этой галактики в радиодиапазоне. Радиоастрономы обозначают её как источник Центавр А. Из ядра галактики в противоположных направлениях выбрасываются два гигантских джета — струи очень быстро летящих электронов; длина этих джетов превышает миллион световых лет. Там, где эти струи сталкиваются с разреженным межгалактическим газом, образуются огромные полости, излучающие радиоволны.

Во Вселенной обнаружено много таких радиогалактик, однако из них Центавр А ближе всех к Земле и поэтому эта галактика изучена намного лучше остальных. Как и в других радиогалактиках, джеты образуются в непосредственной близости от сверхмассивной черной дыры в ядре галактики. Масса черной дыры в Центавре А — примерно 55 миллионов масс Солнца.



▲ Крупный план ядра галактики: видны турбулентные пылевые облака и яркие области звездообразования.

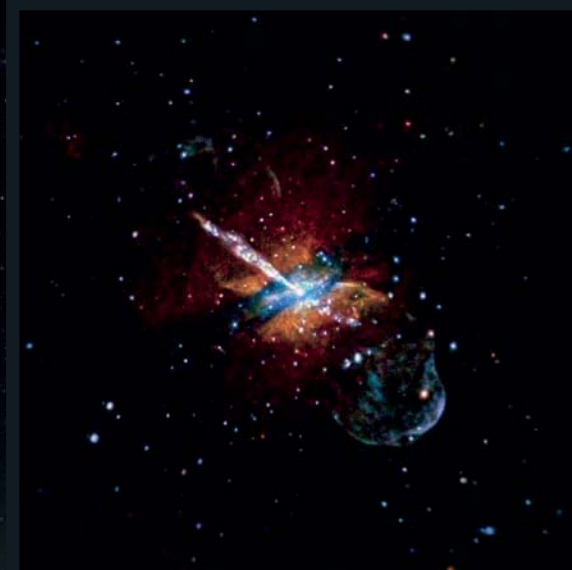
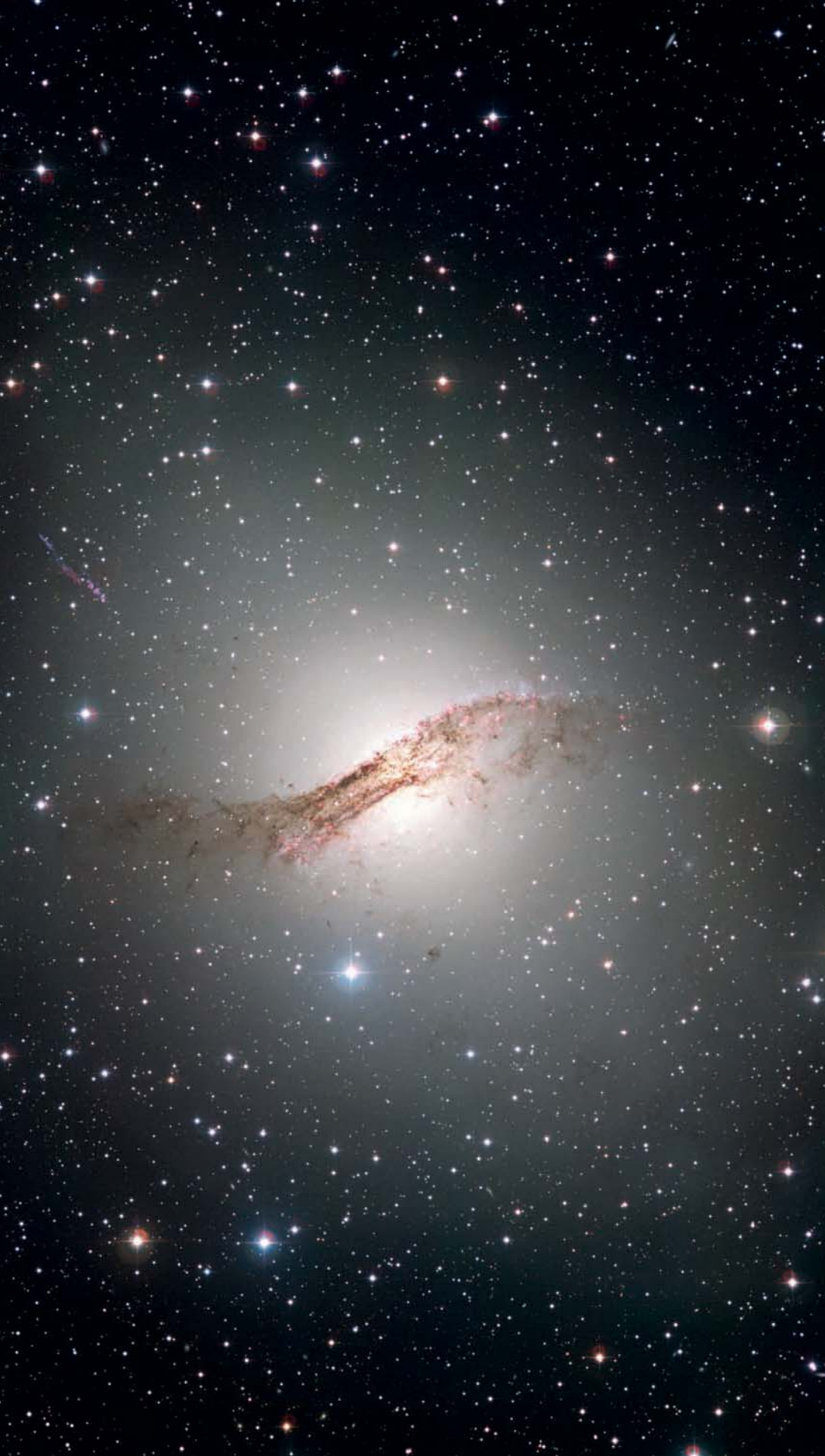
164

ГЛУБОКИЙ КОСМОС

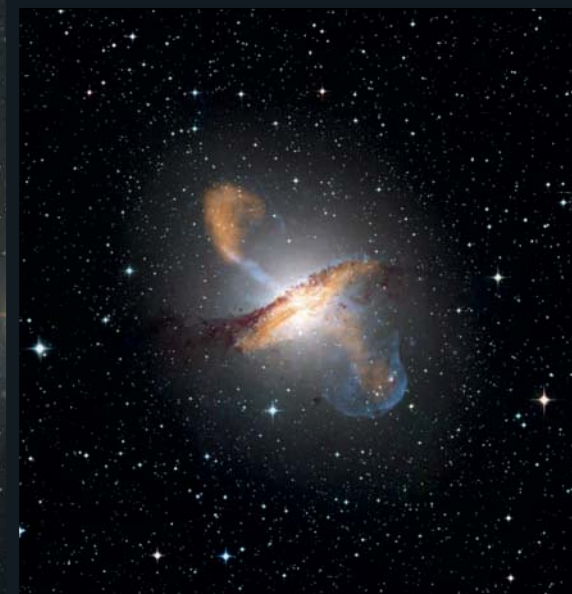
► На снимке, сделанном космическим телескопом NASA «Спитцер» в инфракрасном диапазоне, видно свечение тёплой пыли в сердце гигантской галактики.



► Это изображение, полученное с большой экспозицией, позволяет убедиться в том, что внешние области эллиптической галактики Центавр А простираются далеко за пределы ее пылевого центра.



▲ Космическая рентгеновская обсерватория НАСА «Чандра» вела наблюдения Центавра А на протяжении семи дней, чтобы получить это детальное изображение мощных джетов из ядра галактики.



▲ Наблюдения в субмиллиметровом диапазоне (оранжевый цвет) и рентгеновские измерения (синий цвет) наложены на оптическое изображение Центавра А. Видны джеты и заполненные горячим газом полости.

## Паспорт

Имя: 3C273

Созвездие: Дева

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
12ч 29м 07с

Склонение: +02° 03,1'

Карта звездного неба: 5

Расстояние: 2,4 млрд  
световых лет

Диаметр: 300 000  
световых лет

Тип галактики: Sy1

Масса черной  
дыры: 900 млн масс  
Солнца

# СЕКРЕТЫ КВАЗАРОВ

**В КОНЦЕ 1950-Х**, на заре развития радиоастрономии, никто еще не знал реальной природы многих космических источников радиоволн. В то время невозможно было даже точно определить положение этих источников на небе.

Когда в 1962 году астрономам наконец удалось точно определить небесные координаты источника 3C273 (то есть источника под номером 273 в третьем Кембриджском каталоге радиоисточников), сначала считалось, что это маленькая слабая звезда. Однако выполненные голландско-американским астрономом Мартеном Шмидтом спектроскопические измерения показали, что этот объект расположен на расстоянии почти 2,5 миллиарда световых лет! Это значило, что звездой он быть не может — его назвали квазизвездным объектом или QSO (Quasi-Stellar Object), то есть очень далекой галактикой, излучающей огромное количество энергии.

Теперь мы знаем, что на самом деле квазары (сокращение от quasi-star, т.е. «квазизвезда») — очень активные ядра далеких галактик. Сверхмассивная черная дыра в таком ядре поглощает гигантские объемы вещества, что приводит к выбросу в пространство невероятного количества газа и излучения. Так же, как из M87 и Центавра А, из 3C273 истекает мощный джет и высокоэнергетическое рентгеновское излучение.

Таких активных галактик было гораздо больше, когда Вселенная была намного моложе. Их наблюдаемые проявления сильно зависят от того, в какой перспективе мы на них смотрим. Если они видны нам более или менее с ребра, то их очень яркое ядро полностью или почти полностью скрыто от нас толстым «бубликом» из газа и пыли — тогда мы видим радиогалактику или квазар. А если джет направлен прямо на нас, мы видим яркий блазар\*.

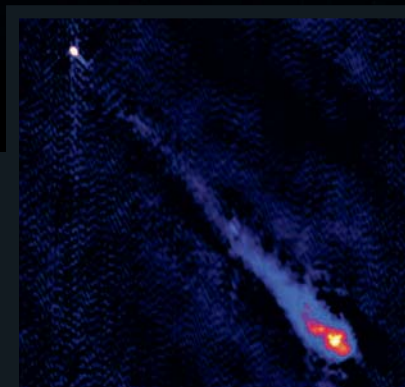
\* Название происходит от слова «квазар» и обозначения первого изученного представителя этого класса — BL Lac. Также обыгрывается англ. *blaze* — пылать.

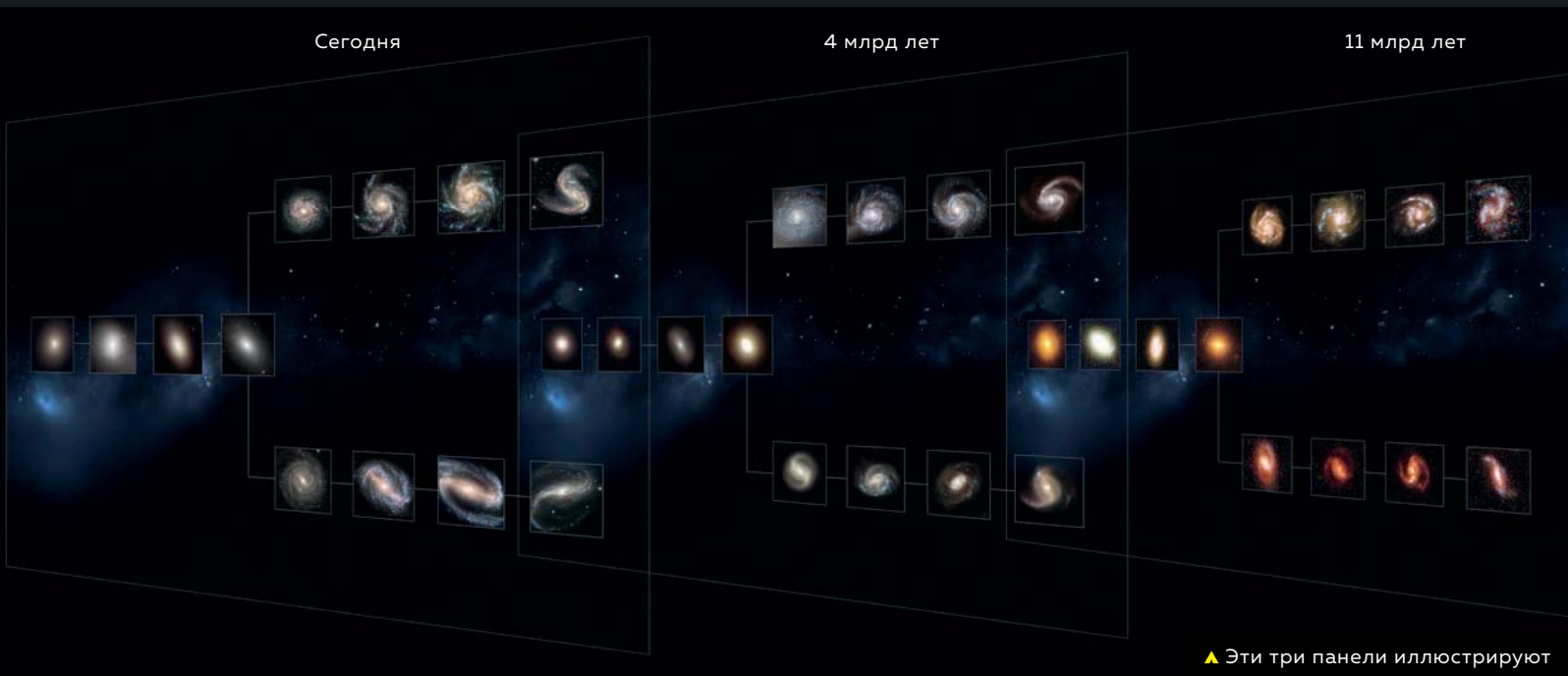
◀ Так художник изобразил квазар ULAS J1120+0641, получающий энергию от сверхмассивной черной дыры с массой в два миллиарда Солнц.

▶ На снимке, полученном Космическим телескопом Хаббла, вблизи яркого ядра квазара 3C273 хорошо различается истекающий из него джет.

▶ На детальном радиоизображении 3C273 (белая точка справа внизу) видно, что джет заканчивается в большей из полостей радиоизлучения (области, выделенной цветом).

▶ Квазароподобное ядро активной галактики NGC 3783 вблизи может выглядеть примерно так.





▲ Эти три панели иллюстрируют эволюцию эллиптических, спиральных и спиральных с перемычкой галактик начиная с 11 миллиардов лет назад (справа) до сегодняшнего дня (слева).

## РОСТ ГАЛАКТИК

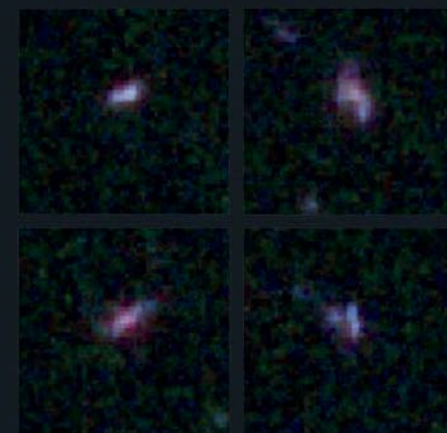
**С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛЕСКОПОВ** астрономы смогли открыть очень далекие слабые объекты, удаленные от нас на многие миллиарды световых лет. Это означает, что ученые, кроме того, на миллиарды лет назад заглядывают в прошлое — свет от далеких галактик начал свой путь, когда Вселенная была еще очень молодой. Благодаря наблюдениям таких уходящих в прошлое «глубоких полей» мы стали немного лучше понимать, как образуются и развиваются галактики, хотя многие детали этих процессов по-прежнему непонятны.

Первые галактики, по-видимому, сформировались не позднее чем через 100 миллионов лет после Большого Взрыва. Часто они были неправильной формы, намного меньше и легче Млечного Пути и состояли в основном из очень массивных и быстро эволюционирующих звезд. В течение миллиардов лет эти небольшие галактики сливались и образовывали более крупные, в которых часто развивалась грандиозная спиральная

структура. Позднее большие спиральные галактики тоже сталкивались и образовывали гигантские эллиптические галактики.

И всё же ответов на многие вопросы мы еще не знаем. Как могло случиться, что большие массивные галактики с гигантскими черными дырами в ядре уже существовали спустя столь непродолжительное время после Большого Взрыва? Исходило ли первое высокоэнергетическое излучение в очень ранней Вселенной от звезд или от активных ядер галактик? И куда делись сотни карликовых галактик, которые, согласно теориям и компьютерным моделям, всё ещё должны роиться вокруг больших спиральных галактик, таких как наш Млечный Путь?

Возможно, ответы на эти вопросы будут найдены уже в ближайшие годы с помощью таких новых больших телескопов, как ALMA (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) в Чили и космический телескоп «Джеймс Уэбб».



▲ Даже маленькие галактики в ранней Вселенной, которые сфотографировал Космический телескоп Хаббла, содержат сверхмассивные черные дыры.

Название «блазар» в 1978 году предложил астроном Эдвард Шпигель. — Прим. ред.

# ОКНА В КОСМОС

**ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ГЛАЗ** может воспринимать свет только в видимом диапазоне, то есть электромагнитное излучение с длиной волны от 400 (фиолетовый цвет) до 700 нанометров (красный). Поэтому далеко не сразу люди поняли, что в природе есть и совершенно другие виды излучения. В 1800 году Уильям Гершель случайно открыл инфракрасное излучение, ультрафиолетовые лучи открыл Иоганн Риттер в 1801 году, а рентгеновские — Вильгельм Рентген в 1895. Все эти виды излучения испускаются космическими телами, и поэтому изучать Вселенную только в видимых лучах значило бы получить очень неполную её картину. Многие объекты и явления в видимых лучах ненаблюдаемы. Например, появление радиоастрономии в середине XX века позволило впервые нанести на карту Вселенной большие холодные облака нейтрального водорода. Радиоволны излучаются и быстро движущимися в магнитном поле электронами.

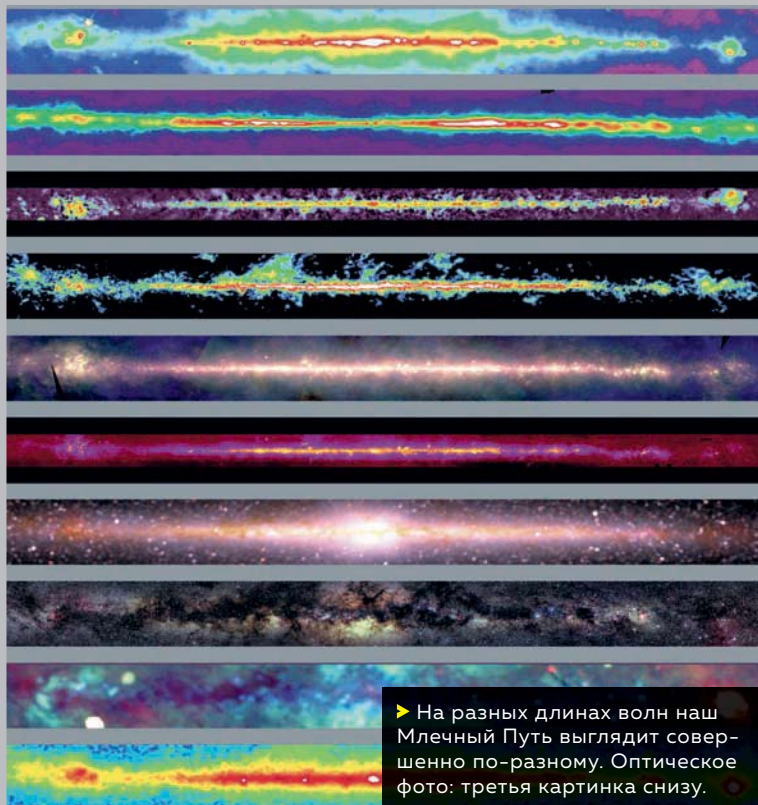
Миллиметровое и субмиллиметровое излучение (между радиоволнами и инфракрасным светом) исходит от облаков холодного газа и пыли. Телескоп ALMA (Atacama Large Millimeter/

submillimeter Array) в Чили работает на этих длинах волн, исследуя процессы рождения галактик, звезд и планет. На этих длинах волн очень удобно изучать встречающиеся во Вселенной сложные молекулы и космическое фоновое излучение — «эхо» Большого Взрыва.

Инфракрасное (тепловое) излучение чаще всего создают объекты при комнатной температуре. Астрономы используют наземные и космические инфракрасные телескопы для изучения областей звездообразования, которые нельзя увидеть в оптический телескоп, потому что их свет поглощают пылевые облака. Инфракрасные телескопы также великолепно подходят для наблюдения очень далеких галактик.


Высокоэнергетическое коротковолновое излучение (ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-лучи) можно наблюдать только из космоса: к счастью, земная атмосфера защищает нас от этих смертоносных лучей. В ультрафиолетовом диапазоне в основном наблюдаются молодые горячие гигантские звезды и белые карлики, а также и звёздные «беби-бумы» в других галактиках.

Рентгеновские телескопы необходимы для наблюдения самых горячих и высокоэнергетических явлений во Вселенной — разреженного горячего газа в межзвездном пространстве, процессов поглощения вещества черными дырами, быстровращающихся нейтронных звезд и взрывов сверхновых. Сверхновые генерируют и гамма-лучи — самое мощное излучение в природе. В гамма-диапазоне астрономы наблюдают гамма-всплески, радиоактивные процессы во Вселенной, аннигиляцию вещества и антивещества. Помимо электромагнитного излучения, во Вселенной также генерируются космические лучи: высокоэнергетические электрически заряженные частицы, приходящие на Землю из космоса. Некоторые из этих субатомных частиц обладают такой же энергией, как теннисный мяч, по которому сильно ударили ракеткой. Пока неизвестно точно, откуда приходят эти частицы, как и космические нейтрино, которые можно зарегистрировать только с помощью специальных подземных детекторов. Наконец, астрономы обнаружили гравитационные волны, приходящие из глубокого космоса. Эти микроскопические вибрации пространства-времени были предсказаны еще теорией относительности Эйнштейна, однако, только начиная с 2015 года их регулярно регистрируют сверхчувствительные детекторы: гравитационные обсерватории LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) в США, Virgo в Европе и KAGRA в Японии. Сейчас идет подготовка к созданию большой космической обсерватории, которая будет регистрировать гравитационные волны.



▶ На разных длинах волн наш Млечный Путь выглядит совершенно по-разному. Оптическое фото: третья картинка снизу.






▶ Радиотелескопы зарегистрировали гигантские джеты высокоэнергетических частиц по обе стороны галактики Геркулес А (радиоисточник ЗС 348).




▲ С этой вращающейся антенной в 1930-е годы Карл Янский исследовал внеземные радиоволны.



◀ Около трёх тысяч инфракрасных снимков было получено космическим телескопом «Спитцер», чтобы составить из них это мозаичное изображение галактики Андромеды, с отчётливо видимыми пылевыми полосами в спиральных рукавах.


▼ На сделанном в субмиллиметровом диапазоне снимке области звездообразования RCW120 видно, как под давлением горячего газа (оранжевый цвет) окружающее его более холодное вещество образует конденсации.



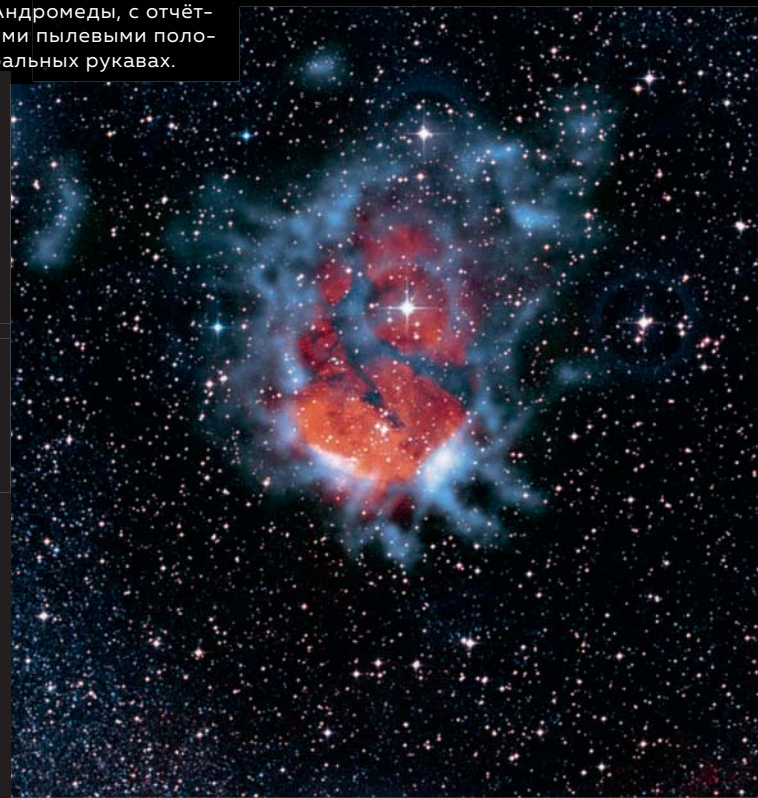
▼ Гравитационно-волновая обсерватория VIRGO, вблизи итальянского города Пиза, регистрирует мельчайшую рябь пространства-времени.

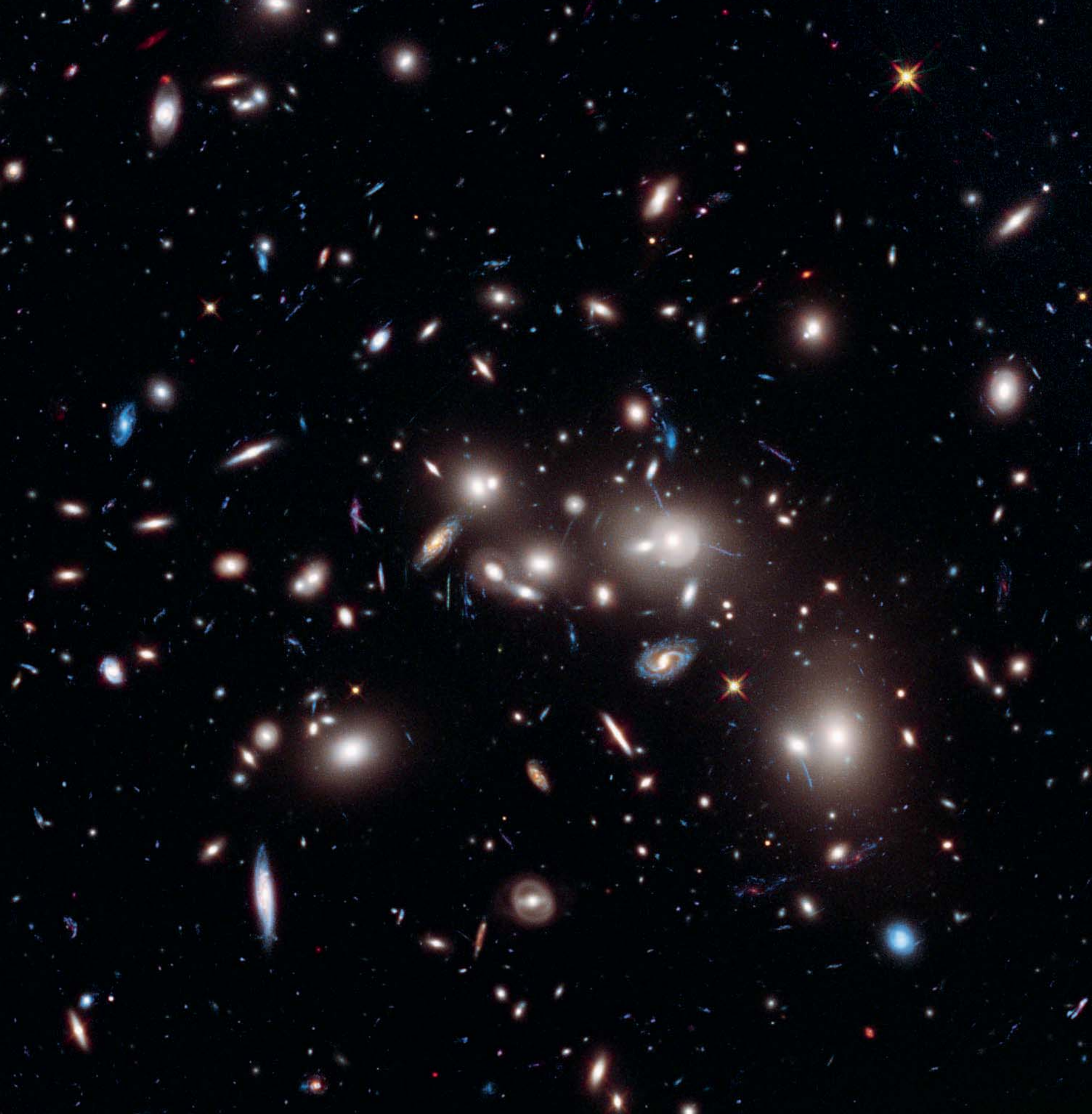


▲ Наблюдения очень молодой планетарной туманности Бумеранг в миллиметровом диапазоне говорят о крайне низкой температуре расширяющегося газа.



▶ Голубые и белые участки на этом инфракрасном снимке галактики Треугольник, полученном космическим телескопом NASA GALEX (Galaxy Evolution Explorer), отмечают области недавнего звездообразования.





# СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК

У Джорджа Эйбелла наверняка постоянно слипались глаза от усталости, когда, работая в 1957 году над своей докторской диссертацией, этот американский астроном часами изучал фотопластинки Паломарского обзора неба, на которых были запечатлены миллионы звезд и слабых галактик. В то время еще не было компьютеров и программ обработки изображений, и Эйбелл вынужден был рассматривать каждую пластинку в лупу. Он искал скопления галактик — группы из десятков тысяч галактик, расположенных на небе близко друг к другу и находящихся примерно на одинаковом расстоянии от Земли. В 1958 году Эйбелл опубликовал свой каталог 2712 скоплений северного неба (Northern Survey), а в 1970 году в дополнение к нему выпустил каталог Southern Survey с описанием еще 1361 скопления на небе Южного полушария.

Революционная работа Эйбелла показала неравномерность распределения галактик по Вселенной. Они образуют малые группы, которые, в свою очередь, объединяются в большие скопления, а те, в свою очередь, часто группируются в протяжённые сверхскопления. Огромные пространства между сверхскоплениями, где нет никаких галактик — вообще ничего — называются войдами и супервойдами.

В результате проведения обширных наблюдательных кампаний с использованием мощных телескопов и чувствительных спектрографов астрономы составили крупномасштабную карту Вселенной, со структурой, напоминающей «мыльную пену». Измерения гравитационного линзирования даже позволили определить распределение таинственной черной материи.

Исследования скоплений и сверхскоплений необходимы для лучшего понимания эволюции Вселенной. Ее нынешняя крупномасштабная структура возникла в результате мельчайших вариаций плотности горячего газа, который заполнял расширяющуюся Вселенную вскоре после Большого Взрыва.

◀ На этой сделанной Космическим телескопом Хаббла фотографии изображения далеких галактик увеличены и размыты гравитационным линзированием на далеком скоплении галактик Abell 2744.

## Паспорт

Имя: Скопление Девы

Созвездие: Дева

Положение на небе:

Прямое восхождение:  
12ч 79м

Склонение: +22° 43'

Карта звездного неба: 5

Расстояние: 55 млн  
световых лет

Диаметр: 15 млн  
световых лет

Масса:  $1,2 \times 10^{15}$  масс  
Солнца

Количество  
галактик: 1500

➤ Огромное скопление Девы состоит из более чем 1500 галактик, включая яркие эллиптические M49 и M87.



➤ На этой снятой с длинной экспозицией фотографии свет близких звезд закрыт чёрными масками; это позволяет увидеть истинную протяжённость слабых гало галактик.



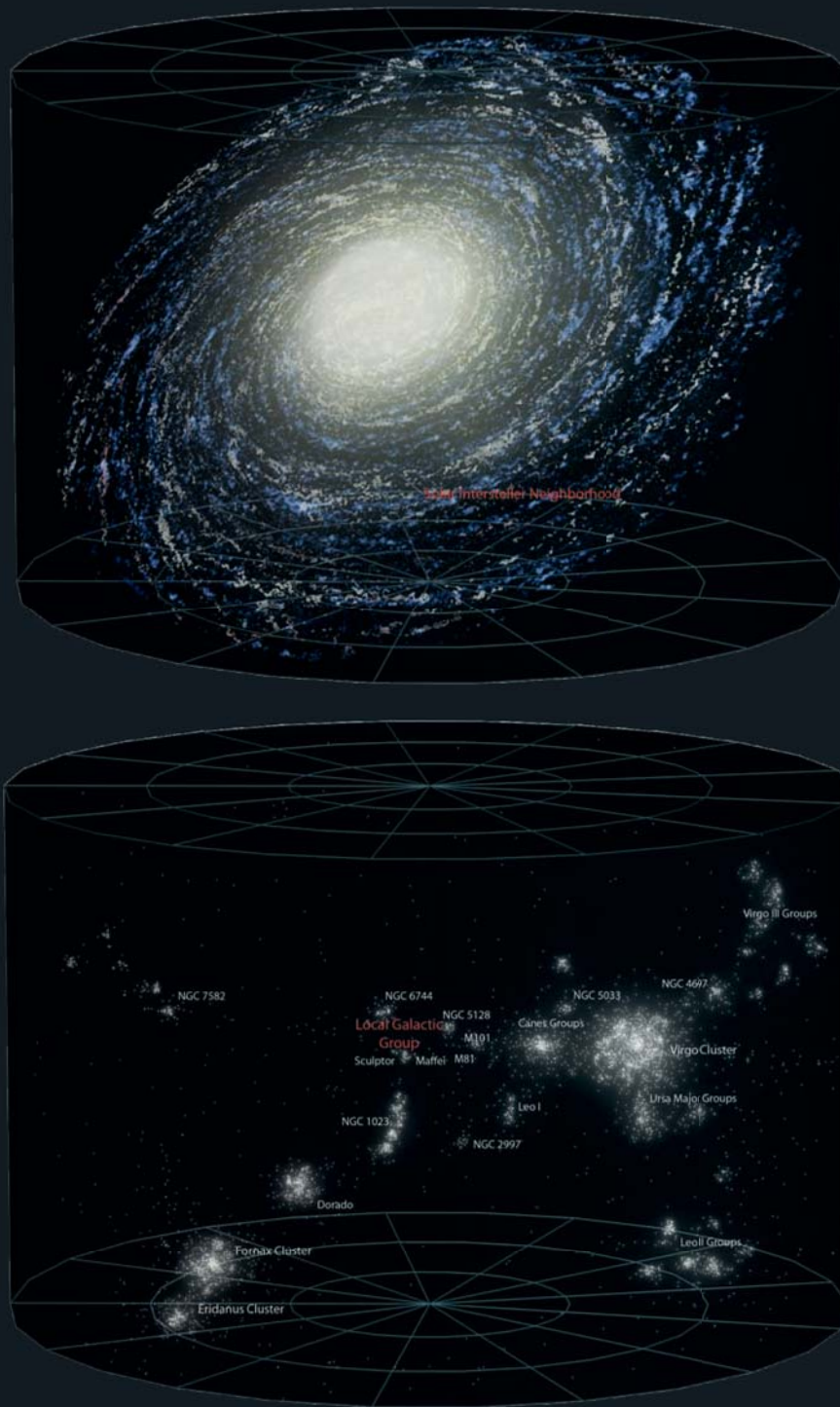
▲ Недалеко от гигантской эллиптической галактики M60 находится небольшая спиральная галактика Arp 116. Обе галактики входят в состав скопления Девы.

# СКОПЛЕНИЕ ДЕВЫ

**САМОЕ БОЛЬШОЕ «СОСЕДНЕЕ»** скопление галактик находится в созвездии Девы. В 1781 году Шарль Мессье отметил, что в этой части неба есть множество туманностей, включая две яркие, которые он внес в свой каталог как Messier 49 (M49) и M87. Термин «скопление Девы» впервые был использован в 1931 году американским астрономом Эдвином Хабблом. Сейчас известно, что в этом скоплении по крайней мере 1 500 отдельных галактик и что оно находится на расстоянии 50–60 миллионов световых лет от Земли.

Интересно, что, как и в большинстве других скоплений галактик, пространство между отдельными галактиками скопления Девы на самом деле не пустое. Область скопления протяжённостью около 15 миллионов световых лет заполнена разреженным газом (в основном водородом и гелием) с температурой около 30 миллионов градусов. Такой горячий газ можно сфотографировать только с помощью рентгеновских телескопов. Кроме того, в пространстве между галактиками нашлось много одиночных звёзд и планетарных туманностей. По оценкам, каждая десятая звезда в скоплении Девы не принадлежит ни одной галактике!

Точные измерения расстояний и движений многих сотен галактик в скоплении Девы позволили определить его пространственную структуру. Спиральные галактики образуют удлинённое «облако», вытянутое более или менее в направлении Млечного Пути, а большие массивные эллиптические галактики населяют сферическую область вокруг центра скопления. Скопление Девы как составная часть входит в сверхскопление Девы, к которому принадлежит и Местная группа галактик вместе с нашим Млечным Путём.



▲ Как Местная группа галактик, включая Млечный Путь (вверху), так и скопление Девы входят в состав вытянутого сверхскопления Девы.

## Паспорт

**Имя:** Скопление Кома  
(Abell 1656)

**Созвездие:** Волосы  
Вероники

**Положение на небе:**

**Прямое восхождение:**  
13ч 00м

**Склонение:** +27° 59'

**Карта звездного неба:** 5

**Расстояние:** 320 млн  
световых лет

**Диаметр:** 20 млн  
световых лет

**Масса:**  $7 \times 10^{14}$  масс  
Солнца

**Количество  
галактик:** 1000

# ГУСТО НАСЕЛЁННАЯ КОМА

**СКОПЛЕНИЕ КОМА**, отстоящее от нас вшестеро дальше, чем скопление Девы, называется так по созвездию Волос Вероники (Coma Venenices, или просто Coma), в котором оно находится. Американский астроном Джордж Эйбелл, составивший в конце 1950-х свой каталог «густонаселённых» скоплений галактик, внес в него это скопление под номером A1656. Как и скопление Девы, это скопление содержит более тысячи отдельных галактик — главным образом больших эллиптических.

Вблизи центра скопления Кома расположены две гигантские эллиптические галактики — NGC 4874 и NGC 4889, окруженные огромным числом шаровых скоплений, как и гигантская эллиптическая галактика в скоплении Девы. Эти скопления состоят в основном из очень старых звезд, которые, вероятно, образовались раньше, чем сами галактики. Однако их роль в эволюции скоплений пока не выяснена.

В 1933 году швейцарско-американский астроном Фриц Цвикки обнаружил, что отдельные галактики в скоплении Кома двигаются «слишком быстро». Другими словами, в скоплении не хватает достаточно видимой массы, чтобы удержать их вместе, и тем не менее оно остается связанной системой, удерживаемой своей собственной гравитацией. Из этого Цвикки сделал вывод, что скопление должно содержать очень много темной материи, не испускающей какого-либо видимого излучения, но оказывающей гравитационное воздействие на свое окружение.

Современные астрономы считают, что по крайней мере три четверти всего вещества во Вселенной (как и в скоплении Кома) состоят из темной материи. Пока мы очень мало знаем об истинной природе темной материи — за исключением того, что она не может состоять из обычных атомов и молекул.

▼ Космический телескоп Хаббла заглянул в сердце скопления Кома на расстоянии в 320 миллионов световых лет.



► Внешние спиральные рукава галактики NGC 4911 из скопления Кома деформированы под действием гравитации соседних членов скопления.



► На инфракрасном снимке скопления Кома многие карликовые галактики выглядят как зеленоватые пятнышки.

# БОЛЬШОЕ — ЗНАЧИТ КРАСИВОЕ

**У СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК** гигантские размеры, и всё же они — не самые большие структуры во Вселенной. Почти каждое скопление — часть ещё более крупного сверхскопления. Например, скопление Кома и соседнее скопление Льва вместе образуют сверхскопление Кома, а скопление Девы — центральная часть вытянутого сверхскопления, в которое с самого края входит и Местная группа. Население сверхскопления Девы оценивается в пять тысяч галактик.

Астрономы нашли ещё сотни сверхскоплений на гораздо большем расстоянии от Земли. В большинстве случаев сверхскопления — это вытянутые цепочки скоплений меньшего размера. В радиусе 1,3 миллиарда световых лет от нас найдено примерно 130 сверхскоплений. Так как эта область составляет не более 10% от всей наблюдаемой Вселенной, можно предположить, что во Вселенной примерно 100 тысяч сверхскоплений.

Среди больших сверхскоплений, расположенных «недалеко» от Земли, — сверхскопления Персея, Рыб и Гидры, Центавра. В последнем находится так называемый Великий аттрактор — колоссальная концентрация вещества, в направлении которой со скоростью 600 километров в секунду «падает» сверхскопление Девы, включая и наш Млечный Путь.

Самые большие структуры во Вселенной — гигантские вытянутые «стены» из сотен тысяч галактик. Например, Великая стена, открытая в 1989 году на расстоянии около 200 миллионов световых лет от Земли, имеет длину более полумиллиарда световых лет. Еще больше Великая стена Слоуна длиной 1,4 миллиарда световых лет и Великая стена Геркулеса — Северной Короны длиной более 10 миллиардов световых лет. Она была открыта в 2013 году на основе анализа пространственного распределения далеких гамма-всплесков.

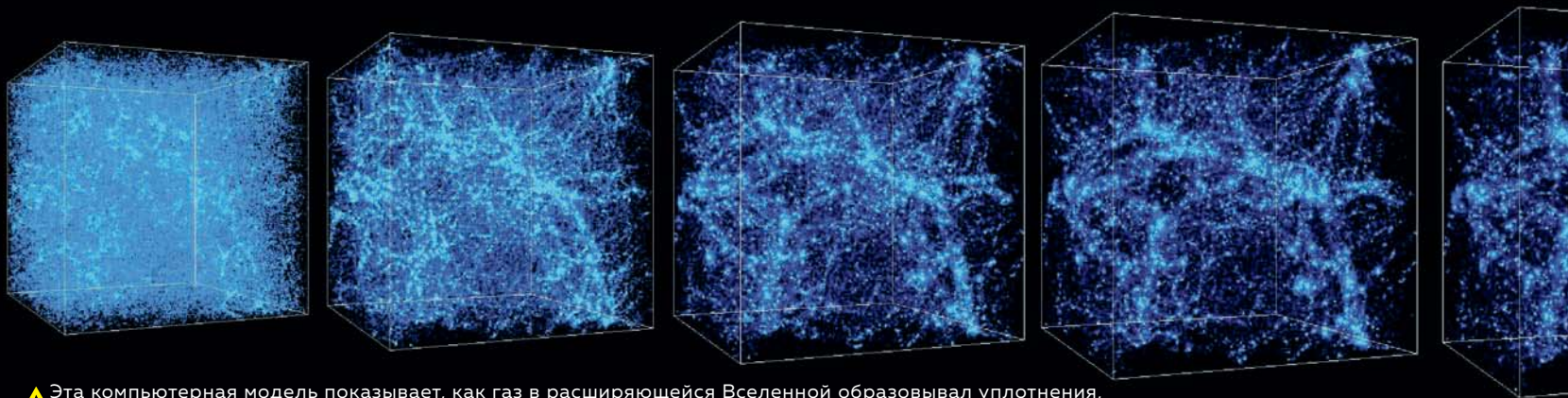


▲ Наш Млечный Путь слишком мал, чтобы его можно было заметить на этой трехмерной карте распределения сверхскоплений во Вселенной.

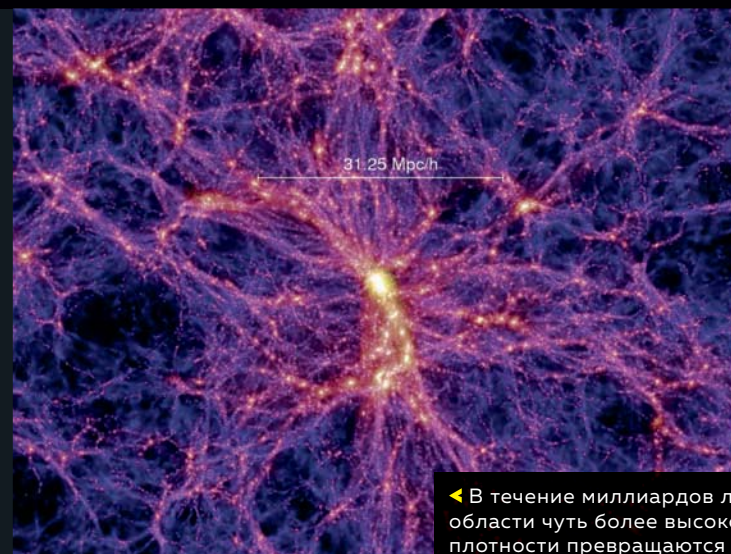
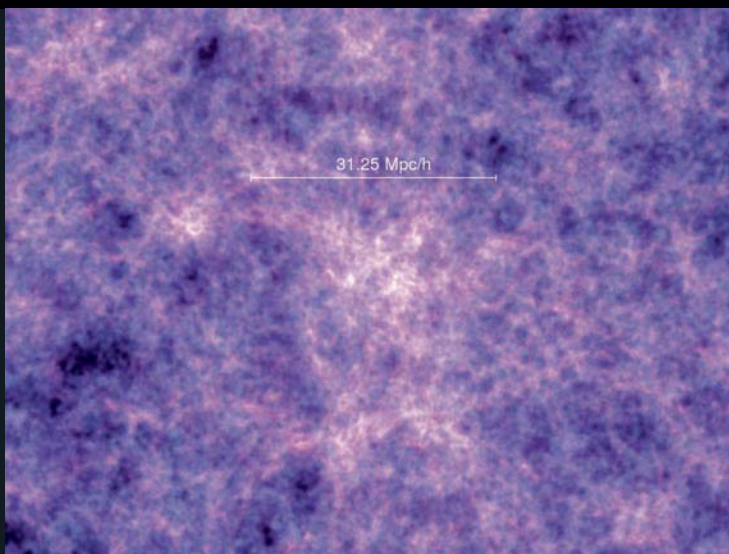
▼ Великая стена Слоуна, самая большая из известных нам структур Вселенной, была открыта на телескопе Слоуна в обсерватории Апачи Поинт в штате Нью Мексико.

▲ Большинство галактик на этой фотографии принадлежит сверхскоплению Abell 901/902, которое простирается на 16 миллионов световых лет и находится на расстоянии более двух миллиардов световых лет.

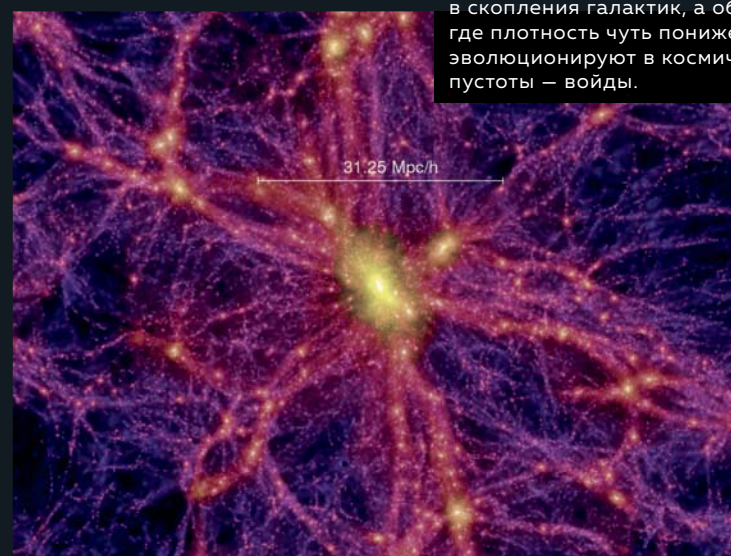
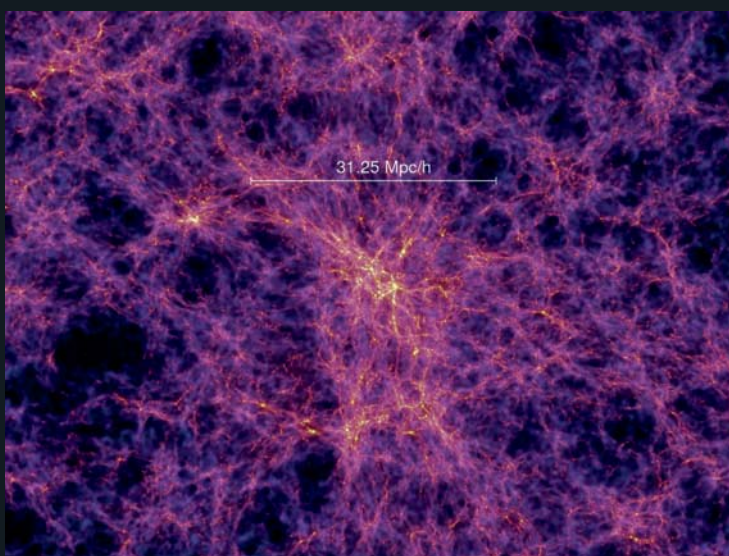




▲ Эта компьютерная модель показывает, как газ в расширяющейся Вселенной образовывал уплотнения, из которых формировались самые большие из известных на сегодня структуры во Вселенной.



◀ В течение миллиардов лет области чуть более высокой плотности превращаются в скопления галактик, а области, где плотность чуть понижена, эволюционируют в космические пустоты — войды.



# МЫЛЬНАЯ ПЕНА ВСЕЛЕННОЙ

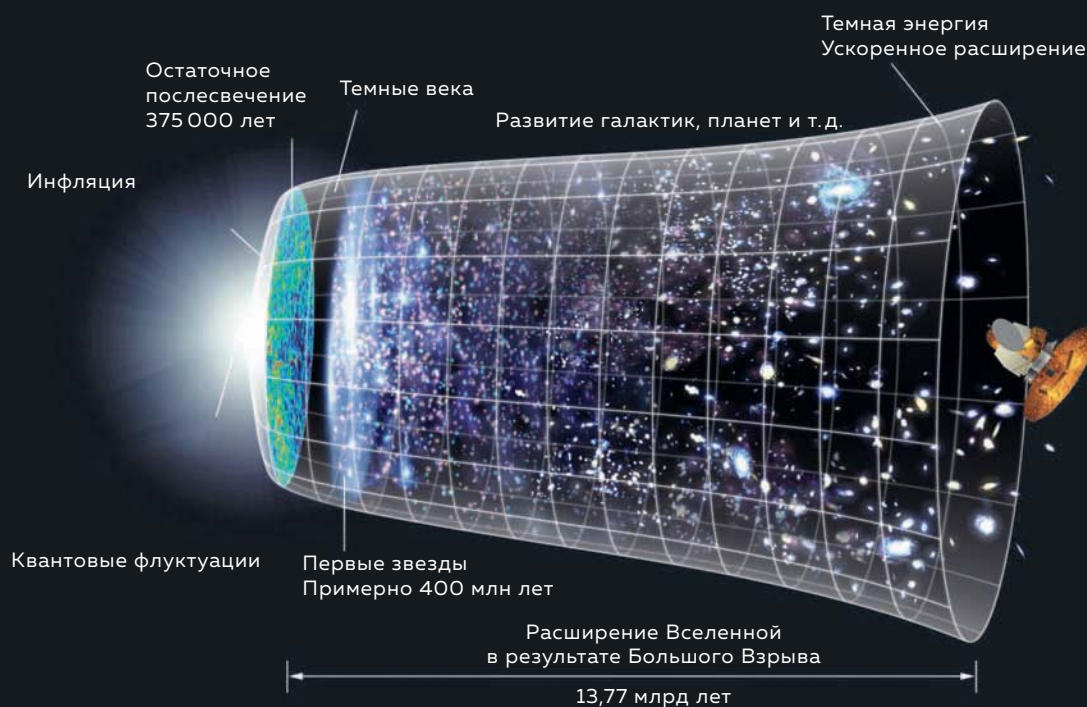


Джордж Эйбелл, изучая в середине прошлого столетия фотографии ночного неба в поисках концентраций галактик, открыл тысячи галактических скоплений. Однако, чтобы быть уверенным в том, что все эти галактики действительно образуют скопления, важно знать, насколько они удалены. В последние десятилетия масштабные обзоры неба позволили определить расстояние до сотен тысяч галактик, и в результате космологи получили ясную картину трехмерной крупномасштабной структуры Вселенной.

Это пространственное распределение очень похоже на мыльную пену. Вселенная в основном — это пустое пространство в форме колоссальных сверхвойдов — пустых внутри «мыльных пузырей», в которых почти нет галактик. Более или менее сферические войды окружены «мембранами» из галактик. Там, где две такие мембраны соприкасаются, видны вытянутые сверхскоп-

ления, такие как Великая стена, а там, где эти волокна пересекаются, лежат богатые галактиками скопления, которые нанес на свою карту Джордж Эйбелл.

Эта наблюдаемая крупномасштабная структура вполне соответствует компьютерной модели, предсказывающей ход эволюции Вселенной. В этой модели важную роль играет таинственная темная материя. Именно эта темная материя под влиянием своей собственной гравитации первой начала образовывать сгущения в ранней расширяющейся Вселенной. И лишь когда концентрации плотности темной материи стали достаточно большими, «нормальная» материя, следуя за темной, тоже стала концентрироваться, формируя галактики. Самая удивительная идея, возможно, заключается в том, что крупномасштабная структура Вселенной возникла из невероятно маленьких квантовых флуктуаций сразу после Большого Взрыва.



# ИСКАЖАЮЩИЕ ЛИНЗЫ

**ИЗУЧЕНИЕ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК** увлекательно само по себе, но астрономы используют их и совсем особенным образом: как созданные самой природой телескопы. Кратко говоря, гравитация скопления галактик изгибает световые лучи, идущие от более далеких галактик. И такие «гравитационные линзы» мы можем использовать для изучения галактик, которые находятся слишком далеко, чтобы их можно было увидеть без этого.

Альберт Эйнштейн еще в 1916 году предсказал, что световые лучи могут изгибаться сильным гравитационным полем, а три года спустя английский астроном сэр Артур Эддингтон подтвердил правильность этого предположения на практике. Однако первые гравитационные линзы были открыты только в 1979 году, когда изображение далекого квазара было усилено и разбито на два тяготением более близкой к Земле галактики. С тех пор были открыты еще сотни гравитационных линз.

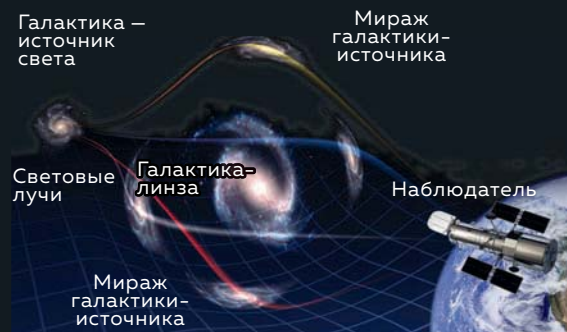
Если смотреть на более далекие объекты сквозь скопление галактик, картина будет примерно такая же, как если смотреть на мир через рифлёное стекло. Изображение далёкой слабой галактики расщепляется на несколько компонентов, каждый из которых растягивается в длинную световую арку. Гравитационная линза усиливает и яркость изображения — настолько, что в большой телескоп такой объект можно изучить в деталях. Для проведения таких наблюдений на Космическом телескопе Хаббла была специально разработана программа Frontier Fields Program. Изучение гравитационных линз и световых арок дает много информации не только о самых далеких галактиках во Вселенной, но и о распределении темной материи в том или ином скоплении — линзирование позволяет составлять подробные карты такого распределения.

▲ Лежащее на расстоянии 2,1 миллиарда световых лет от нас скопление галактик Abell 2218 работает как гравитационная линза, увеличивая и искажая изображения далеких галактик.

◀ Когда линзируемый объект и гравитационная линза расположены точно (или почти точно) на луче зрения, изображение далёкого объекта может быть растянуто линзой в так называемое кольцо Эйнштейна.

► Гигантская арка на этой сделанной «Хабблом» фотографии — галактика на расстоянии в 10 миллиардов световых лет, сильно линзированная скоплением галактик, находящемся вдвое ближе к Земле.

► В гравитационной линзе множественные изображения далёкой галактики образуются за счет искривления света гравитацией более близкого объекта.



# ПУЛЯ ИСКРИВЛЯЕТ СВЕТ

**КРОМЕ ОПИСАННОГО «СИЛЬНОГО»** гравитационного линзирования скопления галактик могут производить и эффект «слабого» линзирования. В этом случае изображения далеких фоновых галактик лишь искажаются и смещаются сложной картиной гравитационного поля, через которое свет проходит во время своего длящегося миллиарды лет путешествия к Земле. Статистический анализ формы и ориентации тысяч слабых фоновых галактик позволяет астрономам определить распределение темной материи в пространстве.

Этот метод был использован для изучения скопления Пуля, удаленного от Земли на расстояние 3,5 миллиарда световых лет. К тому времени уже было известно, что оно образовалось в результате столкновения двух скоплений галактик примерно 150 миллионов лет назад, когда меньшее скопление прошло практически через центр большего. Обыч-

но при таких столкновениях отдельные галактики просто пролетают мимо друг друга, но в данном случае массы горячего межгалактического газа внутри обоих скоплений столкнулись друг с другом «в лоб» и, затормозившись, аккумуляровались как раз примерно посередине. Эта картина хорошо видна на рентгеновских изображениях скопления.

Измерив влияние слабого линзирования скоплением Пуля изображений далеких фоновых галактик, удалось составить карту распределения темной материи в двойном скоплении. По этой карте видно, что темная материя тесно связана с видимыми галактиками, как и предсказывает большинство теорий.

Этим методом будут строиться точные трехмерные карты пространственного распределения темной материи во многих частях наблюдаемой Вселенной в ходе космических миссий «Евклид» (ЕКА) и «Нэнси Грейс Роман» (НАСА).

## Паспорт

Имя: Скопление Пуля

Созвездие: Киль

Положение на небе:

Прямое восхождение: 06ч 58м 38с

Склонение:  $-55^{\circ} 57,0'$

Карта звездного неба: 10

Расстояние: 3,6 млрд световых лет

Столкновение произошло: 150 млн лет назад

Поперечник: 5 млн световых лет

Масса:  $2,5 \times 10^{14}$  масс Солнца



▼ Распределение горячего газа, излучающего в рентгеновском диапазоне (розовый цвет), сильно отличается от распределения темной материи (голубой) на этом составном снимке скопления Пуля.



◀ Abell 520 — сливающееся скопление галактик, похожее на скопление Пуля, хотя в нем темная материя (голубой цвет) скапливается в центре.



◀ Распределение темной материи в скоплении галактик Abell 1689, рассчитанное по данным слабого гравитационного линзирования.

► На этом сделанном «Джеймсом Уэббом» снимке скопления Пандора видны тысячи далеких фоновых галактик. В пределах наблюдаемой Вселенной несколько сотен миллиардов галактик.

# ВСЕЛЕННАЯ

Космология, наука о рождении, эволюции и структуре Вселенной, по определению самая всеохватывающая из всех наук. Конечно, она производит сильное впечатление на наше воображение. Космология пытается найти ответ на вопросы, которые много веков задавали себе философы и религиозные мыслители: как все началось? И какое место занимает во Вселенной человечество?

Только в начале XX столетия на смену сказаниям, мифам и фантазиям о происхождении и эволюции Вселенной постепенно пришли научные теории, основанные на объективных наблюдениях. В последние годы точность этих наблюдений увеличилась настолько, что некоторые астрономы стали говорить о «точной космологии».

Пожалуй, всё-таки этот термин вводить рановато. Хотя мы достаточно много знаем о крупномасштабной структуре Вселенной, ранней эволюции галактик и космическом фоновом излучении — «эхе» Большого Взрыва — природа 96% содержания Вселенной пока остается нам совершенно непонятной, как остается открытым и вопрос о том, существуют ли бесчисленные вселенные за пределами (или параллельно) нашей Вселенной.

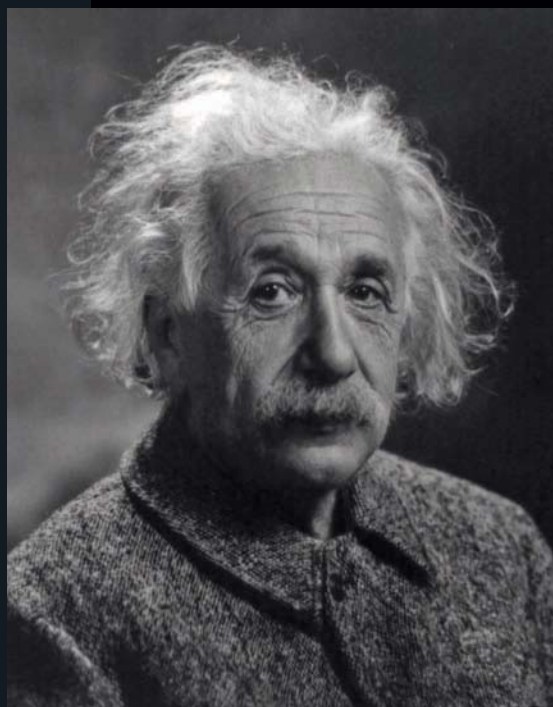
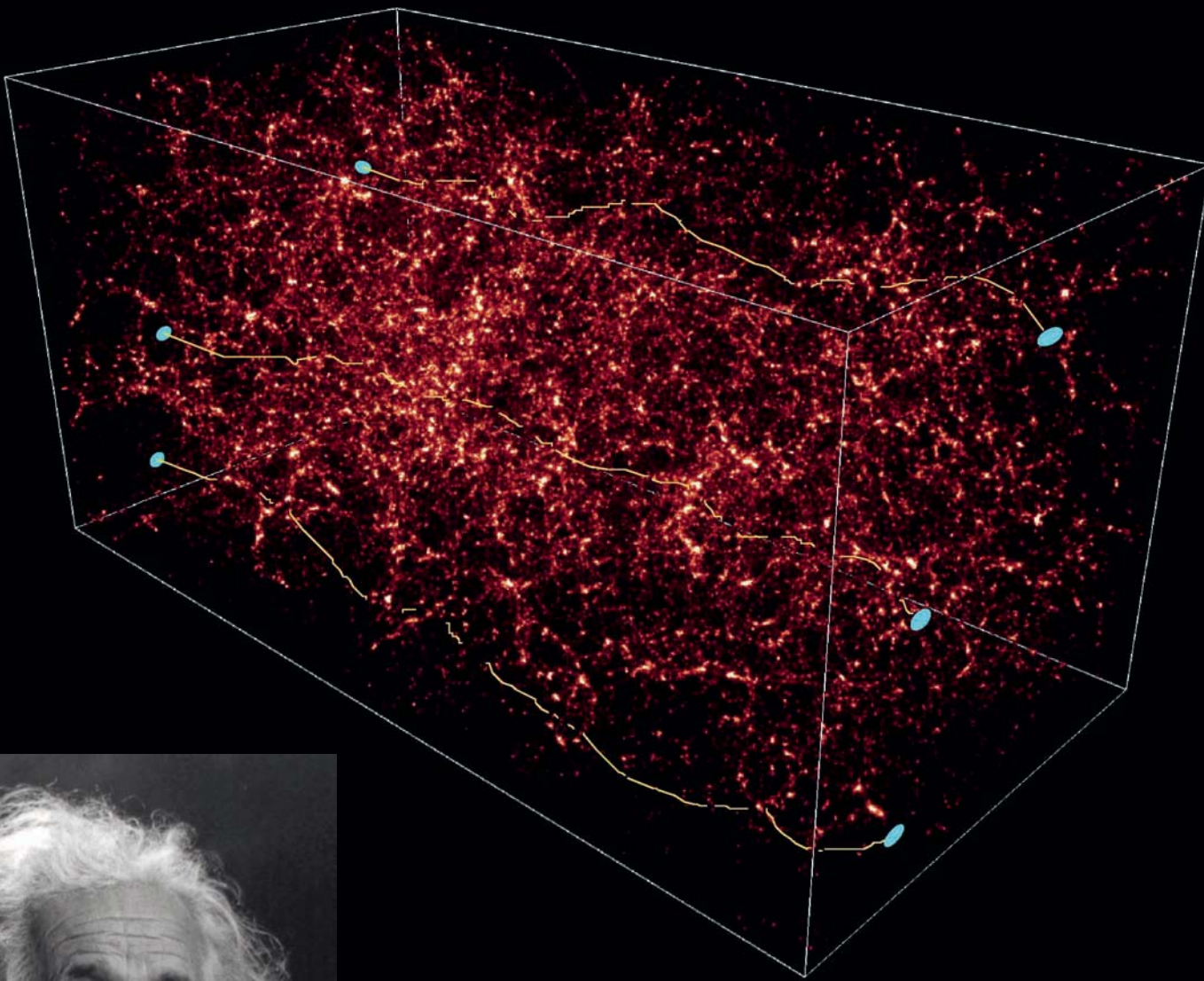
Никто не представляет себе, что когда-то настанет день, когда будут найдены ответы на все вопросы. Возможно, человеческий мозг просто не в состоянии полностью понять космос. Одно только известно точно — человечество есть неотъемлемая часть Вселенной, а наше существование неразрывно связано с продолжающимся миллиарды лет её развитием.



# ЧЕТЫРЕХМЕРНАЯ ВСЕЛЕННАЯ ЭЙНШТЕЙНА

**НЕСКОЛЬКО ВЕКОВ НАЗАД** устройство Вселенной казалось ясным и понятным. Один из величайших ученых XVII столетия Исаак Ньютон рассматривал пространство и время как абсолютный и неизменный фон, на котором разворачиваются все природные события и явления. Он считал пространство бесконечной пустотой с тремя координатами (вперед/назад, влево/вправо и вверх/вниз), которую лучше всего сравнить с трехмерным куском клетчатой бумаги. Время для Ньютона было чем-то вроде абсолютных часов, временной стрелой, вдоль которой настоящее секунда за секундой двигалось от прошлого к будущему. В космосе Ньютона время и пространство были полностью независимы друг от друга, даже если бы Вселенная была полностью пустой и в ней никогда ничего бы не происходило.

В начале XX столетия на смену этому интуитивному пониманию пришла концепция относительности пространства и времени Альберта Эйнштейна. Эйнштейн считал, что пространство и время неразрывно связаны между собой и не абсолютны. Согласно Эйнштейну, расстояния, длительность интервалов времени и даже одновременность событий — всё это относительные понятия, означающие нечто совершенно разное для разных наблюдателей. Более того, на них влияет не только движение наблюдателя, но и наличие вещества: именно вещество определяет, искривлено ли и до какой степени четырехмерное пространство-время. То, что мы воспринимаем как гравитацию, Эйнштейн описывает как возмущения пространства-времени. Его теория не упрощает понимание пространства и времени, но делает наши представления гораздо более гибкими. Без деформируемого четырехмерного пространства-времени Эйнштейна мы бы никогда не поняли таких явлений, как расширение Вселенной, существование черных дыр, гравитационных волн или гипотетических «кратовых нор».



▲ Согласно Эйнштейну, точная форма пространства-времени определяется гравитацией как видимой, так и темной материи, поэтому свет распространяется по извилистым маршрутам.

◀ На сегодняшний день общая теория относительности Альберта Эйнштейна – лучшее описание пространства-времени. Эйнштейну было 36 лет, когда он разработал свою теорию – гораздо меньше, чем на этом фото.

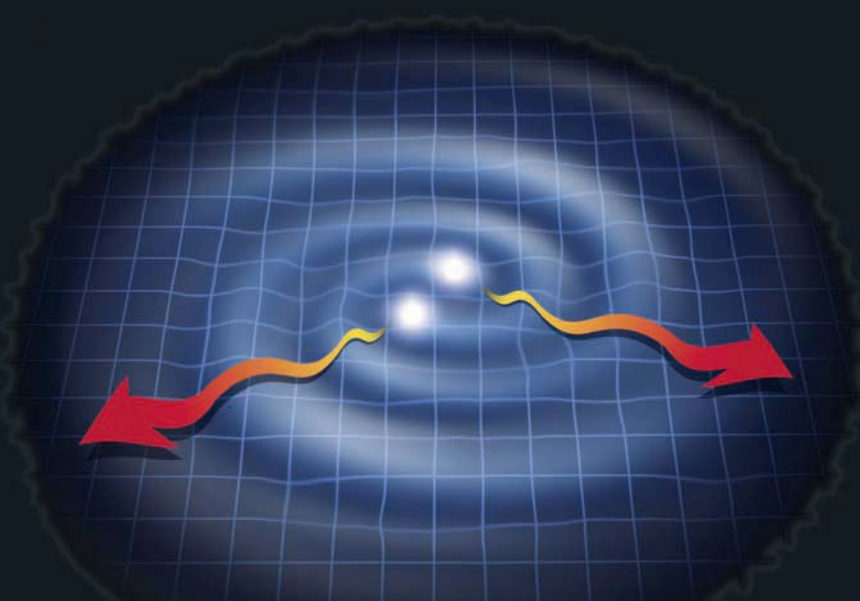
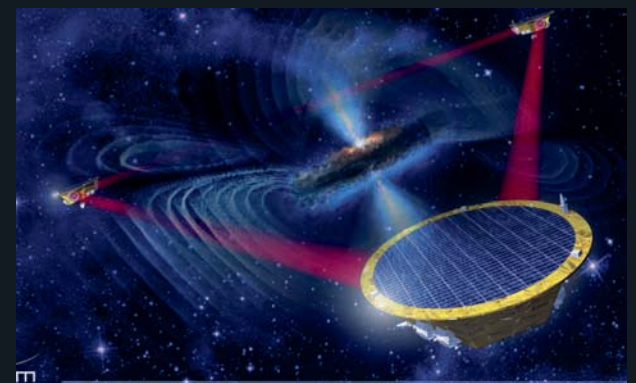
# РЯБЬ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

**ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ** Эйнштейна предсказывает существование не только искривленного пространства и черных дыр, но и гравитационных волн — микроскопической ряби на ткани пространства-времени. Само пространство-время способно вибрировать и резонировать — хотя, чтобы заставить его это делать, требуется огромная энергия.

Каждый раз, когда некоторая масса меняет свою скорость или направление движения, возникает гравитационная волна. Но заметно это только в крайних случаях, например, когда две черные дыры или две компактных нейтронных звезды кружатся друг вокруг друга и затем сталкиваются, возникает такая сильная гравитационная волна, что ее можно обнаружить на Земле с помощью современной техники.

Первые убедительные, хотя и косвенные доказательства существования гравитационных волн появились в 1974 году, когда Джозеф Тейлор и Рассел Хулзе обнаружили, что двойная нейтронная звезда BR 1913+16 теряет свою орбитальную энергию в точном соответствии с предсказаниями Эйнштейна: «потерянная» энергия уходит от звезды в виде гравитационных волн. А в 2015 году невероятно чувствительные приёмники впервые зарегистрировали эту микроскопическую рябь пространства-времени.

У учёных есть планы создания еще более крупных и чувствительных инструментов как на Земле, так и в космосе. Астрономы надеются обнаружить гравитационные волны, возникшие в самые первые моменты существования Вселенной, — это позволило бы понять, что происходило непосредственно после Большого Взрыва.



▼ Лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая лаборатория (LIGO) в США состоит из двух идентичных установок — в Луизиане и штате Вашингтон.

▲ Когда две нейтронные звезды вращаются вокруг друг друга, они теряют энергию в виде гравитационных волн.



# СОТВОРЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА

**ВРЯД ЛИ НАЙДЁТСЯ В АСТРОНОМИИ ТЕМА,** которая встречает столько трудностей в понимании, чем расширение Вселенной. Этих трудностей можно было бы избежать, если бы мы говорили не о расширении Вселенной, а о расширении пространства.

Слишком часто расширение Вселенной описывается как разбегание галактик — все галактики во Вселенной удаляются друг от друга. Такое описание корректно только в том смысле, что расстояние между галактиками действительно увеличивается. Однако это вовсе не значит, что они физически перемещаются в пространстве. Расширяется именно само пространство — его становится все больше и больше. Галактики можно сравнить с пятнышками на поверхности воздушного шарика: когда шарик надувают, расстояние между пятнышками увеличивается, хотя по поверхности шарика они не двигаются.

Говорить, что пространство расширяется «куда-то», тоже неправильно. Если растягивать бесконечную прямую, метки на ней будут удаляться друг от друга. Точно так же расширяется и бесконечное трехмерное пространство — ему для этого не требуется никакая внешняя среда.

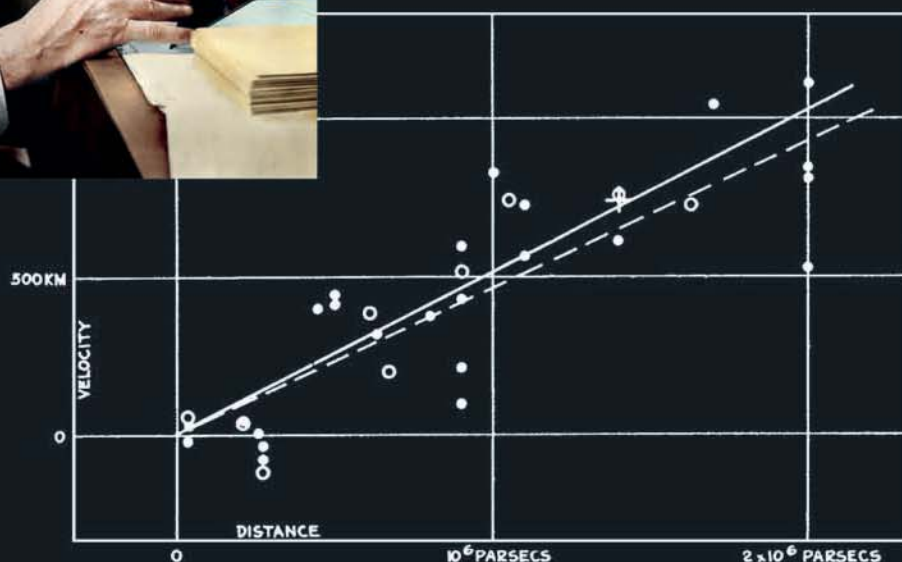
Наконец, неправильно думать, что мы можем наблюдать расширение Вселенной в нашем ближайшем окружении. Структура пространства-времени тесно связана с присутствием вещества — поэтому расширение пространства не играет никакой роли там, где преобладают силы гравитации, например, в нашей Солнечной системе или во Млечном Пути.

► Вселенная не просто расширяется — таинственная «тёмная энергия» постоянно ускоряет ее расширение.



◀ Исследуя спектры далеких галактик, Эдвин Хаббл понял, что чем дальше они находятся, тем быстрее удаляются от нас.

▼ На этом графике, опубликованном Эдвином Хабблом в 1929 году, впервые показана зависимость между расстоянием до галактики и её «скоростью удаления».



## ТЁМНАЯ ЭНЕРГИЯ УСКОРЯЕТ РАСШИРЕНИЕ



# ПУТЕШЕСТВИЕ В ПРОШЛОЕ

Астрономы — путешественники во времени. Телескопы показывают им Вселенную не такой, какая она сейчас, а такой, какой она была в прошлом. Каждый раз, когда мы смотрим на звезды, мы смотрим в прошлое, и чем дальше мы заглядываем в глубины пространства, тем более далекое прошлое мы видим.

Удивительно, но это позволяет нам увидеть то, чего больше нет: звезды, которые уже давно взорвались как сверхновые, галактики, с тех пор уже разорванные на части приливными силами, раннюю Вселенную на заре её существования. Все это возможно потому, что скорость света конечна (300 тысяч километров в секунду) и любому сигналу требуется время, чтобы до нас дойти.

Свет Солнца доходит до Земли чуть больше, чем за 8 минут — это значит, что мы видим Солнце таким, каким оно было 8 минут назад. Но когда мы смотрим на звёзды в ночном небе, мы заглядываем в гораздо более далёкое прошлое — на десятки и сотни лет назад. А галактики, которые мы видим в большие телескопы, так далеко от Земли, что их свет идёт до нас миллиарды лет.

Так как мы заглядываем в такое далекое прошлое, в расширяющейся Вселенной понятие «расстояния» меняет свой смысл. Когда астрономы говорят, что галактика расположена на расстоянии в 10 миллиардов световых лет, то это означает, что свет от нее шел к нам через расширяющуюся Вселенную 10 миллиардов лет. Но в момент, когда свет от неё достиг Земли, эта галактика уже успела стать гораздо дальше.

► Скопление «Шкатулка с драгоценностями» расположено на расстоянии 6 400 световых лет, поэтому мы видим его таким, каким оно было за 4 400 лет до нашей эры.



▲ Мы видим Солнце не таким, какое оно в этот миг, но таким, каким оно было 8,3 минуты назад — именно столько времени требуется солнечным лучам, чтобы достичь Земли.

▼ Видимый нами свет галактики NGC 1232 начал свой путь к Земле 60 миллионов лет назад, вскоре после исчезновения динозавров.



# ГАЛАКТИКИ МЕНЯЮТ ЦВЕТ

Благодаря расширению Вселенной астрономы могут измерять расстояния до далеких галактик. Их свет несёт информацию о том, как долго он шел через расширяющееся пространство.

Световые волны имеют определённую длину — например, у красного света волны длиннее, чем у голубого, а у инфракрасного длина волны еще больше. Обычно длина волны света не меняется и до Земли он доходит с тем же цветом, с которым начал свой путь, однако расширение Вселенной вносит свои поправки.

Чем дальше свет находится в пути, тем больше его волны растягивает расширение пространства, через которое он проходит. Свет от очень далекой галактики идет до Земли гораздо дольше, чем от близкой, и его волны за это время растянутся гораздо сильнее. Поэтому, когда этот свет наконец достигает Земли, его световые волны приобретают красный оттенок. Такое «красное смещение» света галактик можно измерять спектроскопом; оно непосредственно зависит от продолжительности путешествия света до Земли, а значит, и от расстояния до источника света.

У света самых далеких галактик во Вселенной, которые мы видим такими, какими они были вскоре после Большого Взрыва, такое сильное красное смещение, что горячие бело-голубые звезды уже практически не видны в оптические телескопы, такие как Космический телескоп Хаббла, и чтобы их разглядеть, нужны инфракрасные инструменты. Именно поэтому астрономическое сообщество так взбудоражено запуском в 2021 году космического телескопа «Джеймс Уэбб»: этот наследник «Хаббла» работает преимущественно в инфракрасном диапазоне.



▲ Очень далекие галактики (отмеченные кружками на этом снимке «Хаббла») из-за огромного красного смещения кажутся гораздо краснее, чем они есть на самом деле.



▲ Запущенный в 2021 году космический телескоп «Джеймс Уэбб» изучает далекие галактики в инфракрасном диапазоне спектра.

# НАБЛЮДАЕМАЯ ВСЕЛЕННАЯ

**ИТАК, ЧЕМ ДАЛЬШЕ АСТРОНОМЫ** заглядывают в бескрайний космос, тем дальше они уходят назад во времени — скорость света конечна. Но конечность скорости света в сочетании с конечным возрастом Вселенной приводят к ещё одному следствию: объём пространства, который мы способны наблюдать, фундаментальным образом ограничен. Этот «космологический горизонт» невозможно расширить, увеличивая размеры наших телескопов.

Свету требуется время, чтобы дойти до Земли, однако это время не может увеличиваться до бесконечности по той простой причине, что Вселенная существует «всего лишь» около 13,8 миллиарда лет. Поэтому свету от галактики, находящейся от нас на расстоянии 20 миллиардов световых лет, просто не хватит времени, чтобы достичь Земли. Такая галактика оказы-

вается за пределами нашего космологического горизонта.

Космологический горизонт немного похож на горизонт, который видит моряк, взобравшись на мачту своего парусника. Так же, как океан продолжается за горизонтом, Вселенная продолжается и за пределами космологического горизонта — мы просто не можем ее там увидеть.

Как могут галактики в расширяющейся Вселенной, возраст которой 13,8 миллиардов лет, быть дальше друг от друга, чем 13,8 миллиардов световых лет? И не значит ли это, что Вселенная расширяется быстрее скорости света? Да, так и есть! Но это не противоречит теории относительности Эйнштейна: ведь расширяется само пространство, а не материя, которая не может двигаться быстрее света сквозь него.

► Нет, это не попытка изобразить Большой Взрыв. Ведь это был не взрыв в пространстве, а взрыв самого пространства.



▲ В наблюдаемой Вселенной около сотни миллиардов галактик, а в каждой из них — десятки или сотни миллиардов звезд.

◀ Это рассеянное звездное скопление в туманности Орёл лежит в пределах нашего космологического горизонта; за его пределами может быть бесчисленное множество подобных скоплений.

# НАЧАЛО ВСЕГО

**В ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ** о Большом Взрыве так же много широко распространенных заблуждений, как и в представлениях о расширении Вселенной. Пора в этом разобраться.

*Заблуждение № 1.* Большой Взрыв — это взрыв, который произошел где-то в пустом пространстве.

На деле можно считать, что Большой Взрыв произошел повсюду во Вселенной; 13,8 миллиарда лет назад в любой её точке плотность и температура были невероятно высокими. Никакой «центральной точки», откуда всё началось, не было.

*Заблуждение № 2.* В момент Большого Взрыва вся Вселенная была сконцентрирована в одной точке.

И это не так. Всё указывает на то, что сейчас Вселенная расширяется в бесконечном пространстве, и если так обстоит дело сейчас, точно так же оно обстояло и 13,8 миллиарда лет назад. Тогда это бесконечное пространство было намного «компактнее», и поэтому вещество Вселенной имело очень высокую плотность и температуру.

*Заблуждение № 3.* Большой Взрыв — точка начала отсчёта времени, то есть нулевой момент времени ( $t = 0$ ).

И это неверное утверждение. Начнем с того, что когда астрономы говорят о Большом Взрыве, они не имеют в виду реальный момент начала существования Вселенной (мы всё ещё знаем об этом слишком мало), а те экстремальные условия, в которых очутилась Вселенная, когда ее возраст составлял мельчайшие доли секунды. Более того, нет никакой уверенности, что время началось с Большого Взрыва: согласно другим теориям, оно возникло до того, как началось существование нашей Вселенной.



▲ Первым идею Большого Взрыва выдвинул бельгийский астроном и иезуитский священник Жорж Леметр.

▲ Пятый европейский «космический грузовик» ATV-5 (European Automated Transfer Vehicle), доставивший грузы на МКС, был назван «Жорж Леметр» в честь «отца Большого Взрыва».

# ЭХО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

**ВСЯ ВСЕЛЕННАЯ** до сих пор купается в этом первичном излучении, хоть оно сейчас намного слабее и тусклее. В результате расширения пространства (примерно в 1000 раз с того момента, как это излучение было испущено) длина волны первичного света растянулась до нескольких миллиметров, а его температура упала до 2,73 градуса выше абсолютного нуля.

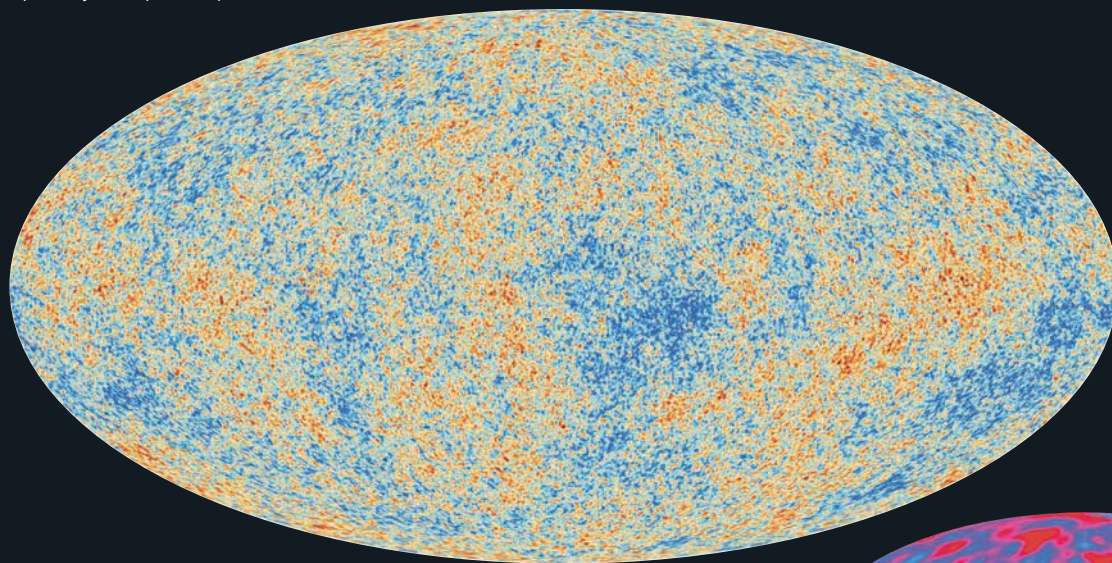
Космическое фоновое излучение удалось обнаружить только в 1965 году, и то, по сути, случайно\*. Затем «послесвечение» Большого Взрыва в мельчайших подробностях изучалось с наземными и космическими инструментами. Лучшую карту космического микроволнового фона, которой сегодня пользуются

астрономы всего мира, построил европейский космический телескоп «Планк» в 2013 году.

Микроскопические изменения температуры (не более одной десятичной доли градуса) на этом «детском фото» нашей Вселенной вызваны малыми изменениями плотности новорожденной Вселенной. Именно эти флуктуации плотности в конечном счёте привели к формированию галактик. Возможно, в фоновом излучении удастся найти следы гравитационных волн, возникших в первые микросекунды существования Вселенной. Некоторые космологи даже надеются, что в этом «реликтовом излучении» найдутся мельчайшие структуры, свидетельствующие о существовании «параллельных вселенных».

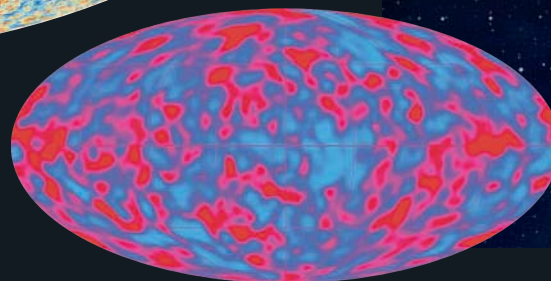
\* На десять лет раньше, в 1955 году, космический микроволновой фон на длине волны 3,2 см случайно обнаружил в Пулковской обсерватории аспирант Тигран Шмаонов, работа которого была опубликована в советском техническом журнале. Однако это открытие осталось незамеченным — в то время не нашлось никого, кто смог бы его правильно интерпретировать. — Прим.научного редактора.

► Чувствительные приборы космической обсерватории «Планк», находящейся на расстоянии 1,5 миллиона километров от Земли, построили карту распределения «реликтового излучения».

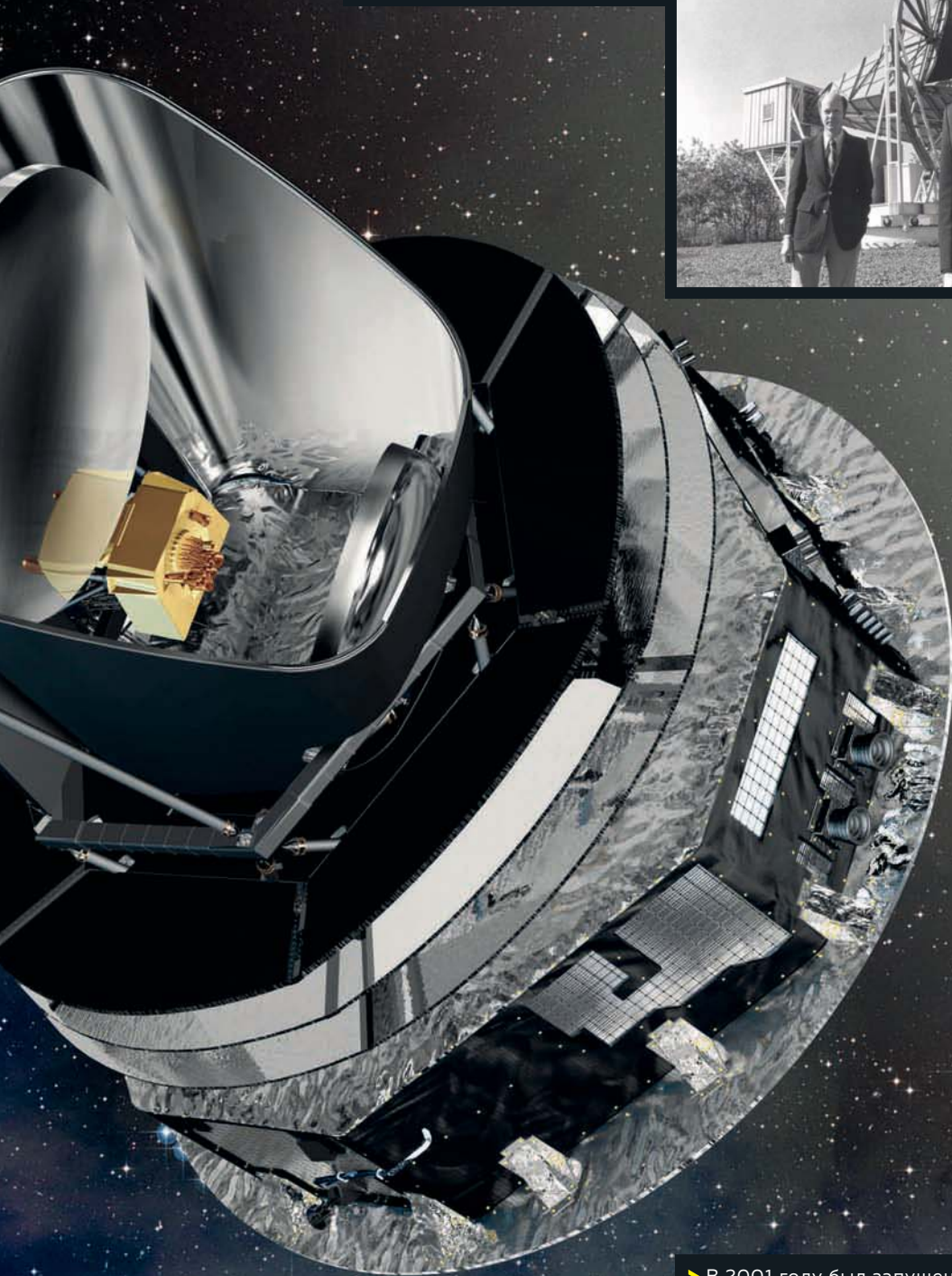


▲ Самое подробное «детское фото» Вселенной было получено европейским космическим аппаратом «Планк».

► В начале 1990-х спутник NASA COBE (Cosmic Background Explorer) первым обнаружил микроскопические вариации температуры космического микроволнового фона.

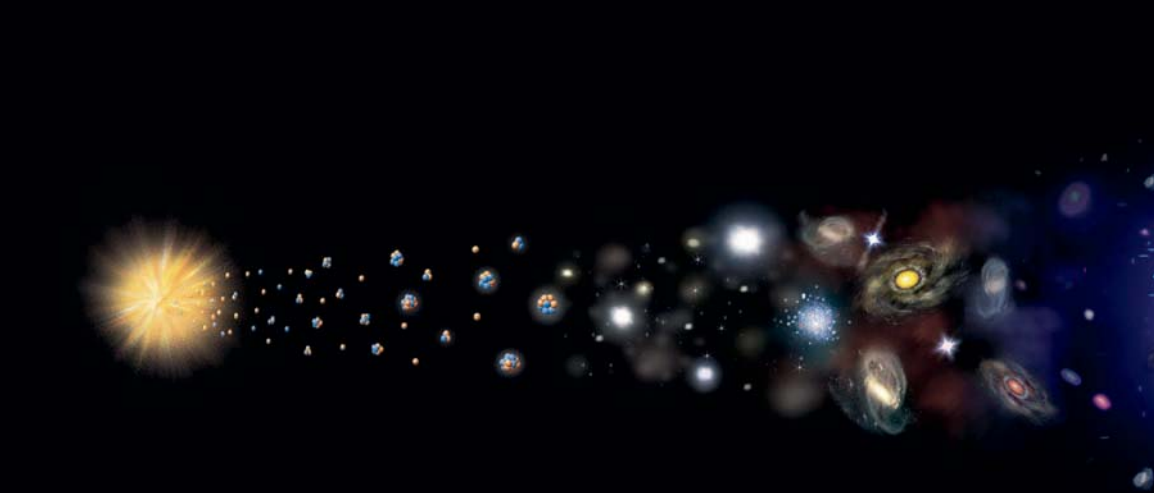


► Космическое фоновое излучение открыли в 1965 году радиоинженеры Арно Пензиас и Роберт Вильсон.



► В 2001 году был запущен космический аппарат WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), который исследовал космический микроволновой фон гораздо подробнее, чем это сделал COBE.





► Со времён Большого Взрыва химическая сложность Вселенной постоянно увеличивается, что приводит к образованию звезд, планет и жизни.

▼ Космический телескоп «Джеймс Уэбб» изучает самые первые галактики Вселенной, чтобы раскрыть загадку нашего космического происхождения.



# КОСМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

**С ПОМОЩЬЮ ТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ** космического фонового излучения, исследований новорожденных галактик на расстоянии миллиардов световых лет и крупномасштабной структуры Вселенной со всеми ее скоплениями и сверхскоплениями астрономы получили сравнительно стройную картину эволюции Вселенной. Многие детали этой эволюции до сих пор не выяснены, и сама тайна рождения космоса остаётся нераскрытой, однако общие очертания истории Вселенной уверенно вырисовываются. И это, может быть, самая удивительная из историй, открывшихся перед учеными.

Новорожденная Вселенная была заполнена смесью водорода и гелия с очень высокими плотностью и температурой. По мере расширения Вселенной газ становился всё более разреженным и остывал. Небольшие колебания плотности газа (возможно, это были усиленные квантовые флуктуации, возникшие сразу после «рождения» Вселенной) под влиянием гравитации разрослись в паутину темных мембран, волокон и облаков, разделенных относительно пустыми войдами. Эти структуры и стали зёрнами первых галактик.

Гравитация влияет на эволюцию Вселенной даже в небольших масштабах. Газовые облака коллапсировали под своей собственной тяжестью, образуя первые массивные гигантские звезды; впервые за миллионы лет во Вселенной снова появился свет. В ходе реакций термоядерного синтеза образовывались новые элементы, включая углерод, кислород и азот. Взрывы сверхновых выбрасывали эти тяжёлые элементы в пространство; из звездной пыли образовывались новые поколения звезд. У многих из этих звёзд были планеты. По крайней мере на одной из этих планет из комбинации органических молекул сформировались живые клетки. И вот спустя несколько миллиардов лет *Homo sapiens* строит на этой планете храмы и телескопы.



▲ Эволюция жизни на Земле от первых клеток до разумных обладающих сознанием приматов продолжалась более трех миллиардов лет.

▼ Строматолиты, образованные одноклеточными микроорганизмами три миллиарда лет назад, — древнейшие ископаемые на Земле.

# ТАИНСТВЕННАЯ СУБСТАНЦИЯ

**В 1930-Е ГОДЫ** астрономы поняли, что во Вселенной больше вещества, чем мы видим в свои телескопы. Измерения скоростей звезд Млечного Пути и галактик в скоплениях показали, что в космосе должны существовать огромные массы темной материи. Эта таинственная субстанция не испускает никакого излучения, но оказывает гравитационное воздействие на своё окружение. Позднее существование темной материи было убедительно подтверждено измерениями скоростей вращения внешних областей галактик.

Небольшая часть темной материи состоит из черных дыр, выгоревших звезд и волокон холодного темного газа, расположенных между галактиками. Однако сейчас установлено, что основная часть темной материи состоит не из обычных атомов и молекул — по-видимому, её составляют неизвестные элементарные частицы, которые взаимодействуют с «нормальными» частицами только через гравитационное притяжение. Обнаружить эти частицы пока не удаётся. Космологи и специалисты по физике частиц буквально бродят в темноте — детекторы темной материи находятся глубоко под землёй. Природа темной материи остаётся загадкой.

Пока существование темной материи доказано только косвенно, по её гравитационному воздействию. Но вдруг наша теория гравитации ошибочна и никакой темной материи нет? Стронники новой теории гравитации, «модифицированной ньютоновской динамики» (MOND) именно так и считают. Они успешно объясняют скорости вращения галактик с помощью альтернативной гипотезы: по их мнению сила гравитации уменьшается с расстоянием медленнее, чем считал Ньютон. Однако многие другие наблюдения с помощью MOND объяснить трудно. Так что, по крайней мере на сегодняшний день, теория темной материи считается наиболее убедительной — как ни загадочна эта неуловимая субстанция.



▲ Скопление Пандоры (Abell 2744) содержит горячий межгалактический газ (показан розовым) и огромное количество темной материи (показана голубым).

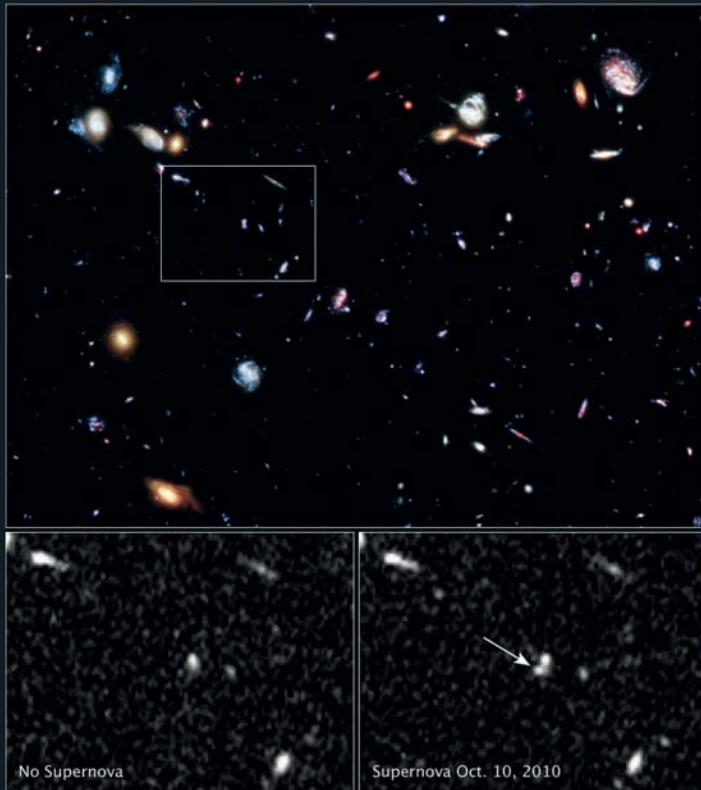


▼ Движения отдельных галактик в скоплениях говорят о том, что в этих огромных агломерациях содержится гораздо больше массы, чем общая масса видимого вещества.

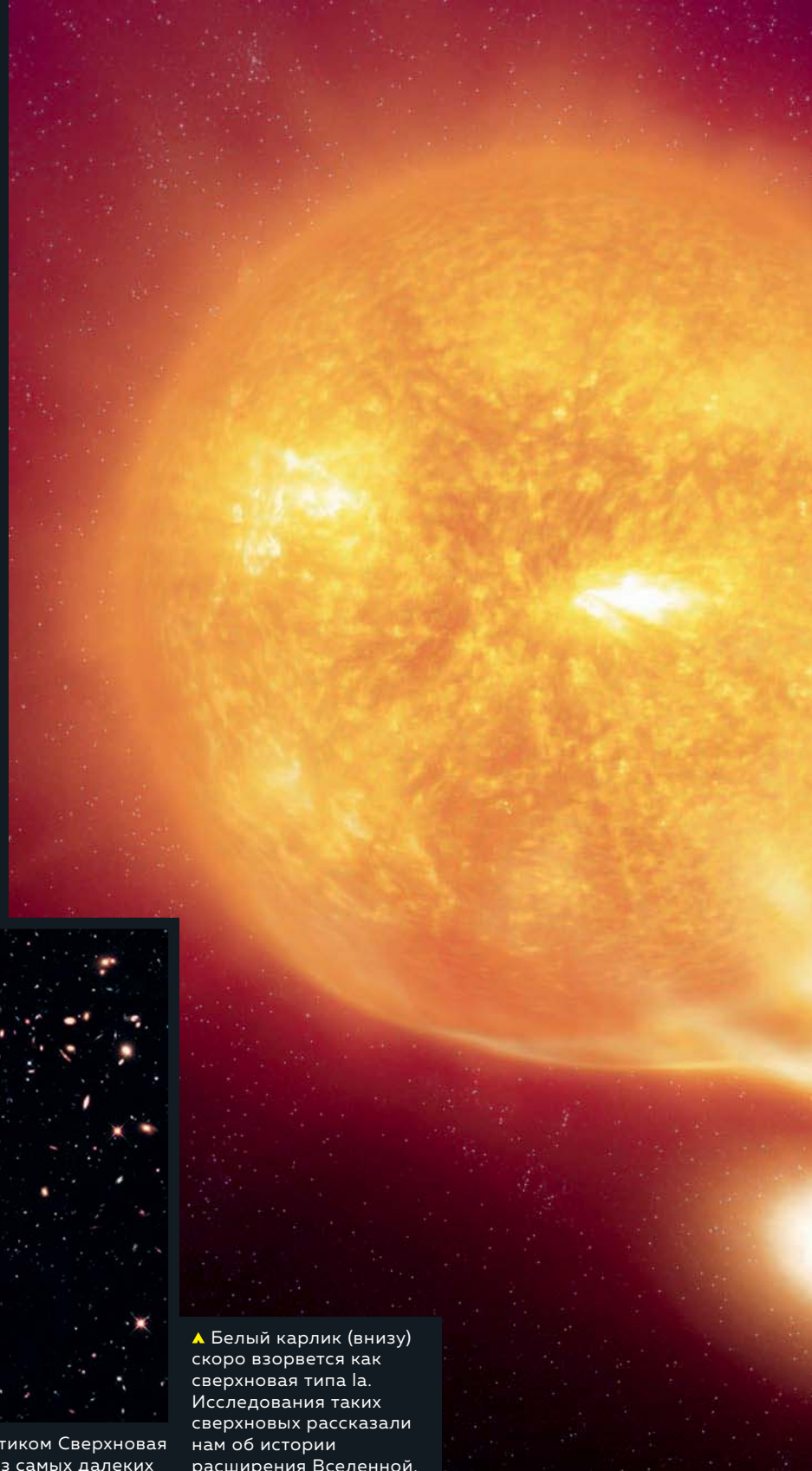
► Внешние части таких галактик, как NGC 6946, вращаются намного быстрее, чем можно ожидать, и это заставляет предполагать существование огромного количества невидимого вещества.



▲ Составляя карты малых деформаций очертаний фоновых галактик, астрономы могут определить распределение темной материи в линзирующем скоплении на переднем плане.



▲ Очерченный прямоугольником участок кадра, полученного Космическим телескопом Хаббла (вверху), показан в увеличении (внизу). В октябре 2010 года в далекой галактике на снимке вспыхнула сверхновая.



▲ Белый карлик (внизу) скоро взорвется как сверхновая типа Ia. Исследования таких сверхновых рассказали нам об истории расширения Вселенной.



▲ Выделенная квадратиком Сверхновая SN UDS10Wil — одна из самых далеких зарегистрированных сверхновых. Она взорвалась более 10 миллиардов лет назад.

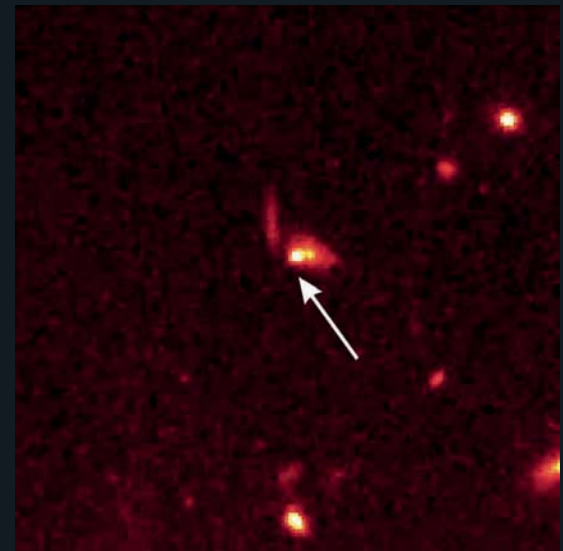
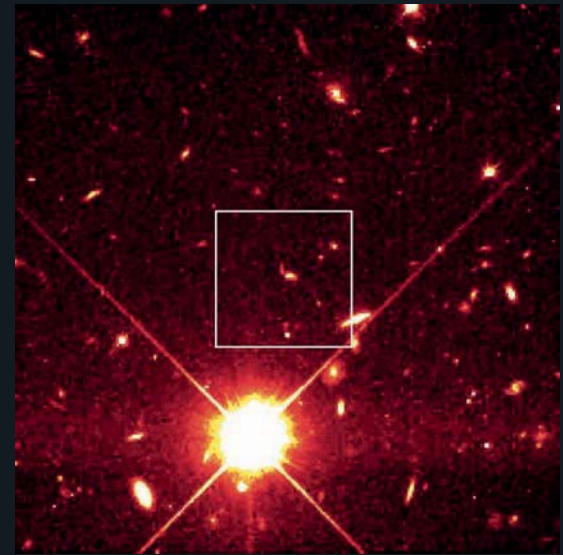
# АНТИГРАВИТАЦИЯ

**ЕСЛИ МЫ ХОТИМ ОПИСАТЬ** содержимое Вселенной, надо учитывать не только вещество, но и энергию. Согласно знаменитой формуле Эйнштейна  $E=mc^2$ , вещество и энергия — две стороны одной медали. В 1998 году астрономы открыли, что в общем балансе вещества и энергии космоса доминирует таинственная «антигравитация», из-за которой расширение пространства с течением времени ускоряется, а не замедляется.

Существование этой «темной энергии» доказывают не только наблюдения далеких сверхновых, из красного смещения которых мы извлекаем информацию об истории расширения Вселенной, но и свойства космического фонового излучения. Однако ученые до сих пор не знают, что это за вид энергии, связана ли она с загадочной темной материей, меняется ли со временем или остается постоянной.

Приходится признать, что на самом деле мы совсем не знаем, из чего состоит космос: 68,5% общего количества вещества-энергии приходится на таинственную темную энергию и 26,6% — это небарионная темная материя (темная материя, состоящая не из нормальных частиц), природа которой остается загадкой. На долю атомов и молекул приходится только 4,9% всего содержимого, причем три четверти из этих 4,9% слишком холодные и темные, чтобы их можно было наблюдать. Таким образом, все звезды, туманности и галактики, о которых рассказывает эта книга, составляют чуть более 1% нашей темной и загадочной Вселенной.

▲ Звезды и галактики, которые мы видим во Вселенной, составляют всего 1% общего количества вещества-энергии в ней.



▲ Телескопы-роботы регистрируют взрывы сверхновых типа Ia (отмечена стрелкой) в очень далеких галактиках.

# ЖИВОЙ КОСМОС

**ЕСТЬ ЛИ** во Вселенной жизнь на какой-нибудь другой планете, кроме Земли? Люди веками задавали себе этот вопрос, но до сих пор не могут дать на него убедительного ответа. Однако, учитывая необъятность Вселенной как в пространстве, так и во времени, вряд ли возможно, чтобы жизнь развивалась только в одном месте и только в один момент времени.

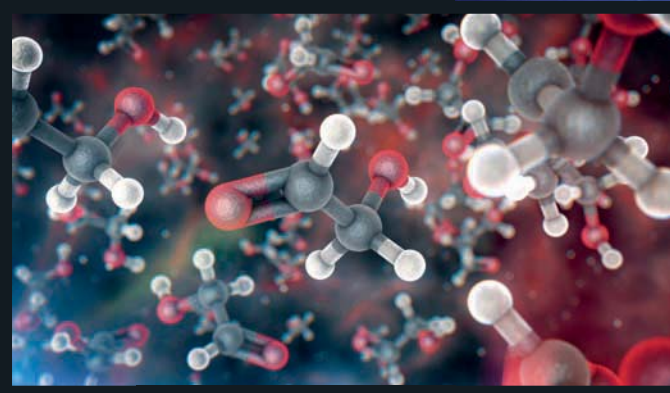
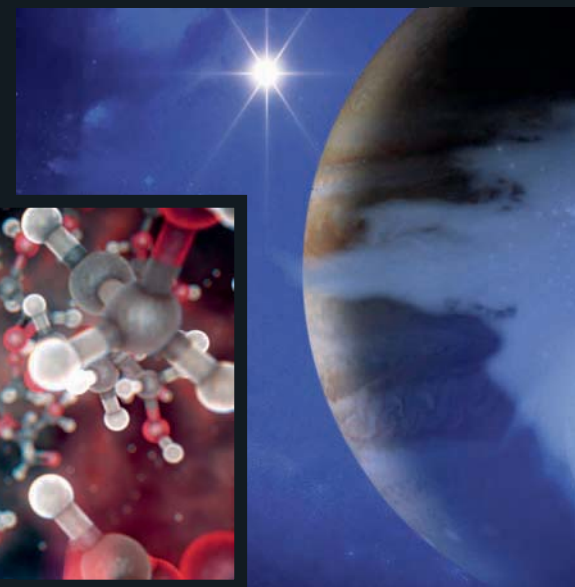
Вплоть до начала XX столетия ученые всерьез обсуждали возможность существования высокоорганизованных форм жизни на соседней с нами планете — Марсе. Теперь мы точно знаем, что в нашей Солнечной системе жизнь встречается очень редко: Земля буквально кишит жизнью, но во всех остальных частях нашей планетной системы можно надеяться найти разве что несколько микроорганизмов, да и то вряд ли. Однако открытие планет у других звезд дало новый импульс спорам о жизни за пределами Земли.

В областях звездообразования и протопланетных дисках вокруг новорожденных звезд астрономы отыскивали не только молекулы воды, но и сахаров, и других органических соединений. Углеводороды — строительные кирпичики, из которых состоят аминокислоты, да и вся жизнь на Земле. То, что произошло на Земле более чем 3,5 миллиарда лет назад, вполне могло произойти и на многих других планетах Вселенной.

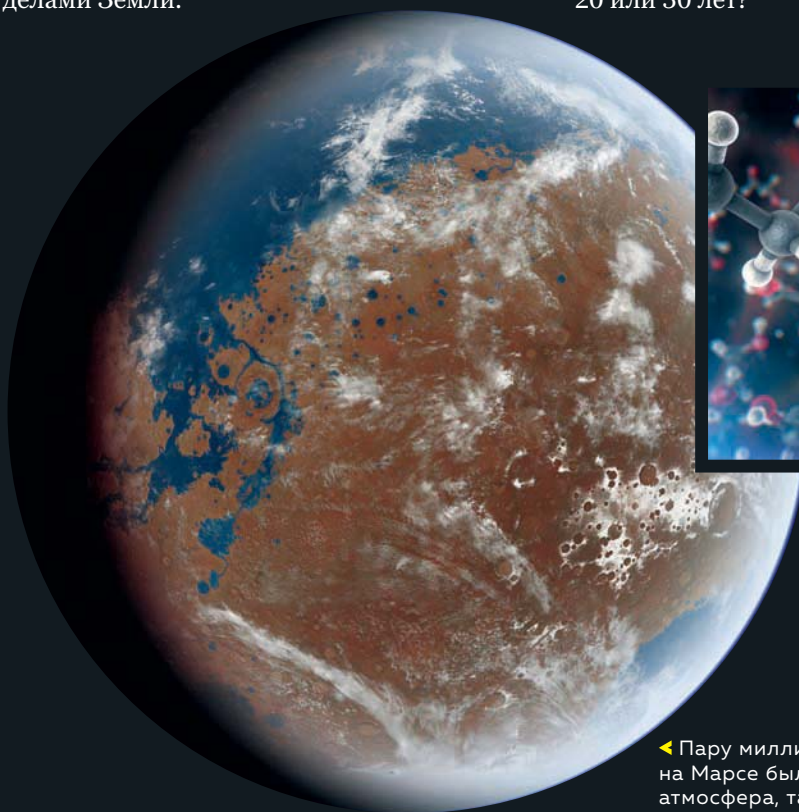
С космическим телескопом «Джеймс Уэбб» и новыми большими наземными телескопами будущего, такими как Чрезвычайно большой телескоп Европейской южной обсерватории в Чили, мы сможем определить состав атмосферы похожих на Землю планет и найти следы биологической активности на их поверхности. Кто знает, может быть, от открытия внеземной жизни нас отделяет каких-нибудь 20 или 30 лет?



▲ Только в нашей галактике Млечный Путь должны существовать миллиарды планет, похожих на Землю. Некоторые из них обращаются вокруг двойных или даже тройных звезд — восходы и закаты на них случаются по нескольку раз в день.



▲ Органические молекулы — строительные кирпичики жизни — открыты в самых разных уголках Вселенной.



◀ Пару миллиардов лет назад, когда на Марсе были океаны и плотная атмосфера, там могла существовать жизнь.



▶ Гейзеры на спутнике Юпитера Европе — признак того, что под ледяной корой могут лежать океаны.

# ЕСТЬ ЛИ ТАМ КТО-НИБУДЬ?

**БОЛЕЕ ПОЛУВЕКА**, начиная с пионерских работ американского радиоастронома Фрэнка Дрейка, мы ищем послания от инопланетян — искусственные сигналы внеземных цивилизаций. Это вовсе не безумная идея, как кажется на первый взгляд: Homo sapiens ведь тоже генерирует искусственные радиоволны, которые могут перехватить разумные обитатели далеких экзопланет.

Текущие проекты поиска внеземных цивилизаций SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) выполняются на больших радиотелескопах, например на китайском гиганте FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope). Используются и сети параболических антенн — «тарелок» меньших размеров, например, Allen Telescope Array в Калифорнии. Сверхчувствительные детекторы сканируют миллионы радиочастот, а суперкомпьютеры обрабатывают полученные данные. Разумеется, особое внимание уделяется звездам, у которых обнаружены планетные системы. Но пока эти поиски не увенчались успехом.

▲ 305-метровый радиотелескоп «Аресибо» в Пуэрто-Рико пытались использовать для радиоперехвата сообщений инопланетян.



Мы и сами отправляем послания в космос. Автоматические космические зонды, покидающие Солнечную систему, несут на борту таблички с изображениями и граммофонные записи звуков Земли — своеобразные космические «письма в бутылке». NASA (National Aeronautics and Space Administration) отправила в направлении Полярной звезды радиозапись песни «Битлз» Across the Universe. Математически закодированные сообщения переданы в соседние планетные системы. «Мы здесь!» — кричим мы изо всех сил. Но космос хранит жутковатое молчание.

Это молчание необъяснимо. Возможно, инопланетяне не выдают своего присутствия, проводя над нами своего рода эксперимент и молча наблюдая за нами? Может быть, их техника настолько обогнала нашу, что мы просто неспособны найти их каналы связи? А может, их просто-напросто не существует? Скорее всего, жизнь широко распространена во Вселенной, но вот высокоразвитые её формы и разумные существа могут встречаться очень редко.



▲ Построенный в Калифорнии на деньги частных инвесторов Allen Telescope Array в поисках сигналов внеземных цивилизаций сканирует миллионы частот.

◀ Если до инопланетян когда-нибудь дойдет «послание в бутылке» от человечества — Золотая пластинка «Вояджера», — то они вряд ли сразу поймут, что оно означает.





# МУЛЬТИВСЕЛЕННАЯ

**МНОГО ВЕКОВ НАЗАД** астрономы думали, что Земля уникальна, но теперь мы знаем, что вокруг Солнца вращается еще семь планет. Долгое время считалось, что Солнце уникально, однако потом астрономы выяснили, что Млечный Путь содержит сотни миллиардов солнц. Еще 100 лет назад большинство астрономов было убеждено в уникальности Млечного Пути, однако сейчас известно, что наблюдаемая Вселенная содержит как минимум 100 миллиардов галактик.

А как насчет самой Вселенной? Уникальна ли она? Или существуют другие Вселенные? И если да, то сможем ли мы когда-нибудь найти их?

Хотя это трудно назвать строгой наукой, но сегодня академические журналы заполнены рассуждениями о всевозможных параллельных Вселенных. Их существование следует из популярной сейчас теории струн, разработанной на основе физики элементарных частиц. В этой Мультивселенной отдельные вселенные могут иметь свои собственные характерные свойства, и на фоне этого многообразия наша Вселенная, удивительным образом приспособленная к существованию в ней жизни, становится похожей на выигранный билет в космической лотерее.

Вполне возможно, что разные вселенные существуют параллельно друг другу в разных измерениях, а может быть, они сменяют друг друга с течением времени. Есть даже гипотеза, что каждая материнская Вселенная может породить множество дочерних, то есть существует некая космическая генеалогия. В бесконечной Вселенной может быть бесконечно много «доменов», которые лежат далеко за пределами нашего провинциального космологического горизонта.

Вряд ли нам когда-нибудь удастся найти убедительные доказательства существования параллельных Вселенных, но сама идея Мультивселенной открывает совершенно новое измерение в представлениях о космосе.

◀ Так же, как не уникальны Земля, Солнце и галактика Млечный Путь, вся наша Вселенная может оказаться лишь частью бесконечной Мультивселенной.

# АТЛАС ЗВЕЗДНОГО НЕБА

**ЗАНИМАЮЩИЙ СЛЕДУЮЩИЕ 14 СТРАНИЦ** атлас показывает звездное небо так, как мы его видим с Земли. Карты атласа нарисовал специально для этой книги голландский астрокартограф Виль Тирион.

Все звезды этого атласа видны невооруженным глазом. Чтобы увидеть двойные звезды, туманности и галактики, обычно требуется телескоп. В атласе звездного неба вы сможете найти большинство объектов, упомянутых в этой книге.

Звезды Карты 1 расположены в области вокруг Северного полюса мира и видны только в Северном полушарии. Если вы живёте севернее Тропика Рака (примерно 23,5 северной широты), на вашем небе они никогда не заходят за горизонт.

Звезды Карт 2–7 также можно наблюдать в Северном полушарии, однако не весь год, и большинство из них видны не всю ночь. Звезды Карт 8–13 можно наблюдать в Южном полушарии, но тоже не весь год. В прилагаемой таблице указаны периоды наилучшей

видимости для этих звезд как в Северном, так и в Южном полушариях.

Наконец, звезды Карты 14 расположены вокруг Южного полюса мира и видны только в Южном полушарии. Для наблюдателей, находящихся к югу от Тропика Козерога (примерно 23,5 южной широты), они никогда не заходят за горизонт.

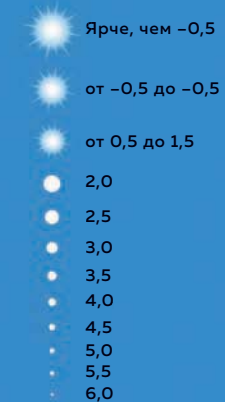
Для небесных объектов указаны астрономические координаты: прямое восхождение и склонение. Прямое восхождение на небесной сфере соответствует широте на земной поверхности. Небесный экватор — разделительная линия между Северным и Южным полушариями, проходящая точно над земным экватором — разделен на 24 часа. Склонение на небесной сфере аналогично широте на поверхности Земли: широта небесного экватора равна 0 градусов, а Северного и Южного полюсов мира — соответственно +90 и -90 градусов.

На странице 217 помещен полный список 88 созвездий, официально признанных Международным астрономическим союзом.

Период	Северное полушарие	Южное полушарие
Октябрь/ноябрь	Карта 2	Карта 8
Декабрь/январь	Карта 3	Карта 9
Февраль/март	Карта 4	Карта 10
Апрель/март	Карта 5	Карта 11
Июнь/июль	Карта 6	Карта 12
Август/сентябрь	Карта 7	Карта 13

## ЛЕГЕНДА

### Звездные величины



### Двойные или кратные звезды



### Переменные звезды



Слабые звезды, слабее, чем 6,0 в минимуме



### Млечный Путь

### Объекты глубокого космоса

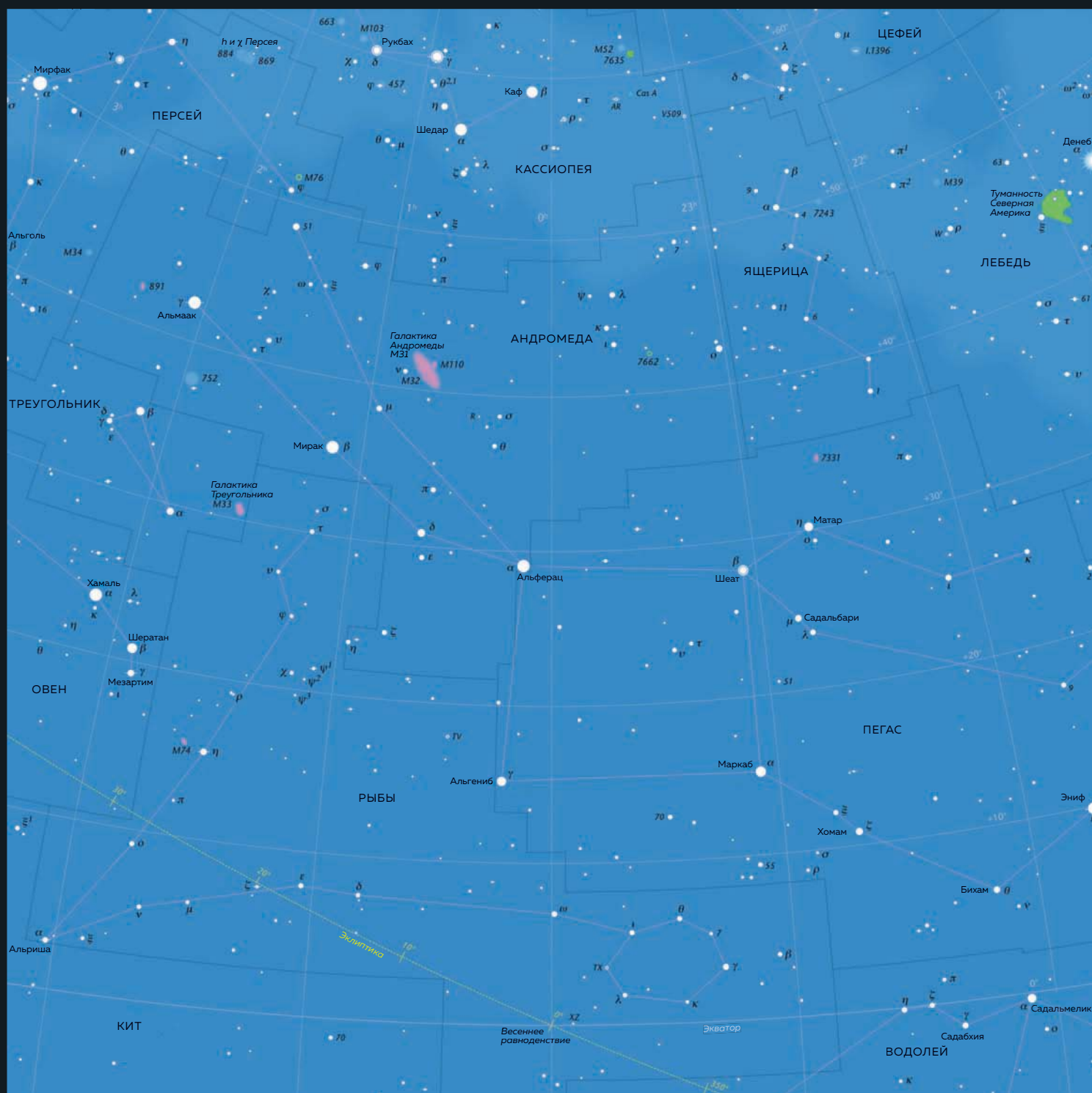
- Рассеянное звездное скопление
- Шаровые звездные скопления
- Планетарная туманность
- Яркая туманность
- Темная туманность
- Галактика
- Квазар
- Источник радиоволн или рентгеновского излучения
- Другие интересные объекты

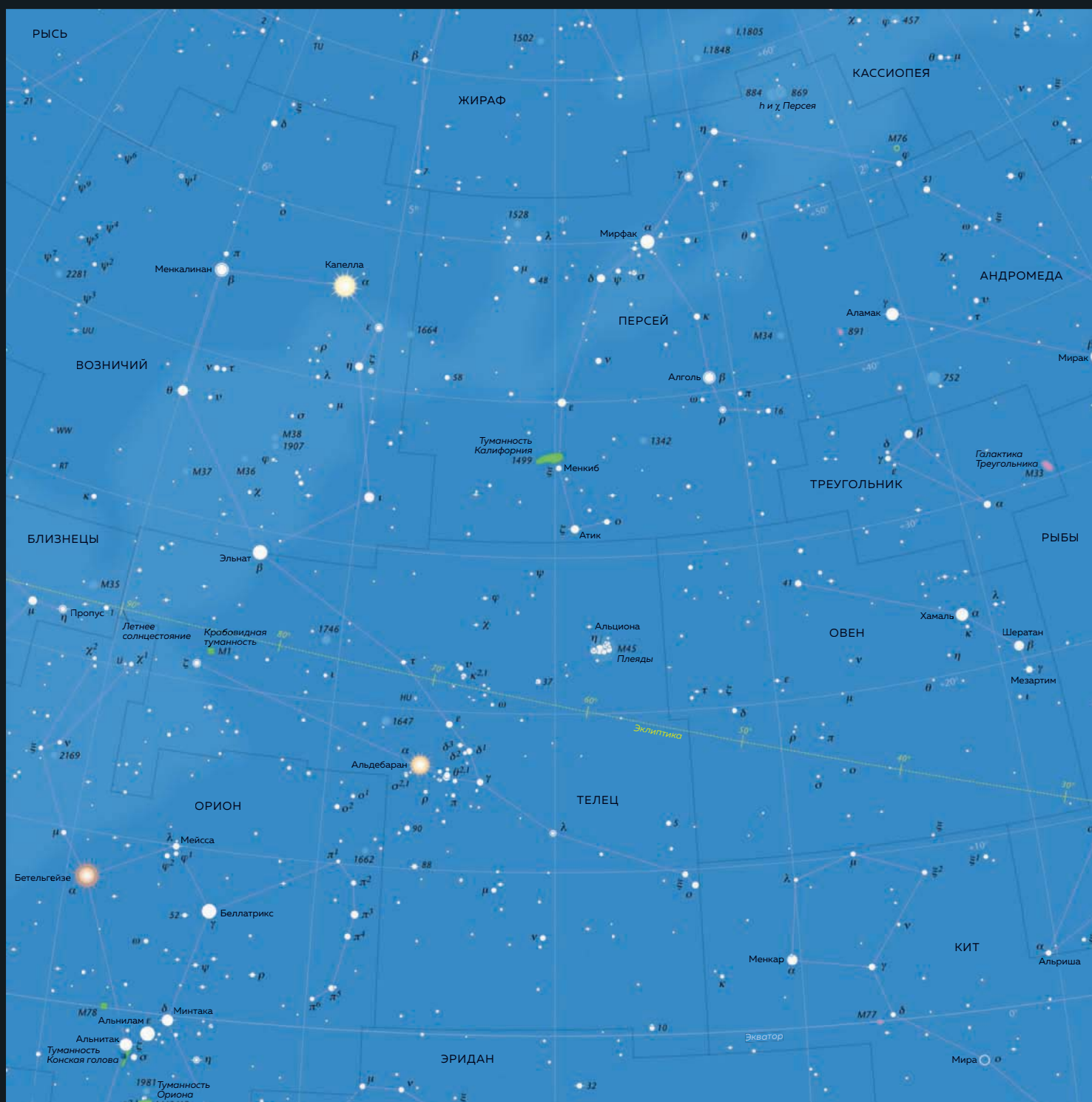
### Фигуры созвездий

### Границы созвездий

- Линии координатной сетки (прямое восхождение и склонение)
- Экватор
- Эклиптика с долготой

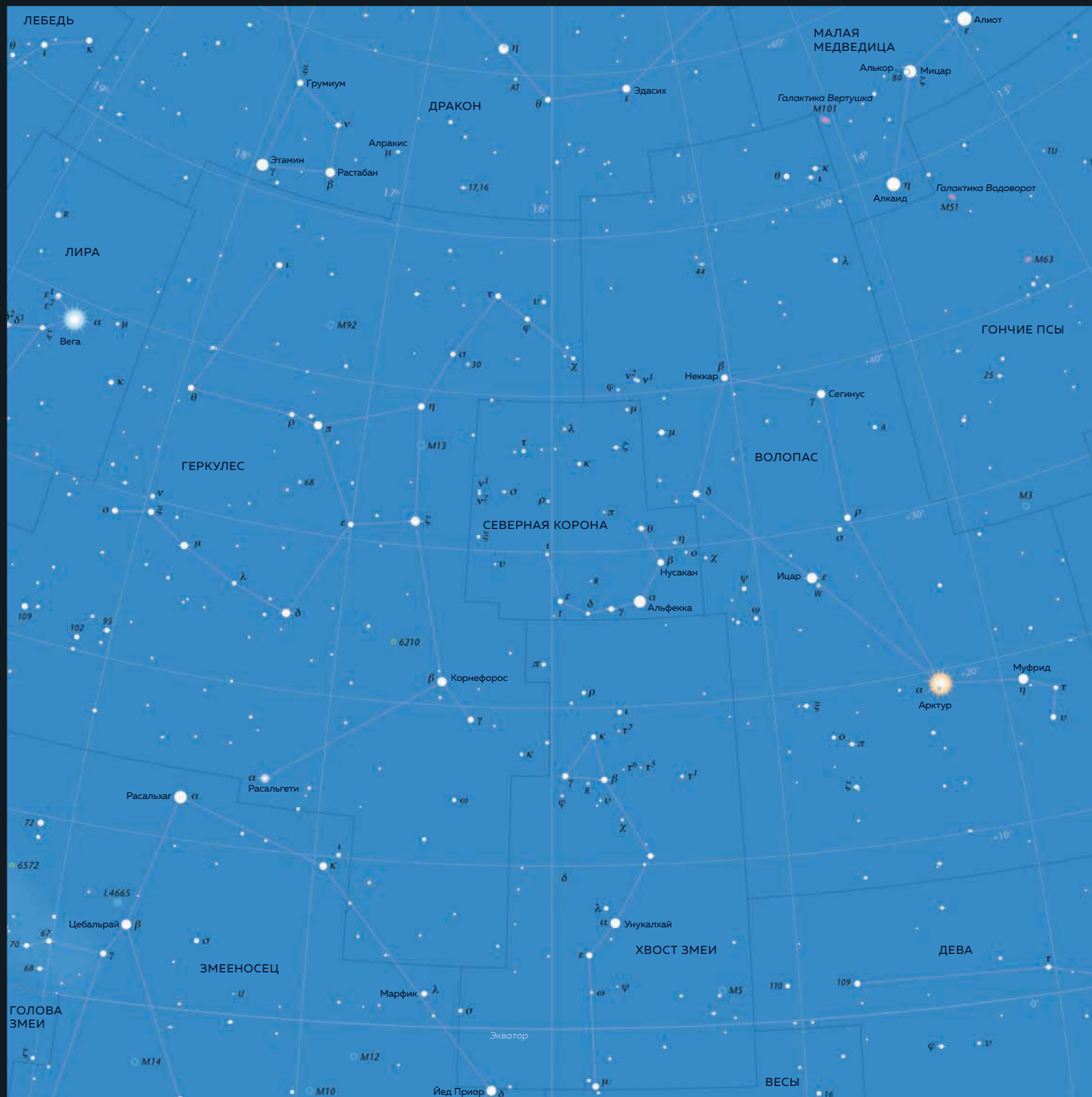


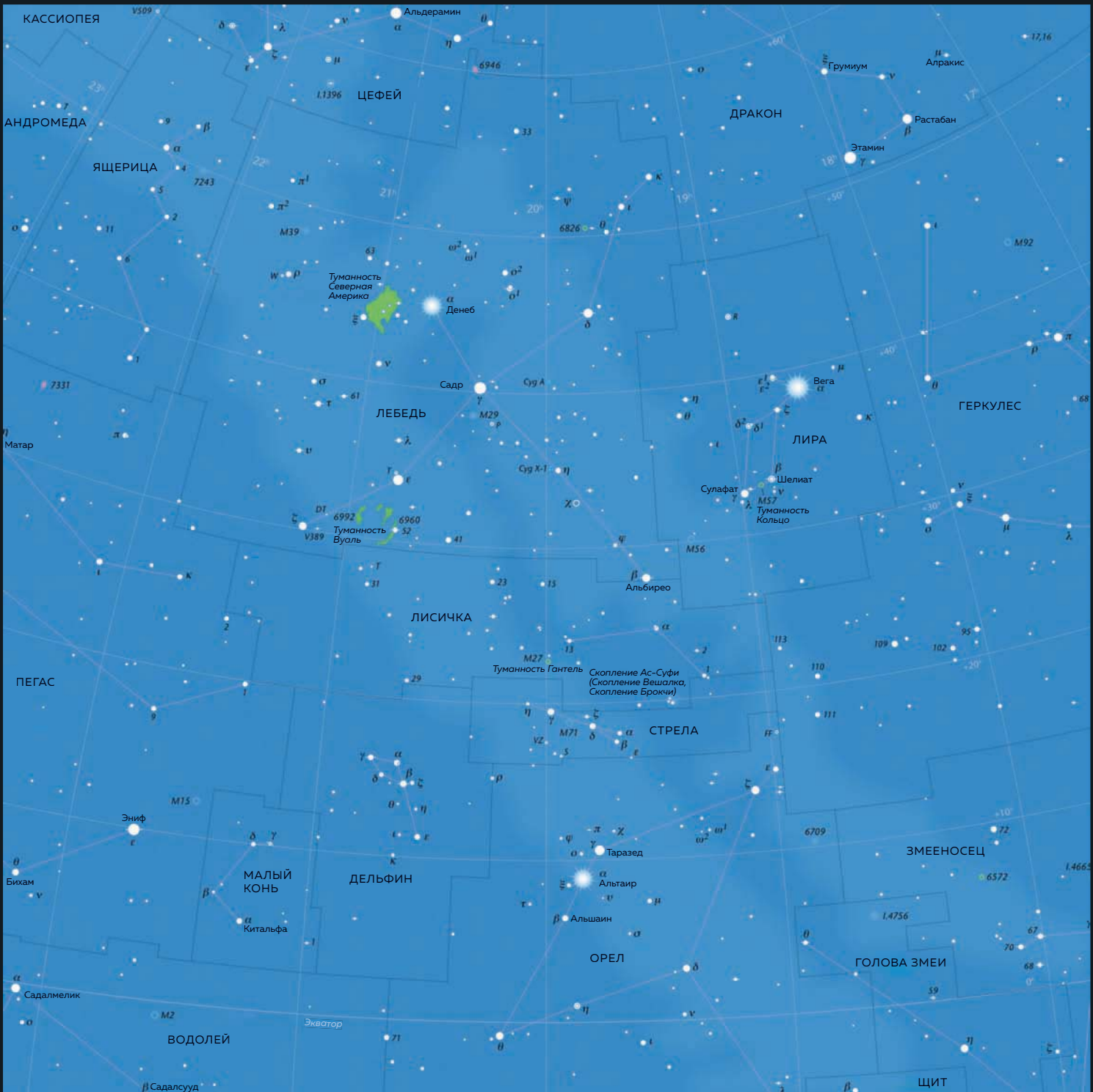


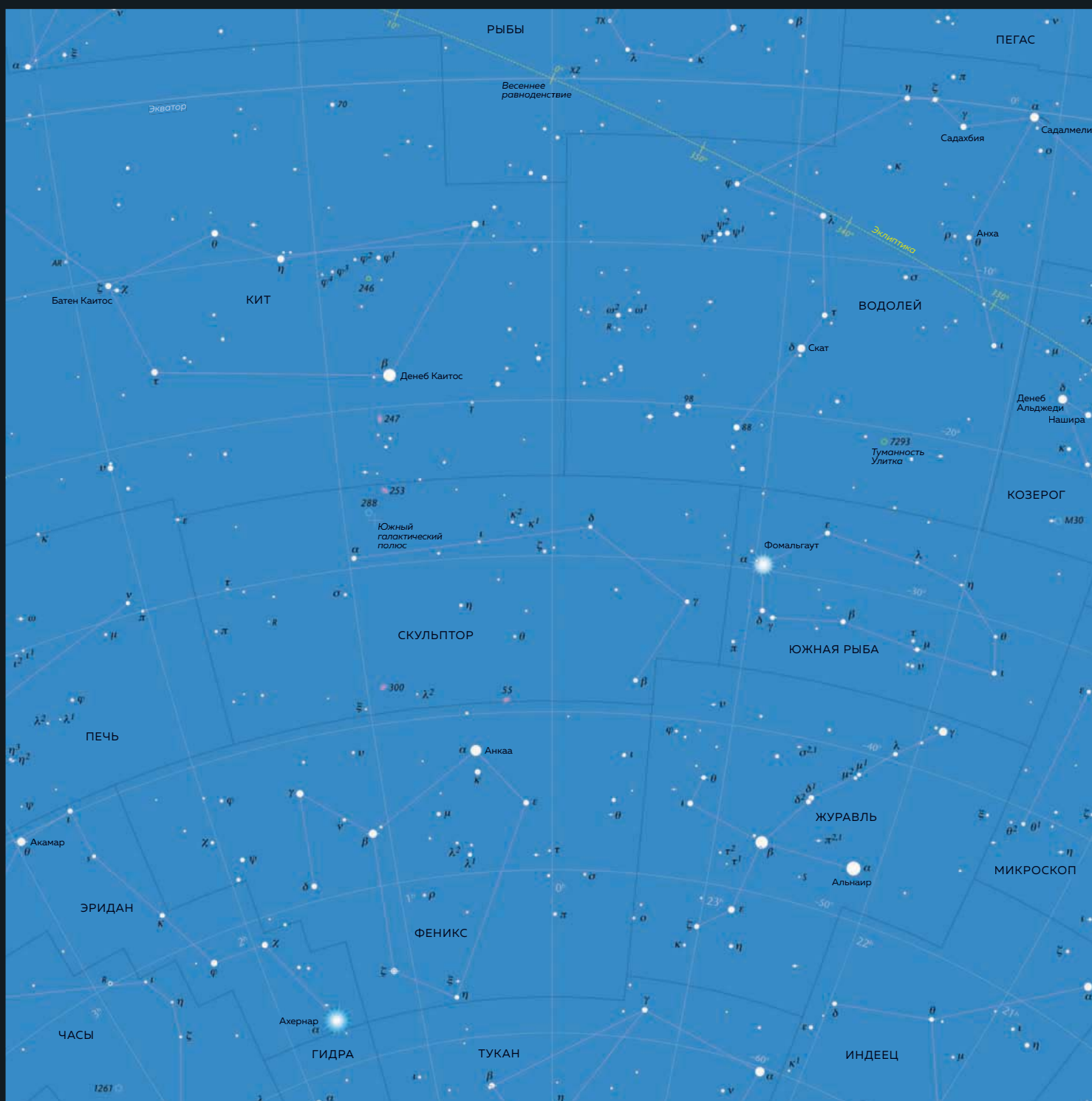


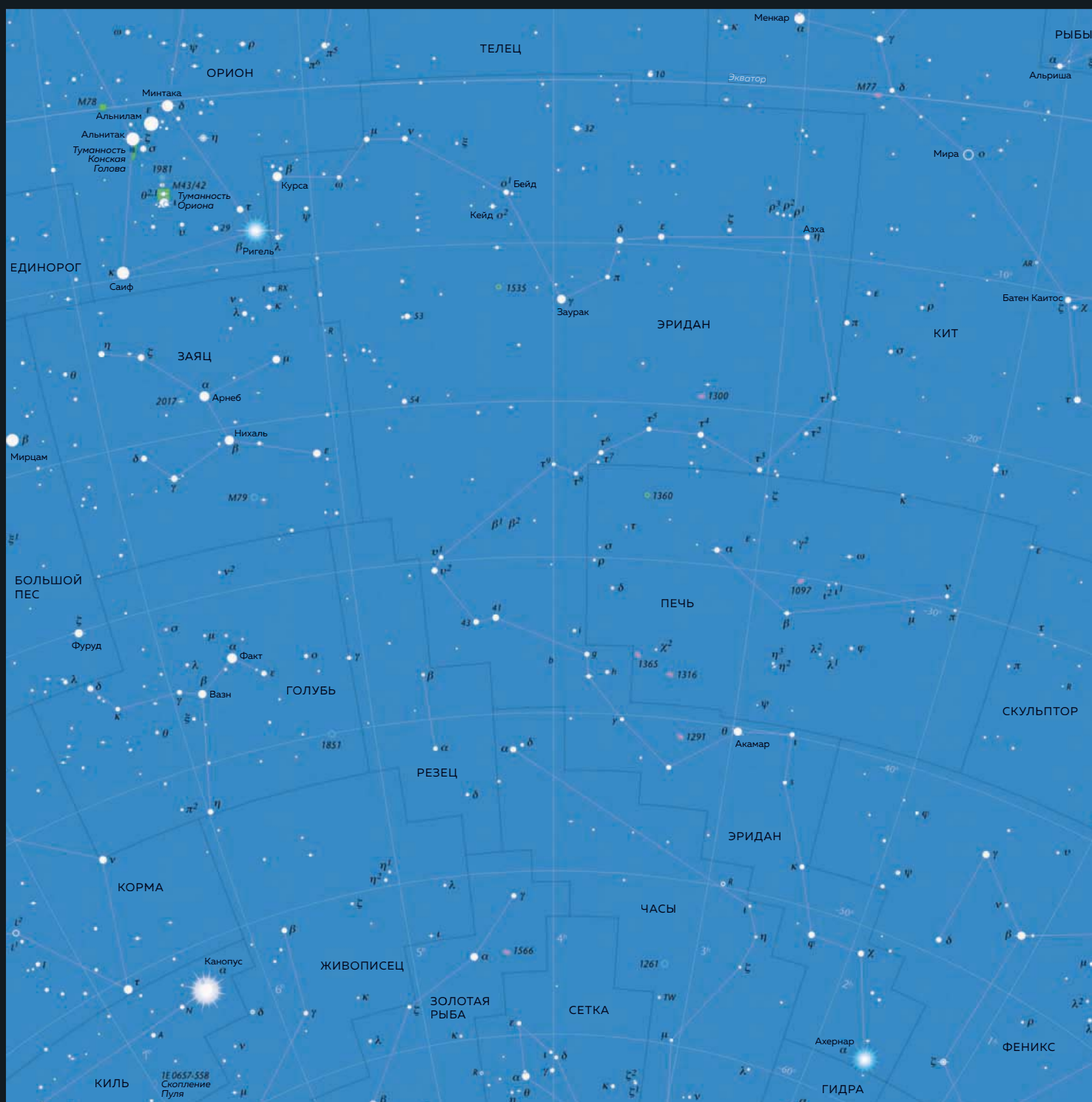




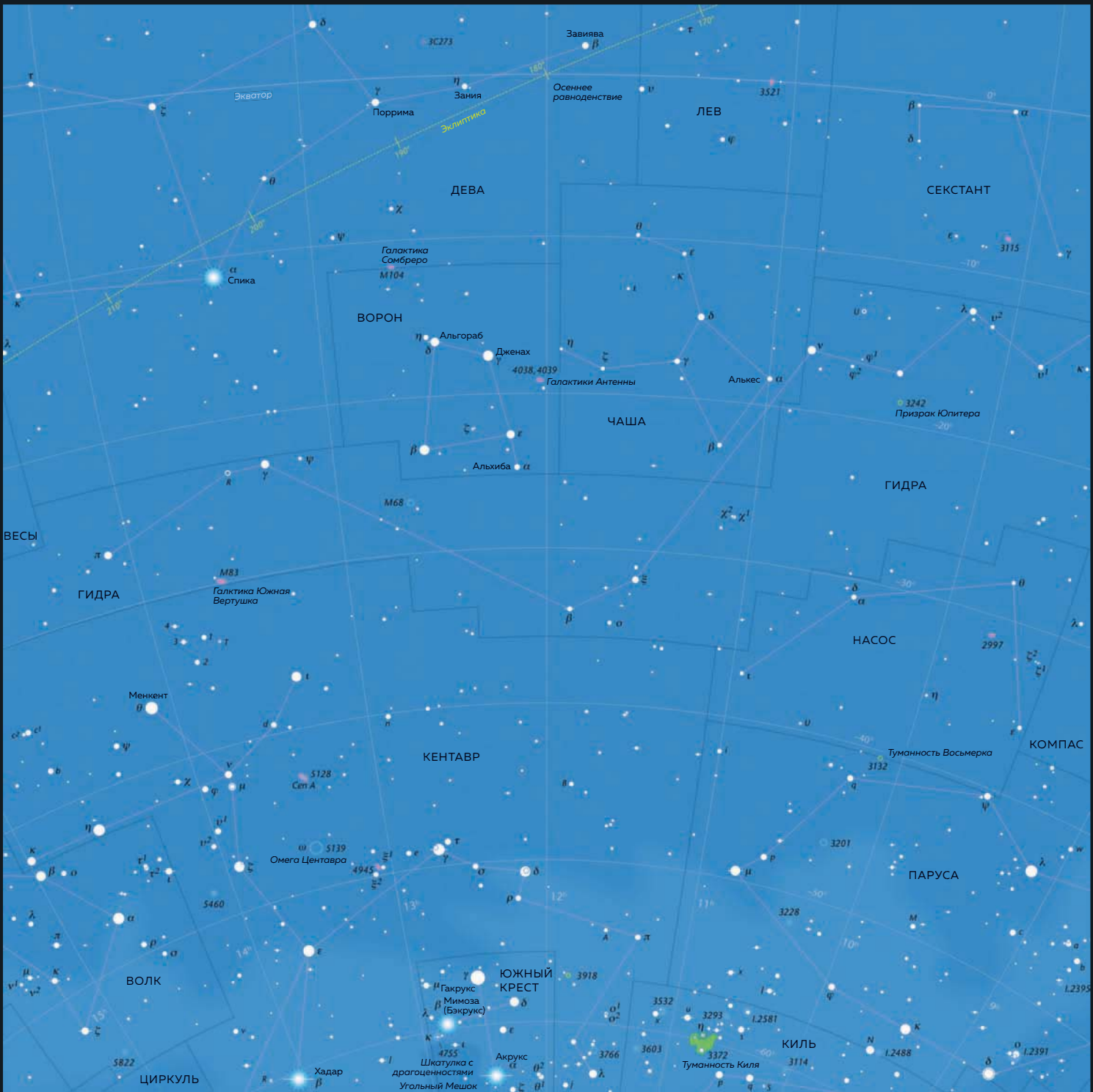


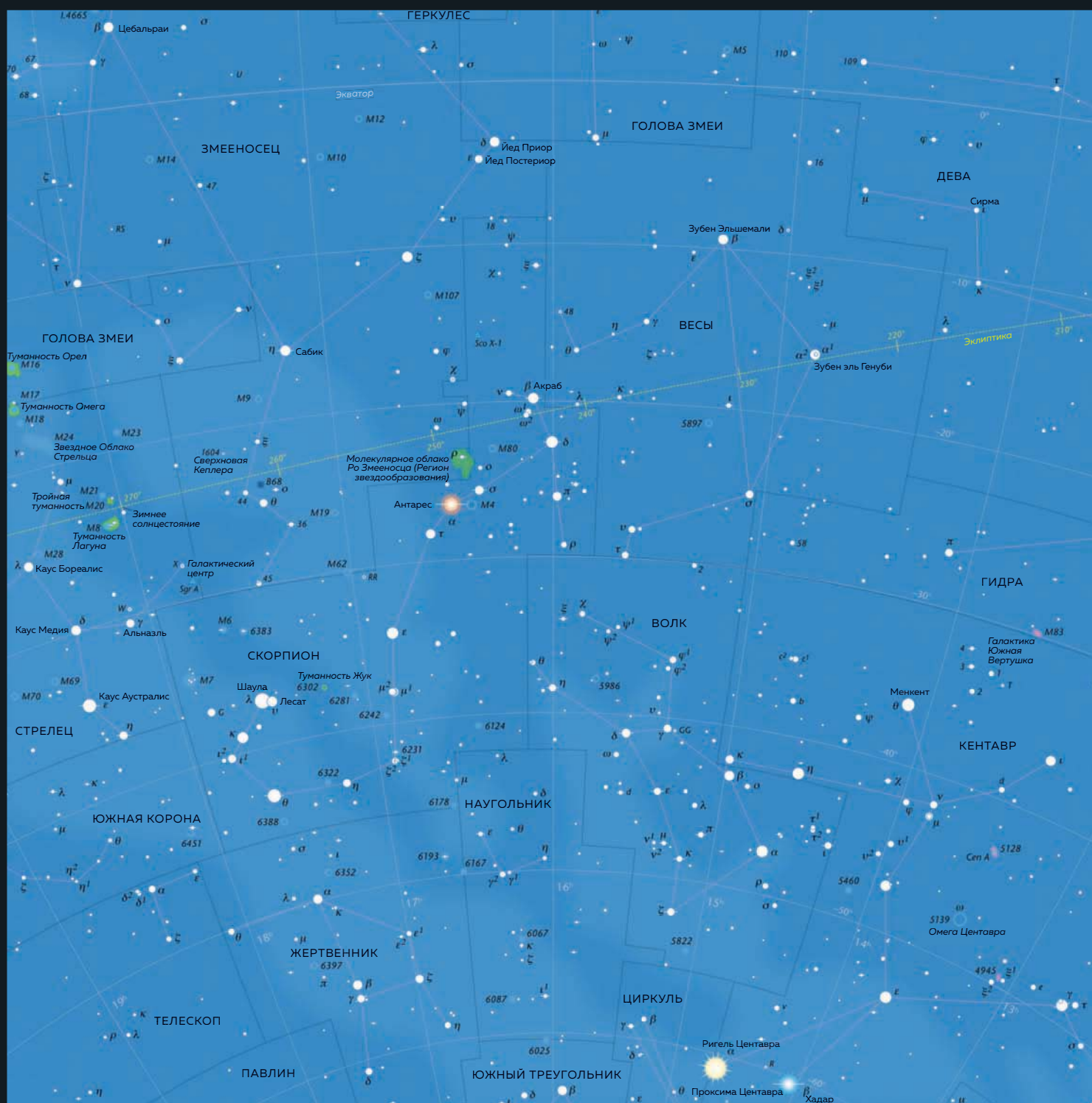


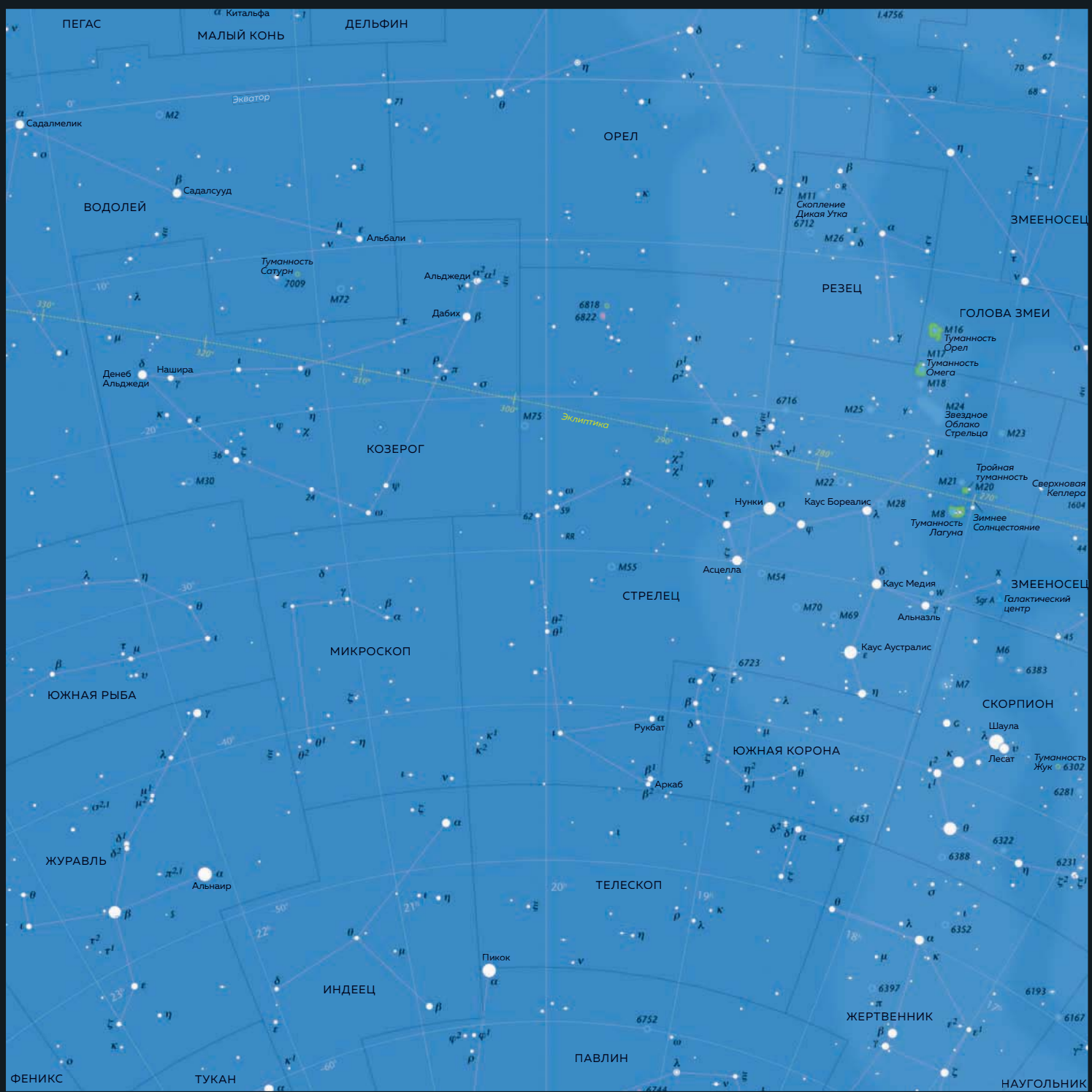














Имя на карте	Русское название	Сокращение	Карта
Andromeda	Андромеда	And	2
Antlia	Насос	Ant	11
Apus	Райская Птица	Aps	14
Aquarius	Водолей	Aqr	8, 13
Aquila	Орел	Aql	7, 13
Ara	Жертвенник	Ara	12,
Aries	Овен	Ari	3
Auriga	Возничий	Aur	3, 4
Boötes	Волопас	Boo	5, 6
Caelum	Резец	Caе	9
Camelopardalis	Жираф	Cam	1, 3
Cancer	Рак	Cnc	4
Canes Venatici	Гончие Псы	CVn	5
Canis Major	Большая Медведица	Cma	10
Canis Minor	Малая Медведица	Cmi	4
Capricornus	Козерог	Cap	13
Carina	Киль	Car	10,
Cassiopeia	Кассиопея	Cas	1, 2
Centaurus	Центавр	Cen	11, 12
Cepheus	Цефей	Cep	1
Cetus	Кит	Cet	3, 8, 9
Chamaeleon	Хамелеон	Cha	14
Circinus	Циркуль	Cir	14
Columba	Голубь	Col	9
Coma Berenices	Волосы Вероники	Com	5
Corona Australis	Южная Корона	CrA	13
Corona Borealis	Северная Корона	CrB	6
Corvus	Ворон	Crv	11
Crater	Чаша	Crt	11
Cruх	Южный Крест	Cru	11, 14
Cygnus	Лебедь	Cyg	7
Delphinus	Дельфин	Del	7
Dorado	Золотая Рыба	Dor	9,
Draco	Дракон	Dra	1, 6, 7
Equuleus	Малый Конь	Equ	7
Eridanus	Эридан	Eri	9
Fornax	Печь	For	9
Gemini	Близнецы	Gem	4
Grus	Журавль	Gru	8
Hercules	Геркулес	Her	6, 7
Horologium	Часы	Hor	9,
Hydra	Гидра	Hya	4, 10, 11, 12
Hydrus	Южная Гидра	Hyi	14
Indus	Индеец	Ind	13,
Lacerta	Ящерица	Lac	2
Leo	Лев	Leo	4, 5, 11
Leo Minor	Малый Лев	Lmi	5
Lepus	Заяц	Lep	9

Имя на карте	Русское название	Сокращение	Карта
Libra	Весы	Lib	12
Lupus	Волк	Lup	12
Lynx	Рысь	Lyn	4
Lyra	Лира	Lyr	7
Mensa	Столовая Гора	Men	14
Microscopium	Микроскоп	Mic	13
Monoceros	Единорог	Mon	4, 10
Musca	Муха	Mus	14
Norma	Наугольник	Nor	12
Octans	Октант	Oct	14
Ophiuchus	Змееносец	Oph	6, 7, 12
Orion	Орион	Ori	3, 4, 9
Pavo	Павлин	Pav	14
Pegasus	Пегас	Peg	7
Perseus	Персей	Per	3
Phoenix	Феникс	Phe	8, 9
Pictor	Живописец	Pic	9, 10
Pisces	Рыбы	Psc	2, 8
Piscis Austrinus	Южная Рыба	PsA	8
Puppis	Корма	Pup	10
Pyxis	Компас	Pyx	10
Reticulum	Сетка	Ret	9, 14
Sagitta	Стрела	Sge	7
Sagittarius	Стрелец	Sgr	13
Scorpius	Скорпион	Sco	12
Sculptor	Скульптор	Scl	8
Scutum	Щит	Sct	13
Serpens	Змея	Ser	6, 7, 12, 13
Sextans	Секстант	Sex	4, 5, 10, 11
Taurus	Телец	Tau	3
Telescopium	Телескоп	Tel	13
Triangulum	Треугольник	Tri	3
Triangulum Australe	Южный Треугольник	TrA	14
Tucana	Тукан	Tuc	14
Ursa Major	Большая Медведица	Uma	1, 4, 5
Ursa Minor	Малая Медведица	Umi	1
Vela	Паруса	Vel	10, 11
Virgo	Дева	Vir	5, 6, 11, 12
Volans	Летучая Рыба	Vol	14
Vulpecula	Лисичка	Vul	7

#### ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

α	Альфа	θ	Йота	ρ	Ро
β	Бета	κ	Каппа	σ	Сигма
γ	Гамма	λ	Лямбда	τ	Тау
δ	Дельта	μ	Мю	η	Ипсилон
ε	Эпсилон	ν	Ню	θ	Фи
θ	Дзета	θ	Тэта	χ	Хи
η	Эта	ο	Омикрон	ψ	Пси
θ	Тета	π	Пи	ω	Омега

# ФОТО И ИЛЛЮСТРАЦИИ

Условные обозначения к месту (сектору) расположения изображений на странице:

ВП – верхний правый; ВЛ – верхний левый; НП – нижний правый; НЛ – нижний левый; СП – средний правый; СЛ – средний левый

Pg. 8, Dana Berry; 10 (ВП), NASA/SDO/S. Wiessinger; 10 (НЛ), Royal Swedish Academy of Sciences/SST/Institute for Solar Physics; 10 (НП), NASA/SDO; 11, NASA/Goddard/SDO AIA Team; 12 (НЛ), NASA/JPL/Cornell; 12 (ВП), NASA/JPL/Mosaic by Mattias Malmer; 13 (ВЛ), NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington; 13 (СЛ), NASA/JPL/Malin Space Science Systems; 13 (НЛ), NASA Goddard Space Flight Center/Reto Stöckli; 13 (ВП), NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington; 13 (НП), NASA/JPL-Caltech/ESA; 14, NASA/JPL/University of Arizona; 15 (ВЛ), NASA/JPL; 15 (СЛ), NASA/JPL; 15 (НЛ), NASA/JPL-Caltech/ SwRI/MSSS/Jason Major; 15 (ВП), NASA/JPL; 15 (НП), NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute; 16 (ВЛ), NASA/JPL/Space Science Institute; 16 (НЛ), NASA/JPL/DHП; 16 (ВП), NASA/JPL/Space Science Institute; 17 (ВЛ), NASA/GSFC/Arizona State University; 17 (НЛ), NASA/JPL/University of Arizona; 17 (ВП), NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/ University of Idaho; 17 (НП), ESA/DHП/FU Berlin (G. Neukum); 18 (ВЛ), W.M. Keck Observatory/Larry Sromovsky (University of Wisconsin); 18 (СЛ), NASA/JPL; 18 (НЛ/НП), NASA/JPL/ Space Science Institute; 19 (ВП), NASA/JPL/University of Arizona; 19 (СЛ/СП), NASA/JPL/Space Science Institute; 19 (НП), NASA/JPL/Space Science Institute; 20 (ВЛ), NASA/JPL; 20 (ВП), ESA/OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA; 20 (СЛ), JAXA; 20 (СП), NASA/JPL/USGS; 20 (НЛ), NASA/JPL-Caltech/UMD; 20 (НП), NASA/JPL-Caltech/ UMD; 21, NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DHП/IDA; 22 (ВЛ), Jeffrey Pfau; 22 (Л), Wikimedia Commons; 22 (НЛ), Wikimedia Commons; 22 (НП), Wikimedia Commons; 23 (ВП), Getty Images; 23 (НП), Rob van Gent (University of Utrecht); 24 (НЛ-top), Wikimedia Commons; 24 (НЛ-bottom), Wikimedia Commons; 25, NASA; 26, NASA/ESA/CSA/STScI; 28 (Л), ESO/ APEX (MPIFR/ESO/OSO)/T. Stanke et al./Digitized Sky SBПvey 2; 28, W.H. Wang/IfA/University of Hawaii; 29 (ВЛ/ВП), NASA/JPL-Caltech/WISE Team; 29 (НП), ESO/Digitized Sky SBПvey 2/Davide De Martin; 30 (НЛ), Charles Messier/Mémoires de l'Académie Royale; 30 (ВП), NASA/ESA/JPL-Caltech/IRAM; 30 (СП), ESO; 30 (НП), ESO/IDA/Danish 1.5 m/R. Gendler, J.-E. Ovaldsen, A. Hornstrup; 31, NASA/ESA/M. Robberto (Space Telescope Science Institute/ESA)/Hubble Space Telescope Orion TreasBПy Project Team; 32, ESO/VRHAS+ Consortium/Cambridge Astronomical SBПvey Unit; 33 (НЛ), NASA/ESA/N. Smith (University of California, Berkeley)/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 33 (НП), ESO/T. Preibisch; 34 (ВЛ), NASA/ESA/Jeff Hester, PaВЛ Scowen (Arizona State University); 34 (ВП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team; 35 (ВП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team; 35 (НП), ESO; 36 (НЛ), T. A. Rector (University of Alaska Anchorage)/WIYN/NOAO/ABПA/NSF; 36-37, ESA/PACS & SPIRE Consortium/Frédérique Motte/Laboratoire AIM Paris-Saclay/CEA/IRFU/CNRS/ INSU/ Université Paris Diderot/HOBYS Key Programme Consortia; 37 (НП), ESO/M.-R. Cioni/VISTA Magellanic Cloud SBПvey/Cambridge Astronomical SBПvey Unit; 38, T.A. Rector (University of Alaska Anchorage)/WIYN; 38 (ВП), NASA/ESA/A. Nota (ESA/STScI, STScI/ABПA); 38 (СП), ESO; 38 (НП), ESO/U.G. Jørgensen; 39 (ВЛ), ESO; 39 (НЛ), ESO; 39 (RCW 108), ESO; 39 (ВП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 39 (НП), University of Colorado/University of Hawaii/NOAO/ABПA/NSF; 40, ESO/J. Borissova; 41 (НП), NASA/ ESA/Wolfgang Brandner, Boyke Rochau (MPIA)/Andrea Stolte (University of Cologne); 41, NASA/ESA/Hubble Heritage (STScI/ABПA); 42 (НЛ), Lascaux Cave; 42 (ВП), D. Bachmann; 42 (НП), NASA/JPL-Caltech/J. Stauffer (SSC/Caltech); 43, NASA/ESA/ABПA/Caltech; 44 (ВЛ), NASA/ESA/R. Sahai (JPL); 44 (НЛ), ESO; 44 (ВП), A. Blaauw/BAN 44 (НП), NASA/JPL-Caltech/ UCLA; 45 (ВП), ESO; 45 (НП), ESO; 46, T.A.Rector (NOAO/ABПA/NSF)/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA/NASA); 47 (ВЛ), ESO; 47 (НЛ), NASA/ESA/Hubble Heritage Team; 47 (ВП), ESO/J. Emerson/VISTA/Cambridge Astronomical SBПvey Unit; 48 (ВП), ESO; 48 (НЛ), NASA/ESA/P. Hartigan (Rice University); 49 (ВЛ), ALMA/ESO/NAOJ/NRAO; 49 (НЛ), Dana Berry; 49 (Disks), NASA/ESA/L. Ricci (ESO); 49 (НП), C.R. O'Dell/Rice University/NASA/ESA; 50 (НЛ), NASA/ESA/CSA/A. Pagan (STScI)/A. Gáspár (University of Arizona); 50 (СП), NASA/ESA/Digitized Sky SBПvey 2/Davide De Martin (ESA/Hubble); 51, ESA/NASA/L. Calçada (ESO); 51 (НП), NASA/ESA; 52 (ВЛ), Wikimedia Commons; 52 (Lipperheij), Wikimedia Commons; 52 (СЛ), Cambridge University; 52 (НЛ), Yerkes Observatory; 52 (НП), NRAO/AUI/Dave Finley; 53 (ВЛ), Unknown; 53 (НП), SKA; 54 (ВЛ), LBTO; 54 (НЛ), Wikimedia Commons; 54 (НП), TMT; 55 (ВЛ), Mount Wilson Observatory; 55 (ВП), Palomar Observatory; 55 (НЛ), ESO/Serge Brunier; 55 (НП), SwinbВПne Astronomy Productions/ESO; 56, Lior Taylor; 58 (ВЛ), United States Department of Energy; 58 (НЛ), Dana Berry; 59, Dana Berry; 60 (ВЛ), Gemini Observatory/Lynette Cook; 60 (ВП), NASA/CXC/GSFC/M.Corcoran et al./ STScI; 60 (НП), NASA/ESA/F. Paresce (INAF-IASF)/R. O'Connell (University of Virginia, Charlottesville)/Wide Field Camera 3 Science Oversight Committee; 61, NASA/ESA/H. Richer (University of British Columbia); 61 (НП), Dana Berry; 62 (НЛ), NASA/SOHO; 62 (НП), Dana Berry; 62-63, ISAS/NASA; 63 (ВЛ), Rijksmuseum Amsterdam; 63 (НП/Л), Digitized Sky SBПvey; 64 (ВЛ), C. Barbieri (Univ. of Padua)/NASA/ESA; 64 (ВП), ESA/Hubble/NASA; 64 (НП), NASA; 65 (ВЛ), ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/M. Kornmesser (ESO); 65 (ВП), Michael Liu (University of Hawaii); 65 (НЛ), NASA/JPL-Caltech; 66 (ВЛ), Digitized Sky SBПvey; 66 (НЛ), NASA/Casey Reed; 66 (НП), Lucasfilm; 67 (ВП), NASA/JPL-Caltech; 67 (СП), Dana Berry; 67 (НП), J. Trauger (JPL)/NASA/ESA; 68 (ВЛ), Keck Observatory/Casey Reed; 68 (НЛ), Wikimedia Commons/Caelum Observatory; 68 (НП), David A. Hardy; 69, NASA/Hubble Heritage Team (ABПA/STScI)/ESA; 70, NASA/ESA; 71, NASA/ESA/Martin Kornmesser (ESA/Hubble); 71 (ВП), NASA/CXC/Univ. of Wisconsin-Madison/S.Heinz et al./DSS/CSIRO/ATNF/ ATCA; 71 (НЛ), NASA/CXC/M. Weiss; 72, Dana Berry; 73 (ВЛ), ESA/ATG medialab/ESO/S. Brunier; 73 (НЛ), ESO/L. Calçada; 73 (НП), NASA/Kepler mission/Wendy Stenzel; 74, NASA/ ESA/G. Bacon (STScI); 75 (ВЛ), ESA/Alfred Vidal-Madjar (Institut d'Astrophysique de Paris, CNRS, France)/NASA; 75 (НП), NASA/JPL-Caltech/T. Pyle (SSC); 76 (НЛ), ESO/L. Calçada; 76 (ВП), Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics/David Aguilar; 76 (НП), NASA/Kepler Mission/Dana Berry; 77 (ВЛ), NASA/Ames/SETI Institute/JPL-Caltech ; 77 (НЛ), ESO; 77 (НП), NASA/Ames/JPL-Caltech; 78 (ВЛ), ESO/L. Calçada; 78 (НЛ), NASA/Ames/JPL-Caltech; 78 (НП), NASA/ESA/G. Bacon (STScI); 79 (ВЛ), ESO/L. Calçada; 79 (HD 69830), ESO; 79 (ВП), NASA/JPL-Caltech/T. Pyle (SSC); 79 (НЛ), NASA/ESA/G. Bacon (STScI); 79 (НП), NASA/JPL-Caltech/T. Pyle (SSC); 80 (НЛ), ESO/N. Bartmann; 80-81, NASA/Tim Pyle; 81 (НЛ), NASA/ Ames/JPL-Caltech; 81 (НП), NASA/JPL-Caltech; 82, ESO/L. Calçada; 84 (ВЛ), Dana Berry; 84 (НЛ), Jeff Bryant; 84 (НП), Dana Berry; 85 (ВП), ESO and P. Kervella; 85 (НЛ), NASA/JPL-Caltech/ UCLA; 85 (НП), Xavier Haubois (Observatoire de Paris) et al.; 86-87, NASA/ESA/C. Robert O'Dell (Vanderbilt University); 87 (ВП), D. López (IAC); 87 (НП), Wikimedia Commons/Rawastrodadata; 88, NASA/CXC/SAO/ STScI; 89 (ВП), NASA/HST/UIUC/Y.Chu et al.; 89 (НП), Nordic Optical Telescope/Romano Corradi (Isaac Newton Group of Telescopes); 90, ESO/VISTA/J. Emerson/Cambridge Astronomical SBПvey Unit; 90 (НЛ), NASA/ESA/C.R. O'Dell (Vanderbilt University)/M. Meixner/P. McCBПlough/G. Bacon (Space Telescope Science Institute); 91 (АЛ), NASA/NOAO/ESA/Hubble Helix NebВЛa Team/M. Meixner (STScI)/T.A. Rector (NRAO); 92 (ВП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ ABПA); 92 (СЛ), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 92 (НЛ/С 4406), ESO; 92 (НЛ/NGC 6369), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 92 NASA/ESA/ CSA/STScI/ Webb ERO Production Team; 92-93 (NGC 5189), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 93 (IRAS 12419-5414), ESA/NASA; 93 (M27), ESO; 93 (MyCn 18), Raghendra Sahai, John Trauger (JPL)/WFPC2 science team/NASA/ESA; 93 (NGC 2392), NASA/ESA/Andrew Fruchter (STScI)/ERO team (STScI/ST-ECF); 93 (NGC 2346), NASA/ ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 94 (ВП), NASA/ESA/H. Bond (STScI)/M. Barstow (University of Leicester); 94 (СП), NASA/R. CiardВЛlo (PSU)/H. Bond (STScI); 94 (НП), NASA/ ESA/ NASA; 95 (ВЛ), NASA/ESA/CSA/STScI/Webb ERO Production Team; 95 (НП), NASA/ESA/Hubble Key Project Team/High-Z Supernova Search Team; 96, ESO; 97 (ВЛ), ESO/L. Calçada; 97 (НЛ), ESA/Hubble/NASA; 97 (НП), NASA/ESA/R. Kirshner (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics); 98, NASA/JPL-Caltech/WISE Team; 98 (Л), Wikimedia Commons; 99 (НЛ), Wikimedia Commons; 99 (НП), NASA/ESA/R. Sankrit, W. Blair (Johns Hopkins University); 100, NASA/ESA/Allison Loll/Jeff Hester (Arizona State University)/Davide De Martin (ESA/Hubble); 100 (ВЛ), Wikimedia Commons; 101, NASA/CXC/J. Hester , A.Loll (ASU) /JPL-Caltech/R. Gehrz (Univ. Minn.); 102 (НЛ), Crawford Collection; 102 (НП), NASA/JPL-Caltech/ E. Dwek/R. Arendt; 103 (ВЛ), NASA/JPL-

Caltech/O. Krause (Steward Observatory); 103 (HЛ), NASA/CXC/MIT/T. Delaney et al.; 104 (HЛ), NASA/Swift/Cruz deWilde; 104-105, ESA/ECF; 105 (ВЛ), ВПания; 105 (HЛ), NASA/F. Walter (State University of New York at Stony Brook); 106 (ВП), ESO/L. Calçada; 106 (СП), Dana Berry; 106 (HП), NASA/JPL-Caltech/S. Wachter; 107 (ВП), NASA/HST/CXC/ASU/J. Hester et al.; 107 (СП), NASA/JPL-Caltech/R. HBTt (SSC); 107 (HП), Institute of Physics; 108 (ВП), John Rowe Animations; 108 (HП), Dana Berry; 109 (ВЛ), NASA/JPL-Caltech; 109 (СЛ), Instituto de Astrofísica de Canarias; 109 (HЛ), ESO/L. Calçada/M. Kornmesser; 110, ESO/Y. Beletsky; 112 (ВП), Jacques Vincent; 112-113, ESO/S. Brunier; 113, Wikimedia Commons; 114 (ВП), University of Groningen; 114 (HП), Leidse Sterrewacht; 115, NASA/JPL-Caltech; 115 (HП), Ohio State University; 116 (HЛ), ESO/NASA/ JPL-Caltech/M. Kornmesser/R. HBTt; 116 (ВП), NASA/JPL-Caltech/S. Stolovy (Spitzer Science Center/Caltech); 116 (HП), ESO/S. Brunier; 117 (ВЛ), NASA/ESA/Digitized Sky SBПvey 2/ Davide De Martin (ESA/Hubble); 117 (HЛ), NASA/JPL/SSC; 117 (HП), 2MASS/IPAC; 118 (ВП), ESA/Hubble/NASA; 118 (HП), Dana Berry; 119 (HЛ), Dana Berry; 119 (HП), ESO/S. Brunier; 120 (ВЛ), NASA/ESA; 120 (HЛ), ESO; 121, ESO/M.-R. Cioni/VISTA Magellanic Cloud SBПvey/Cambridge Astronomical SBПvey Unit; 121 (HП), ESA/Hubble/NASA; 122 (ВП), NASA/ESA/ Hubble SM4 ERO Team; 122 (HП), ESO/ INAF-VST/OmegaCAM/A. Grado/INAF-Capodimonte Observatory; 123 (ВП), Wikimedia Commons; 123 (СЛ), Wikimedia Commons; 123 (HЛ), Dana Berry; 124 (HЛ/Smith's Cloud), Bill Saxton/NRAO/AUI/NSF; 124 (HЛ), B. Wakker (U. Wisconsin-Madison) et al./NASA; 124 (HП), Bill Saxton/NRAO/AUI/NSF; 125 (ВЛ), NASA/ ESA/A. Schaller/STScI; 125 (HЛ), ESO/P. Espinoza; 125 (ВП), NASA/Don Figer; 125 (HП), Don F. Figer (UCLA)/NASA/ESA; 126 (HЛ), EHT Collaboration; 126-127, NASA/ JPL-Caltech; 127 (ВЛ), ESO/S. Gillessen et al.; 127 (HП), NASA/UMass/D. Wang et al.; 128 (ВП), NASA's Goddard Space Flight Center; 128 (СП), ESO/MPE/Marc Schartmann; 128 (HП), NASA/UMass/D. Wang et al. /STScI; 129, NASA/CXC/MIT/F. Baganoff, R. Shcherbakov et al; 129 (ВП), NASA; 130 (ВЛ), NASA; 130 (HЛ), NASA/ MIT; 130 (ВП), NASA; 130 (HП), ESA; 131 (HЛ), NASAGSFC/ Adriana M. Gutierrez (CI Lab) ; 131 (ВП), NASA; 131 (СП), NASA/JPL-Caltech; 132 (ВЛ), NASA/CXC/NGST; 132 (ВП), NASA; 132 (HЛ), ESA/AOES Medialab; 132 (HП), NASA; 133 (HЛ), ESA; 133 (ВП), NASA; 133 (СП), ESA/D. Ducros; 133 (HП/XMM-Newton), ESA; 133 (HП), ESA; 134, NASA/ESA/Z. Levay/R. van der Marel (STScI)/T. Hallas/A. Mellinger; 136 (ВЛ), ESO/Digitized Sky SBПvey 2; 136 (СЛ), Wikimedia Commons; 136 (HЛ), NASA/ ESA/Thomas M. Brown, Charles W. Bowers, Randy A. Kimble, Allen V. Sweigart (NASA/ESA Goddard Space Flight Center)/Henry C. Ferguson (Space Telescope Science Institute); 137 (ВП), ESO/C. Malin; 137 (СП), ESO; 137 (HП), ESO; 138 (HЛ), G. Brammer/ESO; 138 (ВП), ESA/Hubble/ Digitized Sky SBПvey 2/Davide De Martin (ESA/ Hubble); 138 (HП), Harvard College Observatory; 139 (ВЛ), Bill Saxton/NRAO/AUI/NSF; 139 (СЛ), NASA/Hubble/M.E. Putman (University of Colorado)/L. Staveley-Smith (CSIRO)/K.C. Freeman (Australian National University)/B.K. Gibson, David G. Barnes (SwinbВПne University); 139 (HЛ), David L. Nidever et al./ NRAO/AUI/NSF/ LAB SBПvey/Parkes Observatory/Westerbork Observatory/Arecibo Observatory; 140 (HЛ), H335H\_glass\_0670\_27\_wm; 140 (ВП), GALEX/JPL-Caltech/NASA; 140, ESA/Hubble/Digitized Sky SBПvey 2/Davide De Martin (ESA/Hubble); 141 (ВЛ), NASA/ESA/T.M. Brown (STScI); 141 (HЛ), ESA/Herschel/PACS/SPIRE/J. Fritz/U. Gent/ XMM-Newton/ EPIC/W. Pietsch, MPE; 141 (HП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA)/R. Gendler; 142 (АИ), NASA/ESA/Z. Levay/R. van der Marel (STScI)/T. Hallas/A. Mellinger; 143 (ВП), T.A. Rector (NRAO/AUI/NSF and NOAO/ABПA/NSF)/M. Hanna (NOAO/ABПA/NSF); 143 (СЛ), T.A. Rector (NRAO/AUI/NSF and NOAO/ ABПA/NSF)/M. Hanna (NOAO/ABПA/ NSF); 143 (HЛ), Hui Yang (University of Illinois)/NASA/ESA; 144, NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA)/M. Crockett, S. Kaviraj (Oxford University, UK)/R. O'Connell (University of Virginia)/B. Whitmore (STScI)/WFC3 Scientific Oversight Committee; 146 (ВЛ), Hubble Heritage Team (ABПA/STScI/NASA/ESA); 146 (СЛ), NASA/ESA/Y. Izotov (Main Astronomical Observatory, Kyiv, Ukraina)/T. Thuan (University of Virginia); 146 (HЛ), ESA/Hubble & NASA/Gilles Chapdelaine; 146 (ВП), NASA/ESA/Hubble SM4 ERO Team; 146 (HП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA)/M. West (ESO, Chile); 147 (HЛ), NASA/JPL-Caltech/K. Gordon (University of Arizona); 147 (HП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 148 (HЛ), Wendy L. Freedman (Observatories of the Carnegie Institution of Washington)/NASA/ESA; 148-149, NASA/ESA/CXC/SSC/STScI; 149 (ВП), NASA/JPLCaltech/ K. Gordon (STScI); 150 (HЛ), NASA/ESA/S. Beckwith (STScI)/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 150 (ВП), NASA/ESA/M. Regan, B. Whitmore (STScI)/R. Chandar (University of Toledo, USA); 150 (HП), Wikimedia Commons; 151 (HЛ), NASA/JPL-Caltech/CXC/Univ. of Maryland/A.S. Wilson et al./Palomar Observatory/DSS/NRAO/AUI/NSF; 151 (ВП), NASA/ESA/A. van der Hoeven; 151 (HП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA)/R. Gendler/J. GaBany; 152 (HП), ESO/IDA/Danish 1.5 m/R. Gendler/J.-E. Ovaldsen/C. Thöne/C. Feron; 152-153, NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 153 (ВП), ESO/P. Grosbøl; 154 (ВЛ/ВП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 154 (HЛ), ESO/R. Gendler; 154 (HП), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 155 (ВЛ), ESA/Hubble/NASA/Nick Rose; 155 (СЛ), ESA/NASA/CSA/J. Lee/PHANGS-JWST Team; 155 (HЛ), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 155 (ВП), NASA/ESA; 155 (СП), NASA/ESA; 155 (HП), NASA/ESA; 156 (ВП), Robert Gendler; 156 (HП), CEA-Irfu/SAP-AIM; 157, ESA/Hubble & NASA; 157 (HП), ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/NASA/ESA/Hubble Space Telescope; 158, NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA)/A. Evans (University of Virginia, Charlottesville/NRAO/Stony Brook University)/K. Noll (STScI)/J. Westphal (Caltech); 159, NASA/ESA/H. Ford (JHU)/G. Illingworth (UCSC/LO)/M.Clampin, G. Hartig (STScI)/ ACS Science Team; 159 (Stills), Joshua Barnes (University of Hawaii); 160 (HЛ), Josh Marvil (NM Tech/NRAO)/Bill Saxton (NRAO/AUI/NSF)/NASA; 160 (HП), NASA/JPL-Caltech/STScI/ CXC/UofA; 161 (ВП), NASA/JPL-Caltech; 161 (СЛ), ESA/Hubble & NASA/Judy Schmidt; 161 (HЛ), NASA/ESA; 162 (ВЛ), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA); 162 (СЛ), NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA)/P. Cote (Herzberg Institute of Astrophysics)/E. Baltz (Stanford University); 162 (HЛ), NASA/CXC/KIPAC/N. Werner et al./NSF/NRAO/ AUI/W. Cotton; 162 (HП), NRAO/F.N. Owen; 163 (ВЛ), NASA/ JPL-Caltech; 163 (СЛ), Stend and Carl Freytag/Adam Block/NOAO/ABПA/NSF; 163 (HЛ), EHT Collaboration; 163 (HП), NASA/JPL-Caltech; 164 (HЛ), NASA/JPL-Caltech/J. Keene (SSC/Caltech); 164 (ВП), ESO; 164-165, NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA)/R. O'Connell (University of Virginia)/WFC3 Scientific Oversight Committee; 165 (ВП), NASA/CXC/U.Birmingham/M.BBПke et al.; 165 (HП), ESO/WFI/MPFR/ESO/APEX/A.Weiss et al./NASA/CXC/CfA/R.Kraft et al.; 166 (HЛ), ESO/M. Kornmesser; 166 (ВП), ESA/Hubble & NASA; 166 (СП), MERLIN; 166 (HП), ESO/M. Kornmesser; 167 (ВЛ/ВП), NASA/ESA/M. Kornmesser/CANDELS team (H. Ferguson); 167 (HП), NASA/ESA/A. Koekemoer (STScI)/J. Trump, S. Faber (University of California, Santa Cruz)/CANDELS Team; 168 (HЛ), NASA Goddard Space Flight Center; 169 (ВЛ), NRAO; 169 (Andromeda), NASA/JPL-Caltech/CfA; 169 (VIRGO), VIRGO/NIKHEF; 169 (Boomerang), ESO/ALMA; 169 (HЛ), NASA/JPL-Caltech; 169 (ВП), NRAO; 169 (HП), ESO/ APEX/DSS2/SuperCosmos; 170, NASA/ESA/J. Lotz/M. Mountain/A. Koekemoer/HFF Team (STScI); 172 (ВП), Rogelio Bernal Andreo (DeepSkyColors.com); 172 (HЛ), NASA/ESA; 172 (HП), Chris Mihos (Case Western Reserve University)/ESO; 173 (ВЛ/LL), Andrew Z. Colvin/Wikimedia Commons; 174 (ВП), ESA/Hubble & NASA/D. Carter (LJMU)/Nick Rose; 174 (HЛ), NASA/JPL-Caltech/GSFC/SDSS; 174-175, NASA/ESA/Hubble Heritage Team (STScI/ABПA)/K. Cook (Lawrence Livermore National Laboratory); 175 (ВП), Andrew Z. Colvin/ Wikimedia Commons; 175 (HЛ), ESO; 175 (HП), Dan Long (Apache Point Observatory); 176 (ВЛ), University of Chicago; 176 (HЛ/HП), Virgo Collaboration/Millennium SimВЛation; 177 (HЛ), NASA/WMAP Science Team; 178 (ВЛ), NASA/ESA/Johan Richard (Caltech, USA)/Davide de Martin, James Long (ESA/Hubble); 178 (СЛ), ESA/Hubble & NASA; 178 (HЛ), NASA/ESA/J. Rigby (NASA Goddard Space Flight Center)/K. Sharon (Kavli Institute for Cosmological Physics, University of Chicago)/M. Gladders, E. Wuyts (University of Chicago); 178 (HП), Dana Berry; 179 (HЛ), NASA/CXC/M. Markevitch et al./STScI/Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al./ESO-WFI; 179 (HП/Abell 520), NASA/ESA/CFHT/CXO/M.J. Jee (University of California, Davis)/A. Mahdavi (San Francisco State University); 179 (HП/Abell 1689), NASA/ESA/D. Coe (NASA/JPL-Caltech/STScI)/N. Benítez (Institute of Astrophysics of Andalucía, Spain)/T. BroadhВЛst (University of the Basque Country, Spain)/H. Ford (Johns Hopkins University, USA); 180, NASA/ESA/CSA/I. Labbe/R. Bezanson/A. Pagan; 182, National Portrait Gallery/ Wikimedia Commons; 183 (ВП), S. Colombi (IAP); 183 (HЛ), Oren Jack ТВПner/Wikimedia Commons; 184 (ВЛ), Dana Berry; 184 (СЛ), LIGO; 184 (HЛ), NASA; 184 (HП), EADS Astrium; 185 (ВП), Carnegie Observatories; 185 (СП), E.P. Hubble/PNAS; 185 (HП), Dana Berry; 186 (ВЛ), NASA; 186 (СП), ESO; 186 (HЛ), ESO/Y. Beletsky; 187 (ВЛ), NASA/ESA; 187 (HЛ), NASA/ Northrop Grumman; 188 (HЛ), ESA/Hubble & NASA; 188 (HП), NASA/ESA/Hubble SM4 ERO Team; 189 (ВЛ), Scienceblogs.com; 189 (СП), Catholic University Leuven; 189 (HЛ), ESA/ NASA; 190 (HЛ), ESA/Planck Collaboration; 190 (HП), NASA; 191 (ВП), Bell Laboratories; 191 (ВЛ/LL), ESA; 191 (HП), NASA/Kennedy Space Flight Center; 192, ESA; 192-193, NASA/ CXC/M. Weiss; 193 (СЛ), Hans Hillewaert/Wikimedia Commons; 193 (HЛ), PaВЛ Harrison/Wikimedia Commons; 194 (ВЛ), NASA/ESA/ESO/CXC/D. Coe (STScI)/J. Merten (Heidelberg/ Bologna); 194 (HЛ), Ken Crawford (Rancho Del Sol Observatory); 195 (ВП), NASA/ESA/M. J. Jee, H. Ford (Johns Hopkins University); 195, NASA/CXC/MSSL/R.Soria et al./ABПA/Gemini Observatories; 196 (ВЛ), NASA/ ESA/A. Riess (STScI/JHU)/S. Rodney (JHU); 196 (HЛ), NASA/ESA/A. Riess (STScI/JHU)/D. Jones, S. Rodney (JHU); 196 (ВП/HП), ESO; 197 (ВЛ), NASA/ ESA/S. Beckwith (STScI)/HUDF Team; 197 (ВП/HП), P. Garnavich (CfA)/NASA; 198 (HЛ), Ittiz; 198 (ВП), ESO/L. Calçada; 198 (HЛ), NASA/ESA/K. Retherford/SWR1; 198 (I), ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/L. Calçada (ESO); 199 (СЛ), Satellite Imaging Corporation; 199 (HЛ), NASA; 199 (HП), SETI Institute; 200, ESA/Wolfram Freudling (ST-ECF/ ESO)

# УКАЗАТЕЛЬ

## А

Абрахам, Иоганн, 120  
Аверкамп, Хендрик, 63  
Адаптивная оптика, 55  
Альмагест, 23  
Альфа Центавра (звезда), 66  
Альциона (звезда), 42  
Американский телескоп в  
Грин-Бэнке, 124  
Анизотропная микроволновая  
обсерватория Уилкинсона  
(WMAP), 177, 191  
Антарес (звезда), 29  
Антенны, 156–157  
Арктур (звезда), 122, 123  
Арсибо (радиотелескоп),  
108, 199  
Ассоциация Ориона, 85  
Астероиды, 20–22  
Атакамский большой  
миллиметровый/  
субмиллиметровый массив  
(ALMA), 50, 137, 167–168  
Атлас звезд, 202–217  
Атлас (звезда), 42  
Атлас звезд Северного  
полушария, 203  
Атлас звезд Южного  
полушария, 210  
Атлас Сталкивающих  
Галактик, 158

## Б

Бааде, Вальтер, 105  
Барнард 68 (глобула), 45  
Барнард 33. См. Туманность  
Конская Голова  
Белл, Джоселин, 107  
Белые карлики, 59, 68–69, 86,  
94, 196  
Бета Живописца (звезда), 49  
Бета Живописца b (планета),  
79  
Бетельгейзе (звезда), 7, 85  
Блау, Адриан, 44  
Близнецы (созвездие), 66  
Боде, Иоганн Элерт, 147  
«Божий Палец» (столб), 35  
Бок, Барт, 45

Большая Медведица  
(созвездие), 66, 144–145  
Большая Стена Слоана, 175  
Большое Красное Пятно,  
14–15  
Большое Магелланово  
Облако, 37, 137  
Большой Бинокулярный  
Телескоп, 54  
Большой Взрыв, 167, 177, 181,  
184  
Большой рефрактор, 52  
Браге, Тихо, 98  
Быстродвижущиеся облака,  
124  
Быстрые радиовсплески, 106

## В

ван Маанен, Адриан, 94, 143  
Вега (звезда), 49  
Великая Стена, 175, 177  
Великая стена Геркулеса –  
Северной Короны, 175  
Великий аттрактор, 175  
Великое шаровое скопление  
(M13), 121  
Венера, 12–13, 17  
Вертушка, 148–149, 155  
Веста (астероид), 20–21  
Вестерхут, Гарт, 114  
Взрывы Новых, 69  
Видимый свет, 168–170  
Вильсон, Роберт, 191  
Винсент, Жак, 112  
Вифлеемская звезда, 99  
Водолей (созвездие), 91  
Водород в звездах, 58, 65  
Водородная бомба, 58  
Волны света, 187  
Волосы Вероники, 174  
Вольфа–Райе (звезда), 89

## Г

Газовые и ледяные планеты,  
14–16  
Галактика Андромеды, 7,  
134–136, 140–142  
Галактика Боде, 147

Галактика Вертушка (M101),  
148–149, 155, 161  
Галактика Водоворот (M51),  
150  
Галактика Млечный Путь, 8, 9,  
24, 33, 62, 110–113, 118, 135  
Галактика Мясной Крюк (NGC  
2442), 155  
Галактика Подбитый Глаз  
(M64), 155  
Галактика Сигара (M82), 147,  
160  
Галактика Треугольника,  
135–136, 142–143  
Галактики Антенны, 156–157  
Галактики Мышки (NGC 4674),  
158–159  
Галактики-спутники, 135, 136  
Галама, Титус, 104  
Галилей, Галилео, 17–18, 22,  
24, 52, 112  
Галилео (космический  
аппарат), 14  
Галлей, Эдмунд, 123  
Гало Млечного Пути, 118  
«Гамлет» (Шекспир), 98  
Гамма-всплески, 82, 83, 104  
Гамма-обсерватория  
«Комптон», 133  
Гамма-обсерватория  
«Ферми», 128  
Гаспра (астероид), 20  
«Гелиевая вспышка», 84  
Гелий, 58, 65, 95  
Гелиоцентрическая картина  
мира, 23  
Гершель, Джон, 41, 152, 156  
Гершель, Уильям, 52, 114, 143,  
156, 168  
Гибель звезд, 83, 109  
Гигантский Телескоп  
Магеллана, 55  
Гипервзрывы, 104  
Гиперион (спутник), 16  
Глизе 581 (звезда), 77  
Глизе 623 (красный карлик),  
64  
Глизе 667Сb (планета), 76  
Глобулы, 45

«Голубые бродяги», 61  
Гора Паломар, 52  
Горячие Юпитеры, 74–75, 79  
Гравитационная  
обсерватория Virgo, 168–  
169 (на стр. 168 написано  
Virgo)  
Гравитационные возмущения,  
19, 40, 142  
Гравитационные волны, 168,  
184  
Гравитационные линзы, 178  
Гроот, Пауль, 104  
Гюйгенс, Христиан, 18, 30

## Д

Давление вырождения, 105  
Двойные системы, 44, 66, 68,  
70, 79, 108, 202  
Дева (созвездие), 162, 172–173  
де Лакайль, Никола Луи, 33  
де Пелепуа, Антуан Даркье,  
86  
Диаграмма Герцшпрунга–  
Рассела, 59, 61  
Диск Млечного Пути, 117  
Диск неба Небра, 42  
доисторические наскальные  
рисунки, 42  
Дракон (созвездие), 62, 89  
Дрейк, Фрэнк, 199  
Дейвндак, Ян, 101

## Е

Европа (спутник), 16  
Европейская космическая  
обсерватория «Гершель»,  
30  
Европейская обсерватория  
Параналь, 111  
Европейская Южная  
обсерватория, 40, 48, 55,  
90, 120  
Европейский Очень Большой  
телескоп, 7, 55, 153  
Европейский Чрезвычайно  
Большой телескоп, 55, 198

Европейское космическое агентство (ESA), 72, 130, 133  
Египетские пирамиды, 22  
Единорог (созвездие), 36

### **З**

Заблуждения о Большом взрыве, 189  
Закон Ливитт, 67, 138  
Замок Бирр, Ирландия, 53  
Звезда R136a1, 60  
Звезда Барнарда, 64  
Звезда Каптейна, 122  
Звезда Пистолет, 125  
Звездные облака, 112  
Звездные потоки, 123  
Звездные скопления, 40, 125  
Звездные ясли, 27–29, 38–39, 112  
Звездный ветер, 48  
Звездный диск, 117  
Звезды Трапеция, 30  
Земля, 9, 12–13, 77, 198  
Зеркальные телескопы, 52  
Змееносец (созвездие), 29  
Змея (созвездие), 35  
Золотая пластинка «Вояджера», 199

### **И**

Ида (астероид), 20  
Излучение электромагнитное, 168  
Измерения для целей «Хаббла», 148  
Инопланетяне, 199  
Интерферометрия, 55, 85  
Инфракрасное излучение, 36, 42, 168  
Инфракрасный телескоп IRAS (Infrared Astronomical Satellite), 45, 49, 130, 133  
Итокава (астероид), 20

### **Й**

Йеркская обсерватория, 52

### **К**

Космические ядерные реакторы, 58  
Камера ближнего инфракрасного диапазона и многопредметный спектрометр (NICMOS), 150  
Кант, Иммануил, 49

Каптейн, Якобус, 114  
Карликовая галактика Стрельца, 123, 136  
Карликовые планеты, 161  
Картирование, 114–115  
Картирование Млечного Пути, 114–115  
Кассини (космический аппарат), 14–15, 18–19  
Кассиопея А (остаток сверхновой), 102–103  
Кассиопея З (звезда), 102  
Кастор (звезда), 66  
Каталог «Southern Survey» (Эйбелл), 171  
«Квадратный километр», 53, 55  
Квazarы, 145, 166  
Кело, Дидье, 75  
Кеплер, Иоганн, 24, 99  
Кеплер-11 (звезда), 80  
Кеплер-47 (двойная звезда), 79  
Кеплер-10b (экзопланета), 76  
Кеплер-20e (экзопланета), 77–78  
Кертис, Эбер, 162  
«Книга неподвижных звезд» (ас-Суфи), 137  
Кольца планет, 18–19  
Кометы, 20  
Комета Галлея, 20  
Конт, Огюст, 57  
Коперник, Николай, 23–24  
Коричневые карлики, 65, 161  
Космическая обсерватория «Гершель», 36, 132–133  
Космическая эволюция, 193  
Космические лучи, 168  
Космические телескопы, 130–133  
Космические телескопы, 130–133  
Космический аппарат Voyager 2, 7, 14–15, 17–18  
Космический аппарат Кассини, 14–15, 18–19  
Космический телескоп IUE (International Ultraviolet Explorer), 130  
Космический телескоп Джеймса Уэбба, 50, 92, 95, 130–131, 133, 151, 167, 187, 192, 198

Космический телескоп для поиска транзитных экзопланет (TESS), 130, 133  
Космический телескоп «Кеплер», 72–73, 132–133  
Космический телескоп Спитцер, 30, 50, 102, 133, 141, 164  
Космический телескоп Хаббл, 7, 47, 130, 130, 139, 187  
Космологический горизонт, 188  
Крабовидная туманность и, 100–101  
Красное смещение, 72, 187  
Красные гиганты, 69, 84  
Красные карлики, 64  
Кремниевая пыль, 75

### **Л**

Лазерная интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория (LIGO), 168, 184  
Лебедь X-1 (рентгеновская двойная звезда), 70  
Лебедь (созвездие), 69  
Ледяные и газовые планеты, 14–16  
Ледяные карлики, 20  
Леметр, Жорж, 189  
Ливитт, Генриетта, 67, 138  
Линдبلاد, Бертиль, 129  
Линзовидные галактики, 146, 161  
Линзовые телескопы, 52  
Липпергей, Иоанн, 52  
Лира (созвездие), 86  
Лютетия (астероид), 20

### **М**

Магеллан, Фернан, 135  
Магелланов Мост, 139  
Магелланов Поток, 139  
Магеллановы Облака, 135, 137. См. также Большое Магелланово Облако  
магнетары, 106  
магнитные поля, 10  
Майор, Мишель, 75  
Майя (звезда), 42  
Малое Магелланово Облако, 38–39, 119, 137–138  
Малый ледниковый период, 63

Марс, 5, 12, 17–18, 20, 198  
Марсоход Curiosity, 25  
Марсоход Perseverance, 25  
Марсоход Spirit, 12  
Массивные астрофизические компактные гало-объекты (MACHO), 119  
Массообмен или слияние, 61, 99  
Маунт Вилсон, 52  
Международная космическая станция (МКС), 189  
Международный Астрономический союз, 202  
Мейолл, Николас, 101  
Меркурий, 12–13, 17  
Меропа (звезда), 42  
Мессье 81 (M81), 147  
Мессье, Шарль, 30, 150–151, 162, 173  
Местная группа, 135–143, 173  
Микрогравитационные линзы (микролинзы), 119  
Мицар (двойная звезда), 66  
Мичелл, Джон, 109  
Млекомеда, 142  
Млечный Путь, 114, 125  
Модифицированная ньютоновская динамика (MOND), 194  
Молекулярные облака, 28  
Молодые звездные объекты (YSOs), 29  
Мультивселенная, 201  
Мю Голубя (звезда), 44

### **Н**

Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства (NASA), 199  
Небарионная темная материя, 197  
Небра (германский диск неба), 42  
Небулий, 30  
«Недоделанные звезды», 65  
Нейтронные звезды, 105, 105, 184  
Необычные планеты, 76  
Неправильные галактики, 146, 160  
Нептун, 14, 17, 18  
Несси (пылевая гряда), 117  
Новая Лебедя, 69  
Новая Персея, 68

Ньютон, Исаак, 24, 52, 182

## О

Обзорная инфракрасная обсерватория WISE, 29, 44, 85, 98, 132–133

Обитаемые планеты, 198

Облако Оорта, 20

Облако Ориона, 28, 44

Облако Ро Змееносца, 29

Облако Смит, 124

Обсерватория видимого и инфракрасного обзора (VISTA), 40, 47, 90

Обсерватория Лас Кампанас, 97

Обсерватория Мауна-Кеа, 54

Объекты Хербига-Аро, 48

Омега Центавра (туманность), 120, 122, 136

Оорт, Ян Хендрик, 101, 124, 129

Орбитальная солнечная обсерватория, 130

## П

Паллада (астероид), 20

Паломарский обзор неба, 171

Парсонс, Уильям (Лорд Россе), 52–53, 100, 148, 150

Пачински, Богдан, 119

Пензиас, Арно, 191

Первый искусственный спутник, 22

Планета CoRoT-7b, 78

Планетарные туманности, 86–87, 92–93

Планеты земной группы, 12–13

Планк, Макс, 133

Плутон, 20

«Повторные» Новые, 69

Поиск внеземных цивилизаций (SETI), 199

Поток Арктура, 123

Поток Стрельца, 123

Поток Хельми, 123

Пояс Койпера, 20

Пояс Ориона, 30

Предел Эддингтона, 60

Приливное воздействие, 158

Приливные хвосты, 156

Программа Frontier Fields Program, 178

Проксима Центавра (красный карлик), 64

Пространство–время, 182–183

Протозвезды, 48

Протопланетные диски, 49, 72

Процион (звезда), 94

Прямое восхождение, 202

Птолемей, Клавдий, 23

Пульсары (радиозвезды) 76, 105–108

Пылевые столбы 35

Пьяцци, Джузеппе, 20

## Р

Радио, 52, 52, 107–108, 114, 164, 169, 199

Радиотелескоп VLA (Very Large Array), 52

Рак (созвездие), 80

Рассеянные звезды, 40–41

Рассеянные скопления, 40–41

Реликтовое излучение, 190

Рентген, Вильгельм, 168

Рентгеновская обсерватория Чандра, 60, 89, 99, 101–102, 107, 127–128, 132–133, 165

Рентгеновские двойные звезды, 70–71

Рисунки Луны, 24, 25

Риттер, Иоганн, 168

Рудольф II (император), 99

Рукав Ориона, 117

## С

Сатурн, 7, 14–15, 18, 18–19

Сверхновые 95–102

Сверхскопление Волосы Вероники, 175

Сверхскопление Гидры – Центавра, 175

Сверхскопление Девы, 175

Сверхскопление Персей–Рыбы, 175

Световые волны, 187

Северное полушарие, 203–209

Сейферт, Карл, 151

Сейфертовские Галактики, 151

Семь сестер. См. Скопление Плеяд

Сигара, 147, 160

Синее смещение, 72

Сириус В (белый карлик), 94

Скандинавский оптический телескоп, 89

Скопление Арки, 125

Скопление Волосы Вероники, 174

Скопление Девы, 172–173

Скопление Льва, 175

Скопление Пандоры, 194

Скопление Плеяд, 7, 42–43

Скопление Пуля, 179

Скопление Пять Близнецов, 125

Скопление «Шкатулка с драгоценностями», 186, 187

Скопления, 125, 170–171

Скорость света, 186

Скорость удаления, 185

Скорпион 18 (звезда), 62–63

Скорпион X-1 (рентгеновская двойная звезда), 70

Скорпион (созвездие), 29

Смит, Гейл, 124

Созвездия, 112, 217

Солнечная система, 7, 90

Солнечные пятна, 62

Солнце, 9–11, 27, 44, 62

Спектроскоп, 24, 57

Спиральная планетарная туманность, 92

Спиральные галактики, 146–147

Спиральные галактики с перемычкой, 146, 152

Спутник Cosmic Background Explorer (COBE), 190

Спутник Планк, 133, 190–191

Спутники, 16–18, 24–25

Столкновение с Андромедой, 134, 142

Столкновения галактик, 134, 142, 156–159

«Столпы Творения», 34

Сустерманс, Юстус, 22

## Т

Тайгета (звезда), 42

Тартер, Джилл, 65

Тейлор, Джозеф, 108, 184

Телескоп Allen Telescope Array, 199

Телескоп Gaia, 72–73, 123, 129, 133

Телескоп GALEX (Galaxy Evolution Explorer) 131, 133, 140, 169

Телескоп Кека, 18, 54–55

Телескоп Pathfinder в Атакаме (APEX), 28

Телескоп Subaru, 54

Телескоп Горизонта Событий, 126–127, 163

Телескоп «Левиафан», 52–53

Телескоп «Свифт», 131

Телескоп Слоана в обсерватории Апач-Пойнт, 175

Телескоп Хукера, 55

Телескоп Шмидта, 120

Телескопы, 24, 52–55, 108, 114, 164, 168–169, 199

Телец (созвездие), 42

Темная материя, 194–195, 197

Темная энергия, 185, 197

Темпеля 1 (комета), 20

Теория относительности, 109, 168, 183, 188

Тепловое излучение, 36, 168

Термоядерный синтез, 58

Тирион, Виль, 202

Титан (спутник), 17

точная космология, 181

Третий Кембриджский каталог радиоисточников, 166

Тридцатиметровый телескоп, 54–55, 198

Тритон (спутник), 17

Тройная туманность, 39

Тропик Козерога, 202

Тропик Рака, 202

туманностные объекты, 151

Туманность Бабочка, 93

Туманность Бумеранг, 93, 169

Туманность Гантель, 93

Туманность Гомункул, 60

Туманность Киля, 33, 44, 49

Туманность Кольцо, 86–87

Туманность Конская Голова (Барнард 33) 46–47

Туманность Конус, 39

Туманность Кошачий Глаз, 88, 89

Туманность Краб 107, 100–101

Туманность Лагуна, 38

Туманность Маленький Призрак, 92

Туманность Муравей, 92

Туманность Ориона, 7, 30–32, 40, 49

Туманность Орла, 34–35, 40, 188

Туманность Пеликан, 39

Туманность Песочные Часы, 93

Туманность Пламенеющая  
Звезда, 44  
Туманность Пламя, 47  
Туманность Рождественская  
Елка, 39  
Туманность Розетка, 36, 40  
Туманность Тарантул, 26, 27,  
37, 60, 137  
Туманность Улитка, 89–91  
Туманность Эскимос, 93  
Туманность Южное Кольцо,  
92

## У

Убегающие звезды, 44  
Уран, 7, 15, 18

## Ф

Флеминг, Вильямина, 47  
Флемстид, Джон, 102  
Фобос (спутник), 17–18  
Фомальгаут (звезда), 50–51  
Фотоиспарение, 35

## Х

Хаббл, Эдвин, 140–141, 173,  
185  
Халс, Рассел, 108, 184  
Хартли 2 (комета), 20  
Хейл, Джордж Эллери, 52  
Хельми, Амина, 123  
Херрис, Герберт Кромптон, 53  
Хойл, Фред, 45  
Хьюиш, Энтони, 107

## Ц

Цвикки, Фриц, 105, 174  
Центавр А (NGC 5128), 164–  
165  
Церера (астероид), 20  
Цефеиды, 67, 148  
Циркуль X-1 (рентгеновская  
двойная звезда), 71

## Ч

Чаун, Маркус, 7  
«Черное облако» (Хойл), 45  
Черные дыры, 109, 145, 151,  
163  
Черные карлики, 94  
Четырехмерная Вселенная,  
182–183

## Ш

Шаровые скопления, 118, 120  
Шведский солнечный  
телескоп, 10  
Шекспир, Уильям, 98  
Шелтон, Ян, 97  
Шепли, Харлоу, 118, 129  
Шмидт, Маартен, 114, 166

## Э

Эйбелл, Джордж, 171, 174, 177  
Эйнштейн, Альберт, 108, 178,  
182–184, 197  
Экзопланеты, 57, 75–78, 76,  
78, 81  
Электра (звезда), 42  
Электромагнитное излучение,  
168  
Эллиптические галактики, 146  
Энцелад (спутник), 16  
Эридан 40 (звезда), 94  
Эта Киля (звезда), 33, 60  
Эффект Доплера, 72

## Ю

Южная Рыба (созвездие), 50  
Южное полушарие, 210–215  
Юнона (астероид), 20  
Юнона (космический  
аппарат), 14, 15  
Юпитер, 7, 14–15, 198

## Я

Янсен, Захарий, 52  
Янский, Карл, 169

3C273 (квазар), 166

## А

Abell 520 (скопление), 179  
АЕ Возничего (звезда), 44

## С

CFBDSIR 1458+10  
(коричневый карлик), 65  
COBE, 190

## Г

G2 (газовое облако), 128  
GALEX, 131, 133, 140, 169

GRO J1655–40 (рентгеновская  
двойная звезда), 71

## Н

НАТ-P-7b (горячий Юпитер),  
74, 74  
HD 69830 (звезда), 79, 79  
HD 89733b (горячий Юпитер),  
79  
HD 149026b (планета), 79  
HD 209458b (планета), 75, 78  
HDE 226868 (звезда), 70  
HN 47 (протозвезда), 48  
HIP 56948 (звезда), 62–63

## Н

NGC 3603, 41

## І

IC 4406 (планетарная  
туманность), 92

## М

МАСНО, 119  
M13. См. Большое шаровое  
скопление  
M15 (звезда), 120  
M32 (карликовая галактика),  
136  
M51. См. Галактика Водоворот  
M64. См. Галактика Черный  
Глаз  
M81. См. Мессье 81  
M82. См. Галактика Сигара  
M87, 162  
M87 (галактика), 162  
M100 (галактика), 148  
M101. См. Галактика Вертушка  
МАСНО. См. массивные  
астрофизические  
компактные гало-объекты  
МАСНО и, 119

## Н

N90 (звездные ясли), 39  
NGC 1300, 152–153  
NGC. См. Новый общий  
каталог  
NGC 1300 (галактика), 152–153  
NGC 2442. См. Галактика  
Мясной Крюк

NGC 4674. См. Галактики  
Мышки  
NGC 5128. См. Центавр А  
NICMOS. См. Камера  
ближнего инфракрасного  
диапазона и  
многопредметный  
спектрометр  
Northern Survey (Эйбелл), 171

## Р

PSR 1913+16 (пульсар), 108

## Р

R136 (звездное скопление),  
37, 60  
RCW 38 (протозвезда), 48  
RCW 108, 39  
RX J185635–3745 (нейтронная  
звезда), 105

## С

Sanduleak-69 202 (звезда), 97  
SGR 1900+14 (магнетар), 106

## Т

TESS, 130  
TRAPPIST-1, 80

## V

V838 Единорога (звезда), 69  
Vela X-1 (звезда), 44  
VFTS 682 (звезда), 37  
VISTA. См. Обсерватория  
видимого и инфракрасного  
обзора  
Voyager 2 (космический  
аппарат), 7, 14–15, 17–18

## W

WISE. См. Обзорная  
инфракрасная  
обсерватория  
WISE  
WISE, 29, 44, 85, 98, 132–133  
WMAP, 191,  
WMAP. См. Анизотропная  
микроволновая  
обсерватория Уилкинсона

## У

У-карлики, 65

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Подарочные издания. Миссия «Космос»

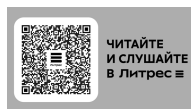
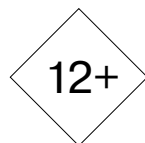
**Шиллинг Говерт**

## ГЛУБОКИЙ КОСМОС

### ЗА ПРЕДЕЛЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ, К КРАЮ ВСЕЛЕННОЙ И НАЧАЛУ ВРЕМЕН

Главный редактор *Р. Фасхутдинов*  
Руководитель направления *В. Обручев*  
Руководитель группы *Ю. Лаврова*  
Научный редактор *К. Масленников*  
Ответственный редактор *А. Высочкина*  
Литературный редактор *А. Сазонова*  
Младший редактор *Н. Пластун*  
Художественный редактор *Е. Каменева*  
Компьютерная верстка *Р. Муртазин*  
Корректоры *А. Макаров, Г. Вакулко*

Страна происхождения: Российская Федерация  
Шығарушы ел: Ресей Федерациясы



ЧИТАЙТЕ  
И СЛУШАЙТЕ  
В Литрес



9 785042 153051 >



ЭКСМО

Издательство «Эксмо» — универсальное  
издательство №1 в России, является  
одним из лидеров книжного рынка Европы.

eksmo.ru

eksmo



Хочешь стать  
автором «Эксмо»?



**eksmo.ru**

Официальный  
интернет-магазин  
издательства «Эксмо»



ТЕРИТОРИЯ  
КНИЖНЫЙ МАГАЗИН

Официальная франшиза  
издательства «Эксмо»

**ООО «Издательство «Эксмо»**

123308, Россия, г. Москва, ул. Зорге, д. 1, стр. 1, эт. 20, каб. 2013. Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)

Өндіруші: «Издательство «Эксмо» ЖШҚ

123308, Ресей, Мәскеу қаласы, Зорге көшесі, 1-үй, 1-құрылыс, 20 қабат, 2013-қаб.  
Тел.: 8 (495) 411-68-86. Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru).

Тауар белгісі: «Эксмо»

**Интернет-магазин** : [www.book24.ru](http://www.book24.ru)

**Интернет-магазин** : [www.book24.kz](http://www.book24.kz)

**Интернет-дүкен** : [www.book24.kz](http://www.book24.kz)

Импортёр в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».  
Қазақстан Республикасына импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.  
Дистрибьютор и представитель по приему претензий на продукцию  
в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»

ТОО РДЦ Алматы, Алматы, ул. Домбровского, 3-а», литер Б, офис 1.  
Дистрибьютор және Қазақстан Республикасында өнімге шағымдар  
қабылдау жөніндегі өкіл: «РДЦ-Алматы» ЖШС.  
Алматы қ., Домбровский көш., 3-а», литер Б, офис 1.  
Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92. E-mail: [RDC-Almaty@eksmo.kz](mailto:RDC-Almaty@eksmo.kz)

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ  
о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо»:  
[www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)

Техникалық реттеу туралы РФ заңнамасына сай басылымның сәйкестігін растау  
туралы мәліметтерді мына адрес бойынша алуға болады: <http://eksmo.ru/certification/>

Произведено в Российской Федерации  
Ресей Федерациясында өндірілген  
Сертификаттауға жатпайды

ЧИТАЙ·ГОРОД

Дата изготовления / Подписано в печать 03.09.2025. Формат 84x102<sup>1</sup>/<sub>12</sub>.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 29,62.

Тираж экз. Заказ

Говерт Шиллинг — всемирно известный голландский писатель-астроном, автор более 90 книг о космосе, приглашенный редактор журнала Sky & Telescope.

Его работы публикуются в журналах Science, New Scientist и BBC Sky at Night Magazine. В 2007 году Международный астрономический союз назвал в его честь астероид (10986) Говерт.

## ЧИТАЯ ЭТУ КНИГУ, ВЫ:

УЗНАЕТЕ, КАК УСТРОЕНЫ  
ПЛАНЕТЫ И ЗВЕЗДЫ,  
ГАЛАКТИКИ И СКОПЛЕНИЯ

ПОЙМЕТЕ, КАК С ПОМОЩЬЮ  
НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ И МОЩНЫХ  
ТЕЛЕСКОПОВ УЧЕНЫЕ ИССЛЕДУЮТ  
КОСМОС, РАЗГАДЫВАЮТ ЗАГАДКИ  
ТЕМНОЙ МАТЕРИИ И ЭНЕРГИИ

УВИДИТЕ ВПЕЧАТЛЯЮЩИЕ  
ФОТОГРАФИИ КОСМИЧЕСКИХ  
ОБЪЕКТОВ, СДЕЛАННЫЕ  
КОСМИЧЕСКИМ ТЕЛЕСКОПОМ  
«ДЖЕЙМС УЗБЬ»

СОВЕРШИТЕ УВЛЕКАТЕЛЬНОЕ  
ПУТЕШЕСТВИЕ ОТ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ  
К ЗВЕЗДАМ И ТУМАННОСТЯМ  
В НАШЕЙ ГАЛАКТИКЕ — МЛЕЧНОГО  
ПУТИ — И ДАЛЬШЕ, К ГРАНИЦАМ  
НАБЛЮДАЕМОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Альбом «Глубокий космос», включающий сотни фотографий и авторских иллюстраций, а также звездный атлас, показывающий небесное пространство целиком, — идеальная книга для любителей астрономии, студентов и всех, кто очарован тайной и красотой космоса.

ISBN 978-5-04-215305-1



9 785042 153051 >

 **БОМБОРА**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО

БОМБОРА — лидер на рынке полезных и вдохновляющих книг.  
Мы любим книги и создаем их, чтобы вы могли творить, открывать  
мир, пробовать новое, расти. Быть счастливыми. Быть на волне.