СОВРЕМЕННАЯ
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
ВСЕЛЕННОЙ
ЭКСМО

ОЛЕГ ФЕЙГИН
СОВРЕМЕННАЯ
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
ВСЕЛЕННОЙ
ЭКСМО
МОСКВА
2014

УДК 52
ББК 39.6
Ф 31

В оформлении книги использованы иллюстрации по лицензии от Shutterstock.com:
A. V. ley; Aaron Rutten; Africa Studio; Albert Barr; Aleksey Oleynikov; Alin Brotea; AND Inc; Andrea Danti; andrey_l; Angela Harburn; Anna Jurkovska; Antonio Abrignani; Argus; Artshots; Bill Frische; Bruce Rolff; Cardens Design; Catmando; Chaoss; CnApTaK; Diego Barucco; Digital Media Pro; Diversepixel; Edobric; Eugene Sergeev; Fesus Robert; FILATOV ALEXEY; FomaA; Frances A. Miller; fstockfoto; Georgios Kollidas; Giovanni Benintende; Gl0ck; Hein Nouwens; Holbox; Igor Chekalin; Igor Kovalchuk; Igor Zh.; Iryna1 Jag_cz; Jan Kaliciak; Jason and Bonnie Grower; Jezper; Joshua Resnick; Jupeart; Jurgen Ziewe; keren-seg; Krasowit; KUCO; Linda Brotkorb; MACHKAZU; MarcelClemens; Markus Gann; Martin Capek; Martin Ezequiel Gardeazabal; Maryo; McCarthy's PhotoWorks; Michael Ransburg; MichaelTaylor; Molodec; Mopic; Morphart Creation; Mozzyb; MPanchenko; Natursports; Neo Edmund; Nicku; Nicolas DUFRESNE; Optimarc; Oriontrail; Ozja; PaulPaladin; Peresanz; Peter Baxter; Photopalace; Pieterpater; Plutonius 3d; Primož Cigler; Psynovec; R.T. Wohlstadter; Ralf Juergen Kraft; Rashevska Nataliia; Razvan Stroie; Remy Bejear Merriex; Ricardo Verde Costa; Sdecoret; SergeyDV; Sgame; silver tiger; Solarseven; Stefano Ginella; -strizh-; Sybille Yates; Thomas Nord; Tim the Finn; Toonn; Triff; Tupungato; VanHart; Vicspacewalker; Viktar Malyshchyts; Wolfgang Kloehr; yexelA; Yurok; Zurijeta.

В книге использованы также иллюстрации www.nasa.gov на страницах:
20, 21, 34, 35, 36, 46, 47, 48, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 68, 70, 71, 72, 81, 83, 84, 85, 86, 89, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 112, 113, 114, 123, 125, 134, 138, 144, 152, 154, 157, 161, 162, 163, 170, 175, 177, 180, 181, 188, 194, 204, 210, 213, 218, 229, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 251, 253, 255, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 265, 274, 297.

Фейгин О. О.

Ф 31 Современная энциклопедия Вселенной / Олег Фейгин. — М. : Эксмо, 2014. — 304 с. : ил. — (Подарочные издания. Миссия «Космос»).

ISBN 978-5-699-64166-6

Совершить удивительную космическую экскурсию по мирам нашей Вселенной, открыть поразительный простор ближнего и дальнего Космоса, окунуться в глубины космического пространства — все это позволит вам сделать энциклопедия Вселенной. Вы побываете во множестве интересных мест Метагалактики и заглянете в бездонные провалы черных дыр пространства-времени, ощутив величественную красоту нашей Вселенной.

Книга предназначается самому широкому кругу любознательных читателей, интересующихся научной картиной окружающего мира.

УДК 52
ББК 39.6

ISBN 978-5-699-64166-6

© Фейгин О. О., 2013
© ООО «Айдиономикс»», 2013
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2014

Оглавление

6 Введение

20 Глава 1. На земной орбите

28 Глава 2. Ночное светило

38 Глава 3. Полет вокруг Солнца

50 Глава 4. Меркурий

56 Глава 5. Венера

66 Глава 6. Марс

74 Глава 7. В главном поясе астероидов

88 Глава 8. Юпитер

104 Глава 9. Сатурн

110 Глава 10. Уран

116 Глава 11. Нептун

120 Глава 12. Карликовая планета Плутон

128 Глава 13. Пояс Койпера и облако Оорта

138 Глава 14. Гелиосфера

142 Глава 15. Солнечная система

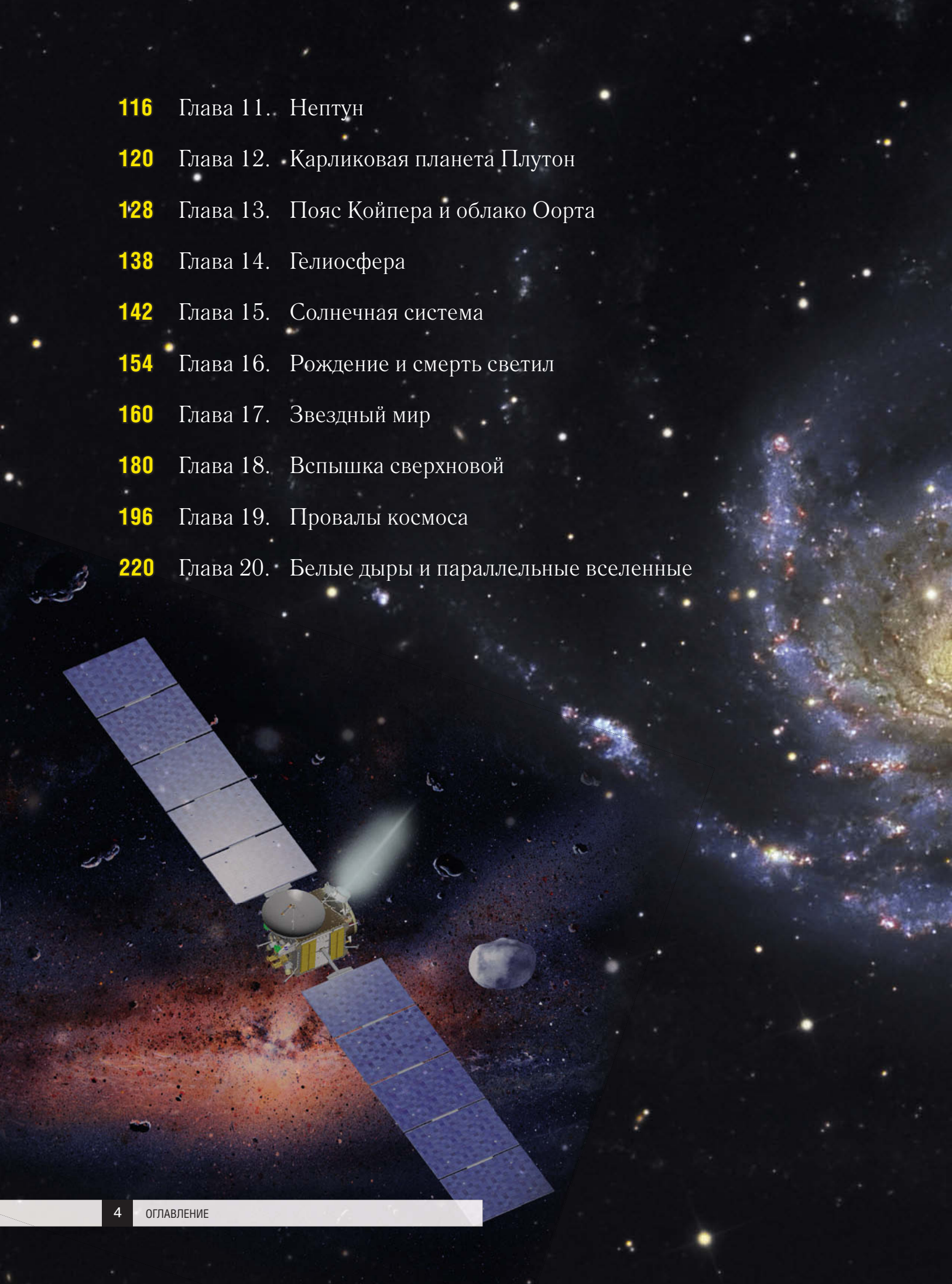
154 Глава 16. Рождение и смерть светил

160 Глава 17. Звездный мир

180 Глава 18. Вспышка сверхновой

196 Глава 19. Провалы космоса

220 Глава 20. Белые дыры и параллельные вселенные



232 Глава 21. Млечный Путь

242 Глава 22. Звездные острова

256 Глава 23. Метагалактика

264 Глава 24. Прошлое и будущее нашего мира

272 Глава 25. Разум во Вселенной

282 Глава 26. Космические опасности

286 Заключение

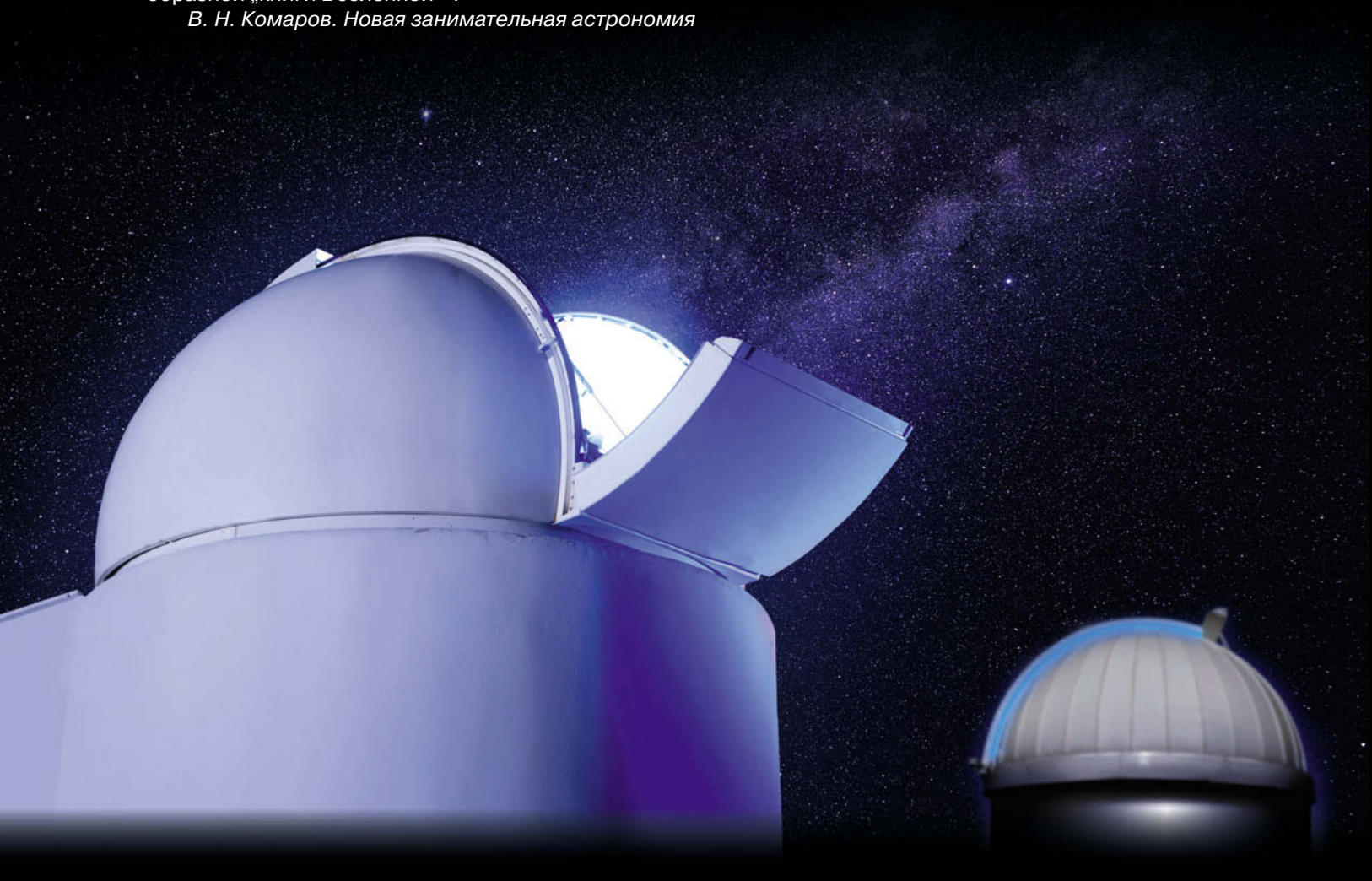
298 Литература по теме

300 Алфавитный указатель

Введение

«Новые данные о космических явлениях продолжают стремительно накапливаться как в результате наземных оптических и радиоастрономических наблюдений, так и благодаря исследованиям, которые ведутся с помощью космических аппаратов и орбитальных станций. И среди них есть такие, которые, по-видимому, уже открывают совершенно новые, до этого неведомые нам страницы бесконечно разнообразной „книги Вселенной“».

В. Н. Комаров. Новая занимательная астрономия



▲ Вглядываясь в космические дали

«Собственно говоря, если бы мы вернулись на какие-нибудь 2500 лет назад, примерно в 600 год до н. э., то обнаружили бы, что вся известная человеку Вселенная сводится к клочку плоской Земли, и притом к весьма небольшому клочку.
И в наши дни непосредственному восприятию человека доступно только то же самое — маленький клочок плоской земли и, разумеется, небосвод над головой с маленькими светящимися точками и кружками.
И небосвод этот кажется совсем близким».

А. Азимов. Вселенная

▾ Вслушиваясь в голоса Вселенной

«Величественный покой усыпанного звездами ночного неба всегда производил глубокое впечатление на человека. Тишина и покой небес, столь разительно контрастирующие с сумятицей жизни на Земле, с незапамятных времен вдохновляли поэтов, философов и религиозных мыслителей. Даже астроном-любитель, наблюдающий ночное небо в примитивный телескоп, установленный на крыше дома, видит картину, которая весьма медленно изменяется от ночи к ночи. Случайный визит кометы, падение метеорита или пролет искусственного спутника в наши дни — вот примеры событий, которые вносят мимолетное разнообразие в очевидно неизменную космическую тему».

Дж. Нарликар. Неистовая Вселенная

Одна из увлекательных областей знаний о Вселенной — астрономия — переживает в последнее время настоящую научную революцию. Череда открытий новых феерических космических явлений все чаще заставляет нас задумываться, как ничтожно мала наша планета, затерявшаяся на безбрежных просторах Вселенной. Все чаще поразительные картины, которые сегодня ученые наблюдают в космические орбитальные телескопы, попадают со страниц научных изданий на страницы желтой прессы, популярных журналов, в Интернет и даже научно-фантастические альманахи. Чего только стоят недавние сенсации, рисующие перед нами парадоксальный образ стремительно разлетающегося мира галактик с извергающими море энергии ядрами, наполненного темной энергией и материей, вкраплениями гигантский воронок черных дыр, ведущих в никуда, и таинственными сверхдальними квазизвездными объектами — квазарами.

Надо сказать, что важность исследований строения ближнего и дальнего космоса с помощью орбитальных станций и автоматических межпланетных станций (АМС) неоспорима, ведь именно понимание места во Вселенной и эволюции нашей звездной песчинки Солнечной системы имеет огромное мировоззренческое значение. Это становится особенно актуальным на фоне непрекращающегося потока неверной информации о божественном происхождении Вселенной и всяческих «мировых сферах разума», включая досужие вымыслы о мириадах летающих тарелок с зелеными человечками, якобы давно уже оккупировавшими нашу планету.

«Звездное небо... Мы вглядываемся в его серебристо-синие глубины, находя в них все новые чарующие узоры. Нас властно манит его таинственная бездна, эти далекие миры, мерцающие среди ночного безмолвия. Мы знаем, что там, на огромнейших от нас расстояниях, находятся не только звезды, но и туманности и пульсары, галактики и квазары. И помня об этом, мы еще и еще раз спрашиваем себя: где же предел этих далеких звездных миров и есть ли он вообще? Как возникла Вселенная с ее разнообразием светил, да и было ли у нее начало во времени?»

И. А. Климишин. Релятивистская астрономия

«Космос — это все, что есть, что когда-либо было и когда-нибудь будет. Одно созерцание космоса потрясает: дрожь бежит по спине, перехватывает горло, и появляется чувство, слабое, как смутное воспоминание, будто падаешь с высоты. Мы знаем, что прикасаемся к величайшей из тайн».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

Прежде чем отправиться в большое космическое путешествие, нам, конечно же, надо посетить виртуальный музей астрономической науки и хоть немного познакомиться с ее историей. Надо заметить, что очень немногие науки могут похвастаться, что они самые древнейшие на Земле. Прежде всего это можно сказать об астрономии. Никто не знает, когда первый раз человек заметил, что по высоте звезд над горизонтом можно определять ночное время и смену пор года. Но заметив, тут же дал звездам и созвездиям имена, «переселив» на небосклон окружающих его существ и предметы своего быта. Время летело, прошли десятки тысячелетий, и племена диких охотников все чаще стали оседать на плодородных равнинах, превращаясь в земледельцев и скотоводов. Вот тут первобытная астрономия и превратилась из созерцания «небесных костров предков» в важнейшую практическую науку, предсказывающую, когда лучше всего сеять и убирать урожай, а когда ожидать сезона дождей и разлива рек.

Наверное, тогда и возникли первые астрономические обсерватории. Примером может служить загадочное сооружение из гигантских каменных глыб — Стоунхендж, расположенное примерно в 130 км на юго-запад от Лондона (на Солсберийской равнине в графстве Уилтшир (Англия)). Считается, что его название произошло от английских слов *stone* и *henge* («каменное ограждение»).

Легенды связывали постройку Стоунхенджа с именем знаменитого средневекового волшебника Мерлина и со святилищем лесных колдунов — друидов. А ученые определили возраст Стоунхенджа в 5–6 тыс. лет. Астрономы давно заметили, что положение камней этого чуда инженерного искусства древности можно увязать с самыми разнообразными астрономическими явлениями. Это дает основание по праву называть Стоунхендж первой грандиозной астрономической обсерваторией.

Многие тысячелетия древние мудрецы пытались мысленно представить, как устроен окружающий космос (это древнегреческое слово означает «все существующее вокруг нас» или «порядок всех вещей,

▾ Рассвет над Стоунхенджем (Великобритания)

Это древнейшее сооружение из гигантских плит и грубо отесанных блоков ученые считают одной из самых первых астрономических обсерваторий каменного века.

▲ Комплекс Стоунхендж (реконструкция): предполагаемая обсерватория неолита, отсчитывающая время и календарь

окружающих нас»). Древние мыслители, например Аристарх Самосский (310–230 годы до н. э.), считали, что в центре Вселенной расположено Солнце, а не Земля, но со временем эти гениальные догадки забылись — и на долгие столетия в астрономии воцарилась геоцентрическая система.

Свое наивысшее развитие геоцентрическая схема, определяющая центральное место Земли во Вселенной, получила в работах александрийского астронома, географа и математика Клавдия Птолемея, жившего в середине II века. Птолемеева система была описана в фундаментальном труде «Математический синтаксис», который был утерян в Европе и вернулся после перевода с арабского под названием «Альмагест».

«Альмагест» содержит тринадцать томов, каждый из которых посвящен определенному астрономическому понятию, относящемуся к звездам и небесным телам Солнечной системы. Таким образом, перед нами предстает настоящая сокровищница астрономических знаний энциклопедического характера, оказавшая большое влияние на многие поколения астрономов. Кроме всего прочего, данные древнегреческие астрономические представления имеют громадный исторический интерес, являются ценным источником сведений о творчестве предшественника Птолемея — великого астронома, географа и картографа древнего мира Гиппарха Никейского (190–120 годы до н. э.).

Гиппарх первым описал и ввел в наблюдательную астрономию такие важные понятия, как «апогей», «перигей» и «эпицикл». Они и позволили понять, что орбиты планет представляют собой не набор окружностей, а эллипсы. Кроме того, Гиппарх разработал удобную систему географических координат и систематизировал все небесные светила по специальной шкале их светимости. Так до нас фактически без изменений дошло деление на шесть основных звездных категорий для видимых невооруженным глазом светил в порядке уменьшения их блеска. Свет ночных светил начал измеряться в звездных величинах, и это было для того времени выдающимся открытием. Такое деление сохранилось в современной астрономии и сейчас.

В первых томах «Альмагеста» Птолемей не только подробно рассматривает геоцентрическую систему

▲ Николай Коперник (1473–1543)

▲ Иоганн Кеплер (1571–1630)

мира, но и пытается обосновать ее с помощью неких геометрических и метафизических аргументов, позволяющих расположить в центре мироздания абсолютно неподвижную Землю. Главным доказательством, представлявшимся Птолемею бесспорным, было отсутствие у звезд специфических перемещений — параллаксов, которые неминуемо возникли бы при движении Земли. Впрочем, подобные соображения встречаются еще у некоторых древнегреческих философов, совершенно неверно оценивавших расстояние до «небесной тверди», на которой традиционно располагались звезды. Кроме того, в «Альмагесте» можно встретить доказательство того, что, поскольку все небесные и физические тела имеют «устремление в центр Вселенной», именно там и должна находиться наша планета в полном соответствии «со стремлением текучих вод и полета водных капель». В то же время, рассуждал Птолемей, если Земля вращается с периодом в сутки, то любое тело, подброшенное вверх, упадет на иное место по ходу вращения земной поверхности (здесь великий астроном повторяет заблуждение, исходящее из незнания принципа инерции).

В I тысячелетии н. э. эстафету небесных познаний подхватили арабские астрономы. В Багдаде, Сирии, Каире и Средней Азии возводятся обсерватории, составляются таблицы движения Луны и планет, создаются гигантские квадранты и секстанты, появляется на свет астролябия. Омар Хайям выдвигает смелое предположение об обитаемости далеких миров и бесконечности нашей Вселенной, Бируни изготавливает первый географический глобус, а Улугбек в Самарканде вводит в строй сорокаметровый секстант, что позволяет ему вычислять движение Солнца с невиданной точностью.

Геоцентрическая схема мироздания соответствовала библейским сказаниям и, будучи подкрепленной авторитетом церкви, просуществовала вплоть до XV столетия, когда и произошел революционный переворот в мировоззрении — польский астроном Николай Коперник представил свою гелиоцентрическую систему мира.

Коперник буквально вывернул наизнанку геоцентрическую систему Птолемея, правда сохранил метафизическую схему вращающихся хрустальных сфер со спутниками, планетами и звездами. Сегодня трудно точно сказать, что же именно подтолкнуло Коперника к его революционному открытию, но, несомненно, именно он одним из первых обратил внимание на особенности движения планет по эпициклам с общим центром вращения. Неизвестно, знал ли польский астроном сходные идеи арабских ученых того времени, но в конечном итоге он пришел к мысли, что если в центр мироздания поставить Солнце и заставить вращаться вокруг него планеты, то схожесть эпициклов становится легко объяснимой.

При этом казалось парадоксальным, что система Птолемея с его многочисленными эпициклами продолжала оставаться более точной в основном из-за того, что в модели Коперника орбиты планет были круговыми, а не эллиптическими. Поэтому окончательную точку в споре гелио- и геоцентрических систем мира поставили только законы движения планет Кеплера, механика Галилея и формулы гравитации Ньютона.

Сначала церковнослужители не поняли грядущие мировоззренческие изменения, вытекающие из гелиоцентрической схемы мира, превращавшей Землю в самую рядовую планету, которая вращается вокруг Солнца. Однако с течением времени христианские

▲ Монумент Джордано Бруно на римской площади Цветов

мракобесы в полной мере оценили «коперниканскую ересь», и в 1616 году декретом инквизиции труды великого астронома попали в список запрещенных книг, оставаясь там вплоть до 1833 года.

Дальнейшее развитие гелиоцентрическая модель мира (а фактически Солнечной системы) Коперника получила в трудах выдающихся ученых эпохи Возрождения — Иоганна Кеплера, Галилео Галилея и Джордано Бруно.

17 февраля 1600 года на площади Цветов в Риме запылал страшный костер. Семь лет церковные инквизиторы беспрерывно пытали выдающегося мыслителя эпохи Раннего Возрождения Джордано Бруно и, не добившись отречения от идеи множества миров в гелиоцентрическом мироздании, сожгли его. Всячески пропагандируя космогонию (устройство Вселенной) Коперника, Бруно высказывал много смелых мыслей о бесконечности пространства, времени, количества светил с инопланетными жителями и едином Космосе, состоящем из элементарных атомов — элементов.

В астрономии итальянский мыслитель высказал несколько идей, намного опередивших свое время: о бесконечности Вселенной, о звездах — солнцах далеких миров, о существовании еще не открытых планет в пределах нашей Солнечной системы. Одна из его главных мыслей — мы обитаем в бесконечной Вселенной, включающей в себя бесчисленные миры, населенные живыми существами. Бруно полностью отвергал библейское мифотворчество церковников, совершенно верно полагая, что если некий Иисус из Назарета и существовал, то был обыкновенным иудейским бродячим проповедником, дурачившим своими незатейливыми фокусами простаков.

Христианские мракобесы так и не смогли склонить этого выдающегося ученого к отречению от поразительных для того времени идей, и последними словами Бруно, брошенными в лицо церковным палачам, были: «Сжечь — не значит опровергнуть». Подобно наследию Коперника, все труды Бруно попали в 1603 году в церковный список запрещенных знаний (и они разделили судьбу своего автора).

Когда же схлынули времена борцов с прогрессом, признательные соотечественники 9 июня 1889 года открыли на площади Цветов памятник великому мыслителю, выступившему 300 лет назад против косности окружающего мира.

Кеплер подверг анализу движения планет в системе Коперника на основании очень точных для своего времени данных видного астронома Тихо Браге.

▼ Памятник Тихо Браге и Иоганну Кеплеру возле Карлова университета в Праге

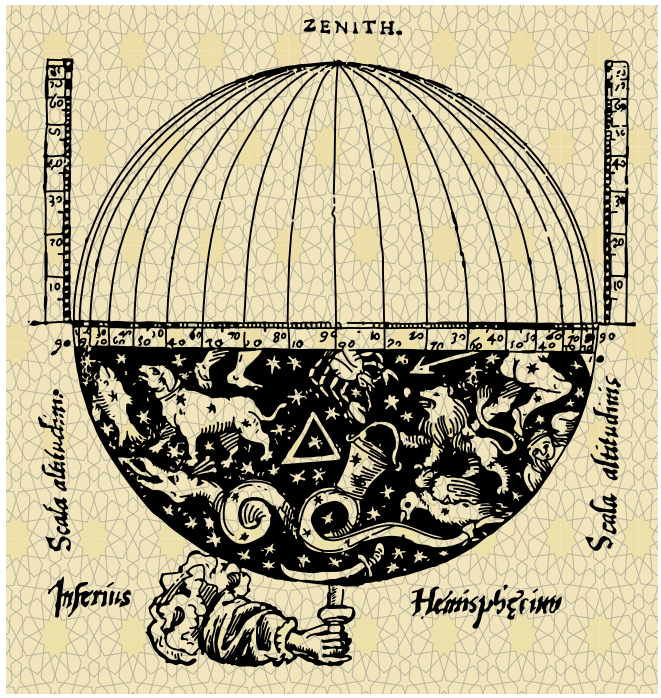
Результатом стало открытие трех необыкновенно важных законов движения планет. Они определяли пути движения и время обращения в зависимости от расстояния планет от Солнца. Законы Кеплера позже были распространены на все небесные тела в космическом пространстве. Браге всю жизнь собирал обширный архив астрономических данных, включающих уникальные сведения о движении планет, спутников и комет. После его кончины многочисленные родственники попытались завладеть архивом ученого, чтобы перепродать его астрологам для составления гороскопов; после долгой тяжбы уникальные данные все же попали в полное распоряжение Кеплера.

Систематизируя и исследуя наблюдения Браге, Кеплер провел труднейшие расчеты, которые и при использовании современной вычислительной техники сложно назвать простыми. Кеплер, как и многие передовые астрономы своего времени, был хорошо знаком и с гелиоцентрической космографией Коперника, и с теорией своего современника Галилео Галилея о вращении Земли вокруг своей оси. Тем не менее тонкости вращения Земли и других планет было постигнуть непросто. Представьте себе, что вы вращаетесь, как волчок, в кабинке карусели, которая, в свою очередь, движется по кругу. А теперь посмотрите на небо и попробуйте составить траекторию Солнца или Луны! Нечто подобное в конечном итоге

и удалось понять Кеплеру, после чего он и вывел три своих закона.

Первый закон описывает, как именно располагаются траектории орбит небесных тел. Здесь надо представить себе эллипс как сечение плоскостью боковой поверхности конуса под неким углом к его основанию. Данный закон Кеплера как раз и выводит орбиты планет в виде различных эллипсов, в фокусе которых расположено Солнце. Так Солнечная система Кеплера приобрела новый вид вложенных друг в друга эллипсов, что сразу же колоссально упростило все астрономические расчеты. Ведь в свое время Коперник считал, что планеты вращаются вокруг Солнца строго по круговым орбитам, так что для соответствия с наблюдательными данными ему приходилось частично использовать эпициклы Птолемея.

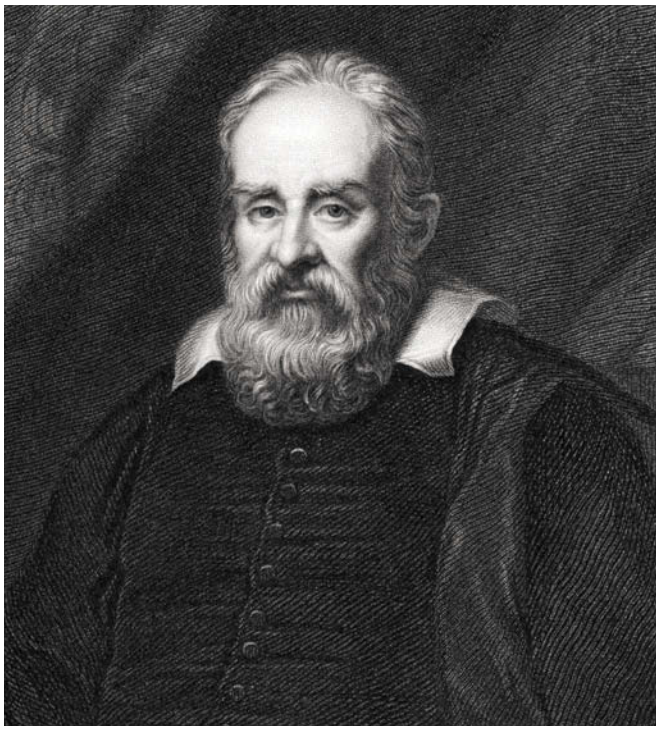
◂ Старинный атлас звездного неба времен Кеплера и Браге



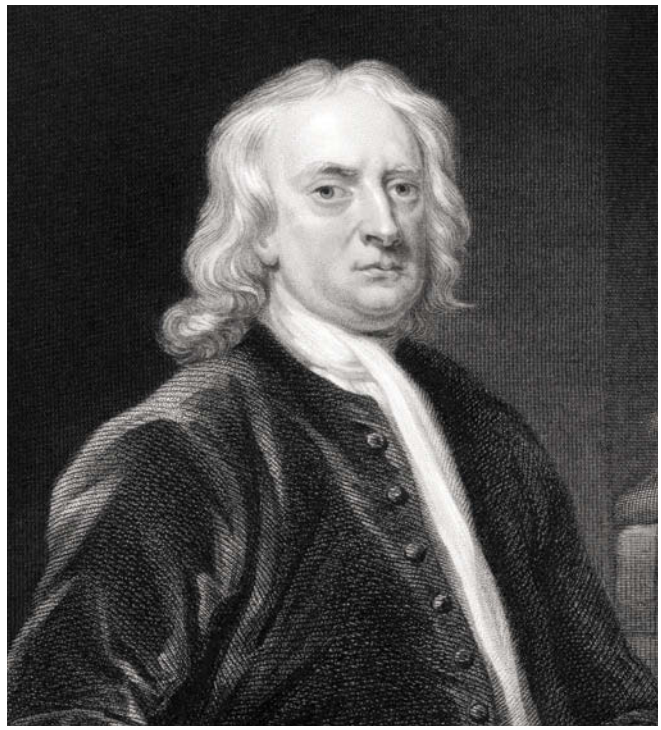
▴ Схема построения небесной сферы из рукописи Кеплера

Значение первого закона Кеплера в астрономической науке трудно переоценить. Ведь одним из главных препятствий на пути развития гелиоцентризма как раз и были все те же эпициклы, которые приходилось вводить для круговых орбит планет, причем чем точнее были вычисления, тем больше росло количество эпициклов, которые строились вокруг точек основной круговой орбиты — дифферента. В этом смысле космогонии Птолемея и Коперника мало чем различались, и большая заслуга Кеплера именно в том, что он сумел смело перешагнуть через сам принцип описания движения с помощью эпициклов, точно так же как Коперник убрал Землю из центра Вселенной.

Второй закон Кеплера связан с изменением скорости орбитального движения планет. Чтобы понять его смысл, вспомним детскую забаву под названием «гигантские шаги». В этом аттракционе детвора раскручивается на петлях вокруг столба, ухватившись за ремень руками. Вот и планеты кружат вокруг Солнца подобным образом. Чем дальше расстояние от Солнца, тем медленнее плывет по своей эллиптической орбите небесное тело, и наоборот: чем ближе к Солнцу, тем выше орбитальная скорость планеты.



▲ Галилео Галилей (1564–1642)



▲ Исаак Ньютон (1643–1727)

Если в первом и втором законах Кеплера поясняется, как устроены орбитальные траектории отдельных планет, то третий закон позволяет сравнивать планетарные орбиты друг с другом. В точной формулировке он звучит так: квадраты периодов обращений планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их эллиптических орбит. Иначе говоря, чем дальше планета расположена от Солнца, тем больше времени длится ее год — полный орбитальный оборот. Вполне очевидно, что это объясняется длиной самой орбиты и уменьшением линейной орбитальной скорости движения.

В классической механике законы Кеплера относятся к кинематике, то есть описывают механическое движение, не объясняя вызывающих его причин. Поэтому этих законов будет недоставать, чтобы проложить, скажем, курс космического корабля с Земли на окраины Солнечной системы. Но и без них обойтись нельзя, они составляют важнейшую основу космической механики, определяя закономерности движения всех без исключения планет и их спутников.

Однако Кеплер, как и ранее Коперник, лишь умозрительно рассуждал о возможности притяжения небесных тел. Первые действительно научные исследования земного притяжения провел гениальный итальянский астроном и естествоиспытатель Галилео Галилей. В основном он ставил опыты со свободным падением тел в поле земного тяготения, дополняя это замечательными мысленными экспериментами и различными вариантами измерений времени скатывания шаров по отполированным желобам (так великий ученый остроумнейшим образом «уменьшал» земное тяготения для наглядности и точности опытов).

Коперник, Кеплер и Галилей стояли на пороге величайшего открытия в истории человечества, а само оно связано с именами двух одаренных ученых, правда, обладавших склочными характерами: Робертом Гуком и Исааком Ньютоном. Современные историки науки на основании новейших архивных исследований сходятся во мнении, что приоритет открытия закона всемирного притяжения все же принадлежит выдающемуся английскому ученому и изобретателю Гуку. Тем не менее в большинстве учебников по физике имя Гука вообще не упомина-

▲ Роберт Гук (1635–1703)

ется и приводится закон всемирного тяготения Ньютона. Возможно, в будущих пособиях это уже будет закон Гука — Ньютона.

Открытый Гуком и Ньютоном математический вид всемирного закона тяготения позволил создать небесную механику не только близких планет, но и далеких звезд, их скоплений, ассоциаций. В конечном счете перед нами предстает настоящая математическая модель Вселенной. Триумф закона всемирного тяготения начался с публикации труда Ньютона «Математические начала натуральной философии».

В этой одной из самых знаменитых научных книг в истории человечества великий физик раскрыл поразительную тайну гравитации, сводящую воедино как земные падения тел, так и движения далеких планет. Закон всемирного тяготения можно считать первым научным законом, описывающим действие наиболее универсальных сил в мире. Сегодня каждый школьник знает, что любые два тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

Для того чтобы оценить значение открытия Ньютона и Гука, надо вспомнить, что все их предшественники, и в частности Галилей, изучая равноускоренное движение падающих тел, неразрывно связывали их с поверхностью Земли. При этом великий итальянский естествоиспытатель был полностью уверен, что наблюдает чисто земные явления, не имеющие никакого отношения к тому, что он видел в окуляр своего первого телескопа. Кеплер, изучая движение небесных тел и открывая свои законы, искренне полагал, что небесные сферы управляются совсем иными закономерностями движения, чем описывающие перемещение тел на Земле.

Историки науки справедливо замечают, что долгое время считалось, будто в мире существует два вида тяготения. Один из них заставляет все материальные предметы стремиться к земной поверхности (наиболее проницательные естествоиспытатели даже подчеркивали — к центру Земли). Второй управляет посредством законов Кеплера движением планет (возможно, и звезд — добавляли смелые метафизики), действуя на небесной сфере.

Один из величайших триумфов классической механики Ньютона как раз и заключается в том, что она дает фундаментальное обоснование законам Кеплера и утверждает их универсальность. Оказывается, законы Кеплера можно вывести из законов Ньютона и принципа сохранения момента импульса путем строгих математических выкладок. А раз так, мы можем быть уверены, что законы Кеплера в равной мере применимы к любой планетной системе в любой точке Вселенной. Астрономы, ищущие в мировом пространстве новые планетные системы (а открыто их уже довольно много), раз за разом, как само собой разумеющееся, применяют уравнения Кеплера для расчета параметров орбит далеких планет, хотя и не могут наблюдать их непосредственно.

Величайшее прозрение Ньютона и Гука как раз и заключалось в использовании универсального принципа действия сил притяжения, без всякого разделения небес и Земли. Можно сказать, что именно с этого исторического момента исчезло искусственное и ложное разделение Земли и остальной Вселенной. Более того, силы всемирного тяготения неразрывно связывают и окружающие нас тела с самыми далекими звездами видимой Вселенной — Метагалактики. И действительно, коль скоро действие закона всемирного тяготения распространяется на все материальные тела, то, подбрасывая эту книгу, вы дергаете за множество «гравитационных нитей», связывающих ее и с ближними планетами, и с Солнцем, и с далекими звездами. Как бы это ни выглядело фантастически, но вы вполне можете вычислить «натяжение» этих «нитей» и, сколь бы ни были эти силы малы, узнать их точное значение. Разумеется, ни один современный, даже сверхточный прибор не зафиксирует силу, с которой вы, скажем, притягиваетесь к Солнцу. Но будьте уверены — эта сила вполне реально существует и ее можно рассчитать.

▸ Образец старинного телескопа, изготовленного из латуни

ОРБИТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНЕТ

Меркурий — ближайшая к Солнцу планета, среднее расстояние от Солнца — 0,387 а. е. (астрономическая единица — расстояние от Земли до Солнца, равное 149,6 млн км), то есть 58 млн км, а расстояние до Земли колеблется от 82 до 217 млн км. Меркурий движется вокруг Солнца по сильно вытянутой эллиптической орбите, плоскость которой наклонена к плоскости эклиптики под углом 7°. Средняя скорость движения Меркурия по орбите — 47,9 км/с. Период обращения вокруг Солнца (меркурианский год) составляет около 88 суток.

Венера — вторая по удаленности от Солнца планета, среднее расстояние от Солнца — 0,72 а. е. (108,2 млн км). Орбита Венеры очень близка к круговой. Средняя скорость движения планеты по орбите — 34,99 км/с. Наклон орбиты к плоскости эклиптики равен 3,4°. Период обращения вокруг Солнца — 224,7 суток.

Земля — третья от Солнца планета, среднее расстояние от Солнца — 1 а. е. (149,6 млн км). Орбита Земли близка к окружности с радиусом около 384 400 км. Средняя скорость движения Земли по орбите равна 29,765 км/с. Период обращения вокруг Солнца — 365,3 суток, период вращения относительно Солнца (средние солнечные сутки) — 24 часа.

Марс — четвертая планета от Солнца, среднее расстояние от Солнца — 1,5 а. е. (227,9 млн км). Минимальное расстояние от Марса до Земли — 55,75 млн км, максимальное — около 401 млн км. Отклонение орбиты по отношению к эклиптике — 1,9°. Средняя скорость обращения вокруг Солнца — 24,13 км/с. Марс обращается вокруг Солнца за 687 земных суток.

Юпитер — пятая планета от Солнца, среднее расстояние от Солнца — 5,2 а. е. (778 млн км), средняя скорость обращения вокруг Солнца — 13,06 км/с. Наклон плоскости орбиты к плоскости эклиптики равен 1,3°. Расстояние Юпитера от Земли меняется в пределах от 188 до 967 млн км. Полный оборот вокруг Солнца Юпитер совершает за 11,9 года.

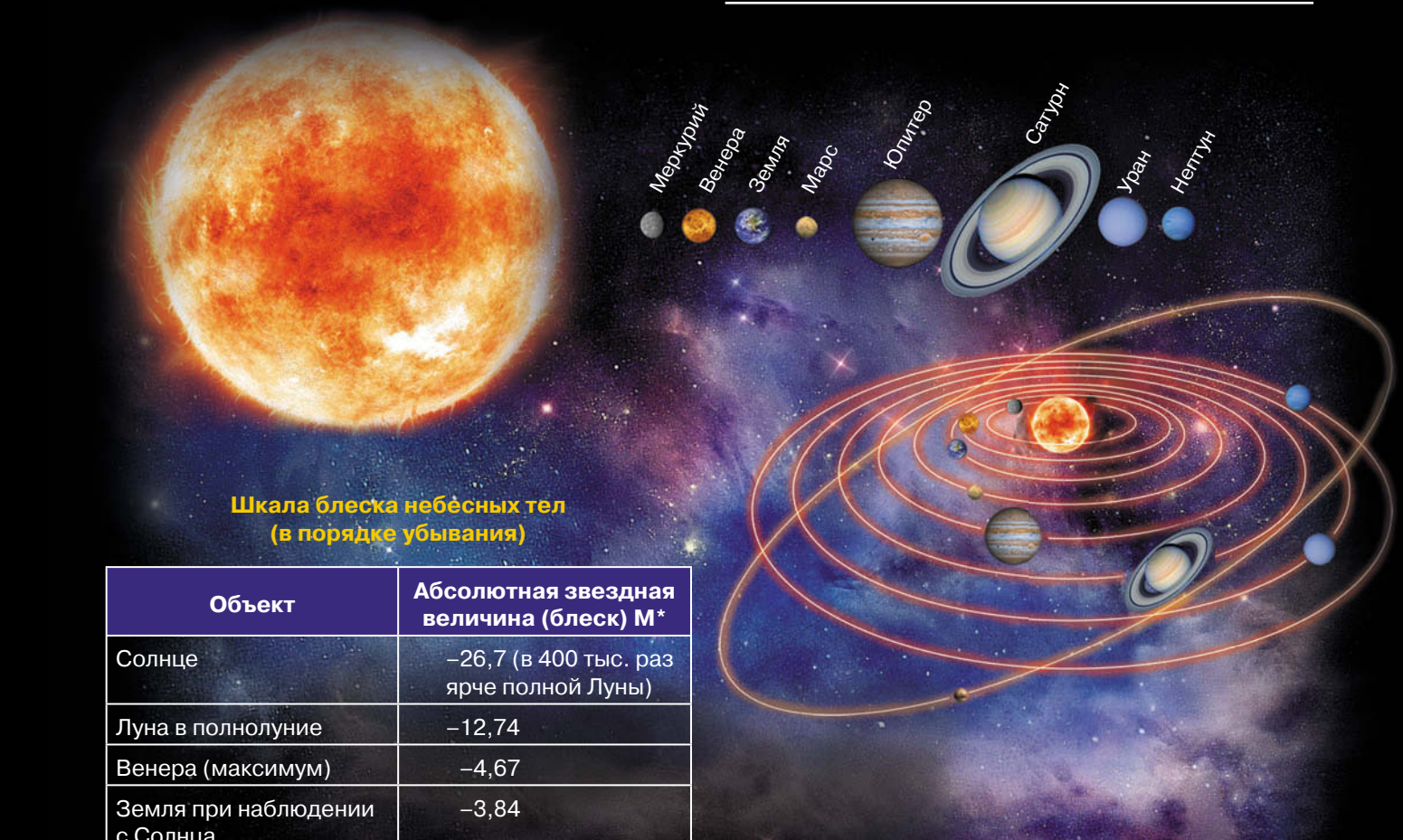
Сатурн — шестая планета от Солнца, среднее расстояние от Солнца — 9,54 а. е. (1427 млн км). Период обращения вокруг Солнца — 29,46 года. Средняя орбитальная скорость — 9,69 км/с.

Уран — седьмая планета от Солнца, среднее расстояние от Солнца — 19,18 а. е. (2871 млн км). Орбитальная скорость от 6,49 до 7,11 км/с. Наклон орбиты к плоскости эклиптики равен 0,8°. Период обращения вокруг Солнца — 84 года.

Нептун — восьмая планета от Солнца, среднее расстояние от Солнца — 30,1 а. е. (4497 млн км). Наклон орбиты к плоскости эклиптики равен 1° 46'. Орбитальная скорость — 5,4 км/с, период обращения вокруг Солнца равен 164,8 года. Расстояние от Земли — от 4,3 до 4,6 млрд км.

▲ Траектории движения планет по закону всемирного тяготения

▾ Структура Солнечной системы



Шкала блеска небесных тел (в порядке убывания)

Объект	Абсолютная звездная величина (блеск) M*
Солнце	–26,7 (в 400 тыс. раз ярче полной Луны)
Луна в полнолуние	–12,74
Венера (максимум)	–4,67
Земля при наблюдении с Солнца	–3,84
Юпитер (максимум)	–2,94
Марс (максимум)	–2,91
Меркурий (максимум)	–2,45
Сатурн (максимум)	+0,7
Уран	+5,5
Нептун	+7,8

* Чем меньше значение M, тем ярче объект.

Строение Солнечной системы, в соответствии с теорией всемирного тяготения, объединяющей земную и небесную гравитацию, можно проиллюстрировать на следующем примере. Давайте представим, что мы находимся у самого края бетонного пускового колодца космодрома Байконур и держим в руках небольшой макет первого искусственного спутника земли (ИСЗ), запущенного 4 октября 1957 года. Сам спутник весил 83,6 кг, а мы сбросим в шахту его килограммовую копию. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то наш макет начнет вертикальное равноускоренное движение с постоянным ускорением свободного падения. Затем перейдем к следующему эксперименту и катапультируем модель ИСЗ в направлении горизонта, что вызовет движение по параболе. И в этом случае движение макета ИСЗ будет описываться законами механики Ньютона для тела, движущегося с начальной скоростью под действием силы тяжести.

Теперь вспомним реальный запуск первого ИСЗ. Тогда скорости ракетоносителя Р-7 оказалось достаточно, чтобы придать спутнику первую космическую скорость, и он сделал 1440 витков вокруг земного шара. Если бы не сопротивление верхних слоев земной атмосферы, то спутник до сих пор продолжал бы свой орбитальный полет, подобно естественному спутнику Земли — Луне. Вот так мы в своих примерах перешли от описания падения тел в земных условиях к описанию движения Луны, пользуясь неизменными законами небесной механики. В данных примерах и видна вся глубина прозрения Ньютона и Гука, соединивших долгое время считавшиеся совершенно различными по своей природе силы земного и небесного притяжения.

Так или иначе, постройка мироздания Ньютона была связана с общим уровнем технического прогресса, ведь долгие тысячелетия единственным «инструментом» звездочетов и астрологов были их собственные глаза. Наконец настала эпоха Возрождения, великих географических открытий — и мореходам наряду с компасом и секстантом потребовались зрительные трубы. Вот тут и началась история современной наблюдательной астрономии причем с простенькой зрительной трубы Галилея, которую он догадался направить на небо. Действительно, сколько бы вы ни вглядывались в ночной небосвод, даже обладая феноменально острым зрением, можно заметить лишь россыпь звезд.

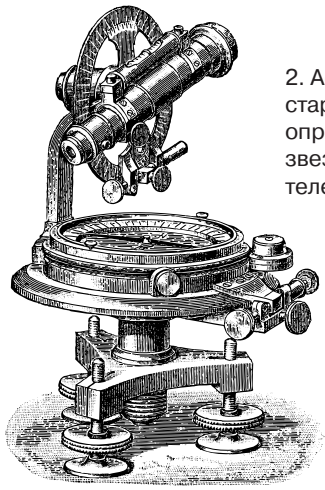
Поскольку нам все время придется так или иначе обращаться к главным инструментам наблюдательной астрономии — телескопам, совершим краткий экскурс в историю этих замечательных приборов. Мы уже упоминали, что первым превратил зрительную трубу в телескоп Галилей. Так возникла оптическая схема линзового телескопа-рефрактора (рефрактор — прибор, преломляющий свет в линзах или призмах).

▲ Современный телескоп-рефрактор

Прошло время, и появился второй тип телескопов — зеркальные телескопы-рефлекторы (рефлектор — прибор, отражающий и собирающий в пучок свет с помощью зеркал). Наверняка многие читатели были на таком аттракционе, как комнате смеха. Обычно это зал или лабиринт, увешанный выпуклыми и вогнутыми зеркалами. Вглядевшись в вогнутое зеркало, легко заметить, как сильно оно увеличивает детали предметов. На этом принципе и основаны все самые большие современные телескопы. Действительно, сделать зеркало гораздо проще, чем гигантскую линзу, сейчас же вообще разработаны системы колоссальных зеркал с поперечником в десятки метров, состоящие из отдельных элементов — «зеркалец», управляемых компьютером. Тем не менее небольшие телескопы, подзорные трубы и бинокли выполняют из линз, что надежнее, проще и компактнее, особенно при мобильных наблюдениях в полевых условиях астрономических экспедиций.

▶ Современный телескоп-рефлектор

1. Галилей с первым телескопом — подзорной трубой



2. Астролябия — старинный прибор для определения координат звезд с помощью телескопа и компаса

3. Старинный линзовый телескоп

5. Современный переносной телескоп-рефлектор

4. Телескоп-рефлектор середины XIX века

▲ История телескопа

Ученые теперь могут понять и исследовать то, что долгое время казалось неразрешимыми загадками: почему вспыхивают новые и сверхновые звезды, как проявляют себя гравитационные провалы космоса и что прячется в центре галактик. И ключ ко всем этим тайнам космоса — физическая наука.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

В давние времена астрономическая наука была тесно переплетена со своей «незаконнорожденной ветреной дочерью», как писал еще Кеплер, — астрологией. Первые небесные гороскопы вместе с результатами астрономических наблюдений были запечатлены клинописью на глиняных табличках, нередко встречающихся археологам при раскопках на землях современного Ирака (бывшей Месопотамии, населенной шумерами). Долгое время эта территория была центром первых земледельческих государств, простиравшихся от границ Средней Азии до побережья Средиземного моря. В Двуречье, как и позже в Древнем Египте, астрономические наблюдения были частью ритуалов «храмовой науки», уделом жрецов. Вероятно, они быстро сообразили, что заполучили сильный канал влияния на правящую элиту Месопотамии, и стали предлагать царскому окружению всяческие гороскопы. Одновременно это служило и становлению астрономии, ведь для гороскопов требовались обширные наблюдения звезд и небесных явлений, что позволяло создавать точные календари и предсказывать важные астрономические события, такие как солнечные и лунные затмения. Среди множества глиняных табличек можно встретить клинописные тексты, где вместе с мистическими прогнозами для царской династии описываются шумерские созвездия, деление года на сезоны и лунный календарь. Знали шумерские жрецы-астрономы и о тождестве Вечерней и Утренней звезды (планеты Венера). Так благодаря древней «магической астрономии» появился прообраз современного зодиака — череды двенадцати созвездий, по которым проходит ежегодный путь Солнца, деление года на 12 месяцев по 30 дней и круга на 360°.

Глава 1
На земной орбите

«…Зеленый купол огромного корабля дрогнул, подскочил на десяток метров и замер на те несколько секунд, в которые магнитные амортизационные шахты внутри корабля набрали полную мощность. „Темное Пламя“ повис, медленно вращаясь вокруг вертикальной оси. Бледно мерцавший столб анамезона растекался под ним до границ защитной стены. Внезапно звездолет сделал второй вертикальный прыжок в небо и сразу исчез. Неожиданность, простота, а также мерзкий режущий визг совсем не походили на гремящее и торжественное отправление обычных звездолетов. Гигантские и грозные корабли уходили с Земли величественно, как бы гордясь своей силой, а этот исчез, словно убегая».

И. Ефремов. Час быка

С чего начинается любое космическое путешествие? Конечно же, со старта ракеты!

Сегодня путь во Вселенную прокладывают в основном ракетные системы, работающие на жидком и твердом химическом топливе и позволяющие выводить в космос спутники, пилотируемые корабли и автоматические межпланетные станции.

Огромный вклад в освоение ближнего и исследование дальнего космоса внесли орбитальные космические станции — уникальные обитаемые лаборатории и обсерватории, стремительно летящие в сотнях километров от земной поверхности. Долговременные обитаемые станции крайне необходимы не только для чисто научных исследований; их создание — важное условие

▲ Старт в неведомое

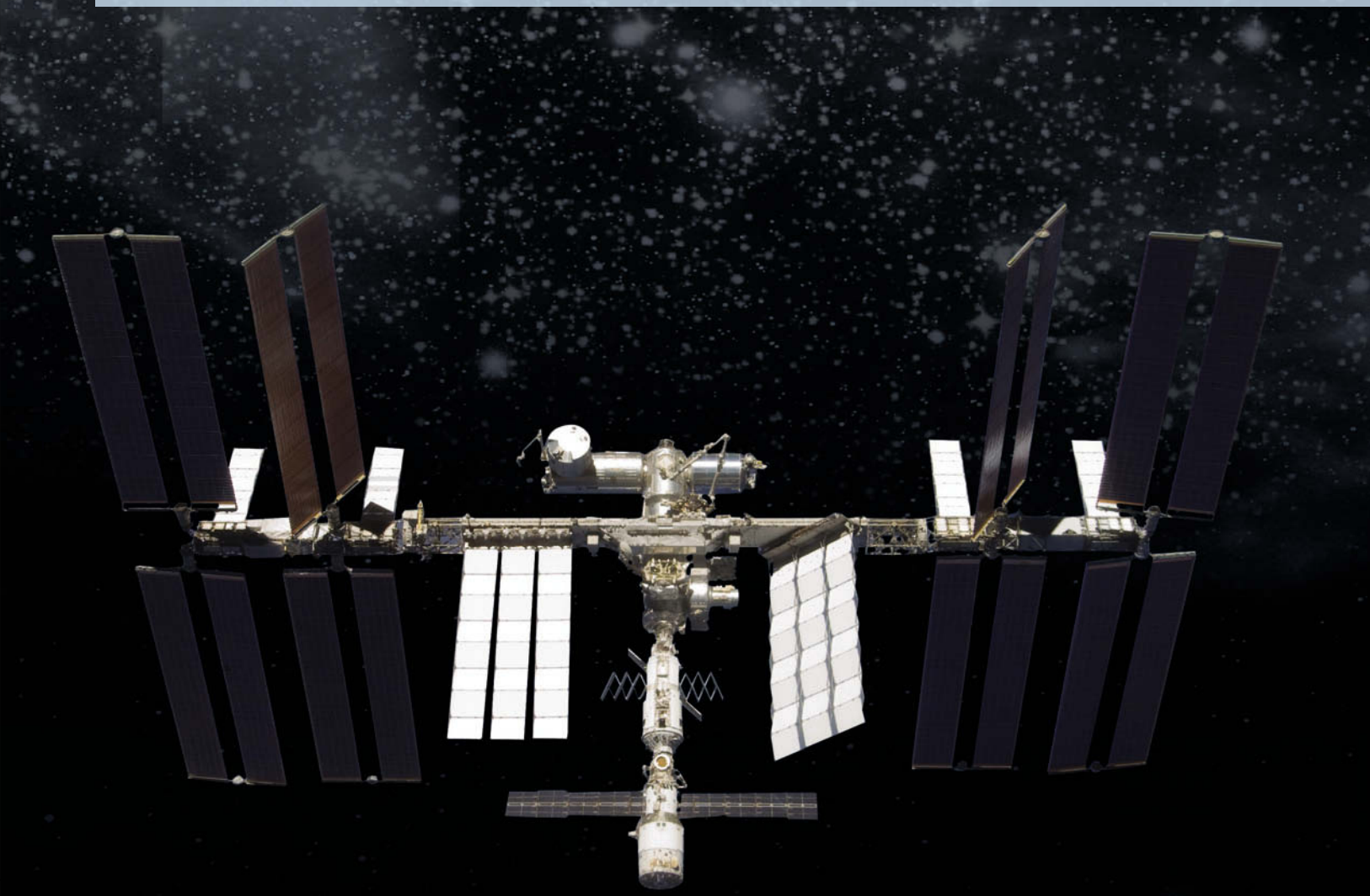
«Человеческий разум, как ни обогатился и ни развился за последние три тысячи лет, все еще воспринимал некоторые явления лишь с одной внешней их стороны и отказывался верить, что это неуклюжее сооружение способно почти мгновенно проткнуть пространство, вместо того чтобы покорно крутиться в нем, как и лучи света, в продолжение тысяч лет по разрешенным каналам его сложной структуры. Пользуясь своими магнитными гасителями инерции, „Темное Пламя“ продолжал набирать скорость такими же убийственными для прежних звездолетов прыжками, и связь с кораблем оборвалась».

И. Ефремов. Час быка

▾ Международная космическая станция

«Осевая часть Станции с выдвинутыми вперед причальными направляющими медленно плыла навстречу кораблю. В отличие от всего огромного колеса эта центральная его часть не вращалась или, если угодно, вращалась в обратную сторону со скоростью, точно равной скорости вращения колеса. Благодаря этому прибывающий корабль мог стыковаться с нею для обмена грузом и пассажирами, не подвергаясь вращению, весьма нежелательному при этой операции».

А. Кларк. 2001: Одиссея один



подготовки будущих межпланетных полетов, в частности экспедиции человека на Марс.

Самая первая из них была выведена на орбиту в апреле 1971 года, в канун десятилетнего юбилея первого космического полета, совершенного Юрием Гагариным. Это была советская орбитальная станция «Салют», в которой проверялась надежность архитектурных элементов последующего проекта «Мир».

В 1993 году российские и американские космические агентства подписали историческое соглашение о космическом сотрудничестве «Мир — Шаттл». Американская сторона согласилась профинансировать постройку орбитальных модулей «Мира» — «Спектра» и «Природы», а также обеспечить челночные грузопассажирские доставки. Договор также предусматривал разработку грандиозного интернационального проекта — Международной космической станции (МКС). Выполнение этого самого масштабного интернационального проекта исследования космического пространства началось в 1998 году и стало результатом беспримерного сотрудничества аэрокосмических ведомств России, США, Канады, Бразилии, Японии и Евросоюза. Сегодня эти планы воплотились в громадную четырехсоттонную космическую лабораторию, совершающую 16 оборотов в сутки на трехсоткилометровой высоте. Общие габариты МКС соответствуют размеру футбольноого поля, так что

ее вполне можно наблюдать на звездном небосклоне невооруженным глазом, а иногда станция предстает самым ярким небесным телом ночного неба после Луны.

На ней непрерывно работают сменные экипажи космонавтов, которые доставляют туда российские ракеты и американские челноки. Ученые надеются, что МКС успешно проработает на орбите как минимум до 2020-х годов.

Сегодня МКС — безусловный лидер в самых различных внеземных исследованиях — от микробиологии до космологии, на ней проводятся разнообразные научные эксперименты. Исследуется новое направление космической медицины и биологии, связанное с разработкой методов лечения, диагностики и жизнеобеспечения в условиях долговременной невесомости под воздействием различных факторов космического пространства и солнечной радиации. Проводятся опыты по изучению атмосферы и магнитосферы Земли, космических лучей, солнечного ветра, межпланетной плазмы — потоков заряженных частиц с «вмороженными» магнитными полями, в том числе астрономические исследования самой большой загадки Вселенной — темной материи и энергии.

Кроме громадного количества научной информации, приходящей из космических далей, МКС позволяет пристально наблюдать за глобальными изменениями земной атмосферы и поверхностью нашей планеты. Периодически космонавты МКС снимают поразительные фильмы под общим названием «16 часов из жизни Земли». На них видно, как на нашей планете возникают тайфуны, бушуют

▾ Земные гидроиспытания космического дома

МКС имеет модульную структуру: разные ее сегменты созданы усилиями стран — участниц проекта и имеют определенные функции (исследовательскую, жилую) или используются как хранилища. Некоторые из модулей выступают системообразующими перемычками и служат для стыковки с транспортными кораблями. Сегодня (2013 год) проводится доводка и запуск в эксплуатацию последних из 14 основных модулей общим объемом в тысячу кубометров, рассчитанных на работу 6–7 космонавтов.

▲ Лучший из миров

«Добро пожаловать на планету Земля — мир с голубыми азотными небесами, океанами жидкой воды, прохладными лесами и мягкими лугами, мир бьющей ключом жизни. По космическим меркам… это исключительно красивое и редкое место; более того, на сегодня оно просто уникально. Путешествуя через пространство и время, мы пока не встретили другого мира, где вещество космоса стало бы живым и наделенным сознанием. В просторах космоса должно быть разбросано много таких миров, но наш поиск начинается отсюда, и в его основу положены опыт и мудрость, которые за миллионы лет дорогой ценой накопило человечество».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

грозы с искрами молний, переливаются огни больших и малых городов, вьются разноцветные ленты полярных сияний.

Земля — третья от Солнца планета и пятая по массе — ничем не примечательна с астрономической точки зрения. Но на ней есть жизнь, достигшая разума, что делает ее уникальнейшей не только в галактике, но и во всей наблюдаемой Вселенной — Метагалактике. Кроме того, с нашей планетой связаны такие понятия, как «сфера жизни», определяющая условия существования белковых существ, и «астрономическая единица». Аналогично для измерения межзвездных расстояний астрономы выбрали еще одну удобную единицу — световой год как путь, проходимый за этот период лучем света.

Земная орбита похожа на слегка приплюснутый эллипс, поэтому Земля несколько ближе к Солнцу в начале января (147,1 млн км) и дальше всего в июне (152,1 млн км). При взгляде из космоса земную жизнь сквозь просветы в облаках заметить невозможно. Хорошо видны только материки и занимающие две трети поверхности океаны.

Как и многие планеты, Земля окутана атмосферой, состоящей из различных газов (главными являются азот, кислород и углекислый газ). Атмосфера образует воздушный океан, на дне которого и существует человечество при давлении в 1 атм.

Земная атмосфера скрывает от нас истинный вид бархатно-черного космического пространства с яркими, немигающими звездами. С земной поверхности небосвод днем кажется голубым, поскольку воздух рассеивает солнечные лучи, а ночью из-за воздушных течений многие звезды, особенно расположенные близко к горизонту, мерцают, переливаясь всеми цветами радуги. Это явление мешает астрономическим наблюдениям, поэтому самые мощные телескопы располагают на большой высоте в высокогорных обсерваториях. Ведь земная атмосфера поглощает большую часть электромагнитного излучения (в том числе видимого света) из мирового пространства, смещая наблюдаемые небесные тела и заставляя мерцать их изображения в воздушных потоках.

В то же время атмосфера — надежный щит, оберегающий земную жизнь от губительных потоков солнечной радиации — рентгеновского излучения. Поэтому биологи считают, что в отсутствие достаточно мощной атмосферы на Земле не только не возник бы разум, но и сама жизнь была бы представлена в лучшем случае совершенно примитивными организмами.

Кроме жесткого излучения Солнца атмосфера защищает и от метеоритов, сгорающих звездными дождями при встрече с Землей. Трудно поверить, но за сутки над нашей головой вспыхивает порядка 75 млн падающих звезд. Несколько раз в году планета на своем пути сталкивается с целыми потоками метеоров. И тогда рой космических частиц вызывает тысячи падающих звезд, сливающихся в красивейшее природное явление — звездопад. Звездные дожди чаще всего возникают при встрече Земли с кометным роем, оставшимся от рассеявшегося вещества какой-либо кометы.

▲ Над голубым простором

«Геохимия так объясняет возникновение воздушного океана нашей планеты. После „слипания“ Земли из холодных частичек за счет распада радиоактивных элементов в недрах Земли возникали горячие зоны — очаги проплавления. В таких очагах происходило разделение веществ: тугоплавкая фракция оставалась на месте, а легкоплавкая фракция — как пена на варенье — медленно поднималась вверх. Такой процесс неизбежно должен был сопровождаться постепенным перемещением очага проплавления по направлению от центра Земли к поверхности, причем все время происходило расслоение тугоплавкой и легкоплавкой фракций вещества Земли. Одновременно с этим на поверхность Земли из горных пород вытеснялись газы и вода. В итоге возникли две окружающие земной шар оболочки — водная и газовая: Мировой океан и атмосфера».

А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба

▾ Падающие звезды (метеоры)

«Потрите ладони одну о другую, и вы почувствуете, как от трения они нагреваются. Сталкивающиеся с Землей частицы с огромной скоростью врываются в атмосферу, от трения молниеносно накаляются, вспыхивают и сгорают. А людям кажется, что с неба в эту минуту падает неудержавшаяся звезда. Падающая звезда — след от сгоревших в атмосфере камешка или крохотной пылинки — называется в астрономии метеором».

А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба

Многие метеоры все же преодолевают броню атмосферного щита и достигают земной поверхности. Этих космических гостей называют метеоритами. Вес таких сильно оплавленных камней (чаще всего встречаются именно каменные образцы) колеблется от нескольких граммов до десятков тысяч килограммов. Они практически не наносят планете вреда, однако общая их масса за сутки может достигать 5–6 т, а за год около 2 тыс. т.

Астрономы, изучающие состав иных планет, — планетологи — ценят каждый из этих небесных камней, поскольку получают редчайшую возможность досконально изучить состав и физико-химические свойства планетарного вещества. Как это ни парадоксально звучит, но исследования дальних планетных тел позволяют лучше понять состав и строение земных недр. Дело в том, что геологи до сих пор не преодолели в сверхглубоком бурении земную кору и только предположительно построили модель нашей планеты. Есть также теория, что в самом центре Земли расположено насыщенное железом ядро в окружении расплавленной мантии. Самая верхняя часть тонкого слоя затвердевшей мантии и называется земной корой, по составу это вытесненная наружу легкоплавкая фракция земного вещества.

Таким образом, изучение метеоритного вещества во многом помогает понять прошлое и будущее нашей планеты, ведь некоторые метеоры были выбиты из недр других планет в результате космических катастроф и несут в себе вещество, которое не скоро попадет в руки геологов. Кроме того, и другие методы изучения иных планет могут быть ценны для геологов и геофизиков. К примеру, до сих пор не все ясно с механизмом возникновения магнитного поля Земли и его влиянием на поверхностные процессы. Поэтому изучение инопланетных магнитосфер может много рассказать о геофизике нашей планеты.

Конечно же, подобные комплексные исследования, в которых принимают участие и планетологи, и магнитофизики, и геофизики, и метеорологи, имеют не только чисто научный интерес. Ведь нет ничего важнее, чем составить посредством астрономических данных такую модель Земли, с помощью которой можно было бы не только изучать, но и предсказывать геологические катаклизмы (землетрясения, извержения вулканов и цунами). Кроме того, многие научные выводы, касающиеся общих черт строения Земли, чрезвычайно важны для поиска в ее недрах полезных ископаемых, что приобретает особый смысл в преддверии неумолимо надвигающегося энергетического кризиса.

Казалось бы, самая далекая от земных проблем наука — астрономия — не только помогает лучше узнать нашу собственную планету, но и дает надежду на преодоление грядущих кризисов развития человеческой цивилизации.

▲ Поверхность Земли

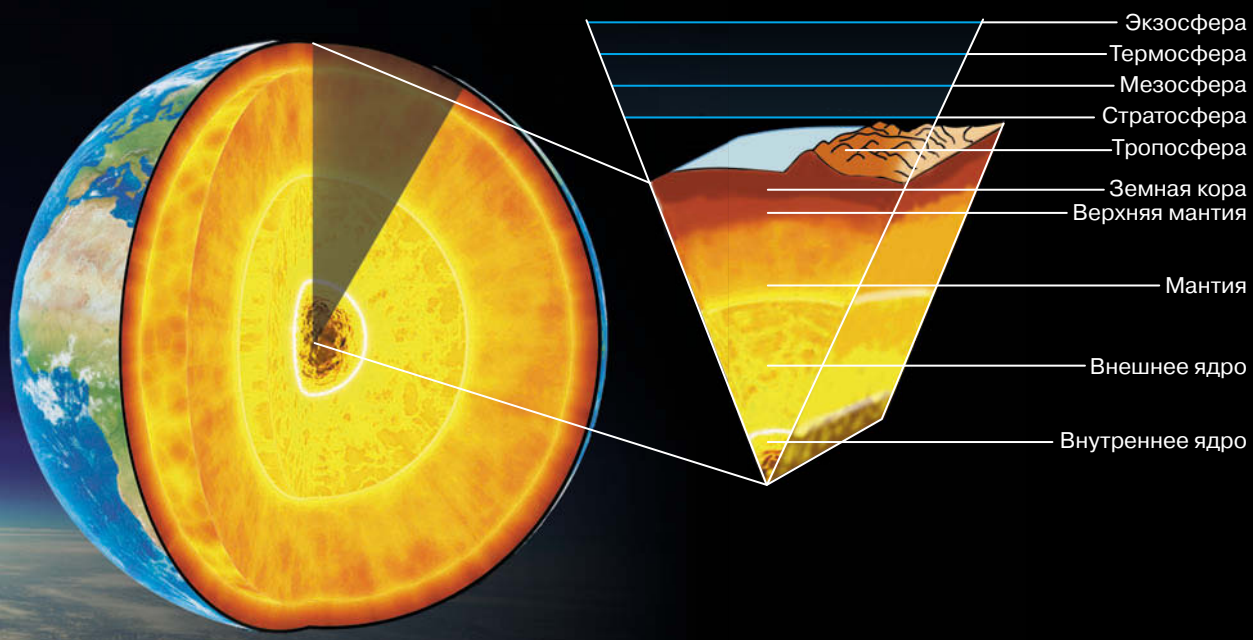
«Поверхность Земли — это берег космического океана. Почти все наши знания мы получили, не покидая его. Совсем недавно мы вступили в море, зашли по щиколотку, самое большее — по колено. Вода манит. Океан зовет нас. Какая-то часть нашего существа знает, что мы пришли оттуда. Нас тянет вернуться. Эта тяга, я думаю, не таит в себе ничего кощунственного, хотя и способна потревожить всех богов, какие только могут существовать».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

▾ Строение внутренних слоев земного шара
(по данным сейсмологического и геофизического зондирования)

«Мы судим о глубинном состоянии Земли по косвенным признакам, например по характеру распространения сейсмических волн при землетрясениях. Переходя из слоя одной плотности в слой другой плотности, сейсмические волны изменяют направление и скорость распространения. Регистрируемые чувствительными сейсмометрами землетрясения, подобно фонарю, на короткие мгновения как бы освещают для нас внутренние части Земли».

А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба



ЭТО ИНТЕРЕСНО

Сегодня мы знаем, что ось вращения Земли расположена приблизительно под углом 66° к эклиптике — плоскости движения нашей планеты вокруг Солнца, Для многих практических задач угол наклона земной оси не имеет особого значения, и им просто пренебрегают, считая, что ось вращения Земли перемещается параллельно самой себе. Но в ряде случаев, и особенно в наблюдательной астрономии, очень важно знать, что ось вращения Земли, которая видима нам как ось мира (вокруг нее вращаются все созвездия), описывает на небесной сфере некую окружность — прецессию (полный оборот ее составляет 26 тыс. лет).

Именно поэтому наши далекие предки видели совсем иные очертания созвездий. Если в ближайшее столетие Северный полюс мира будет находиться в области Полярной звезды, то впоследствии он начнет удаляться от нее и название «Полярная» полностью утратит свой смысл. А уже через 12 тыс. лет полюс мира переместится в созвездие Лиры — и место Полярной звезды займет ярчайшая звезда Северного полушария Веге.

Явление прецессии обнаружил еще Гиппарх, который сравнил современное ему положение звезд с древними звездными каталогами. Кроме прецессии наблюдаются еще и малые колебания земной оси вращения, называемые нутациями. Изучение нутаций позволяет геофизикам моделировать внутреннее строение Земли, поскольку плотность земного шара неоднородна.

Глава 2
Ночное светило

«Когда небольшой ледяной обломок сталкивается с планетой или спутником, он не оставляет на поверхности крупных рубцов. Но если падающий объект относительно велик или состоит преимущественно из камня, то при столкновении происходит взрыв, после которого на поверхности возникает полусферическая воронка, называемая ударным кратером. При отсутствии процессов, стирающих или заносящих такие кратеры, они могут сохраняться миллиарды лет».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

Наше ночное светило — Луну — можно назвать гигантским зеркалом, отражающим на земную поверхность потоки солнечных лучей. Все мы прекрасно знаем, как меняется лунный облик от узенького серпика новолуния до полного диска полнолуния, — и связано это, конечно, с изменением положения самой Луны, Земли и Солнца на протяжении лунного месяца, в течение которого наш естественный спутник делает полный оборот вокруг Земли.

▲ Вечная спутница нашей планеты — Луна

«На Луне практически нет эрозии, и поэтому мы видим, что ударных кратеров на ней гораздо больше, чем можно было бы ожидать, судя по немногочисленным остаткам кометно-астероидного населения, заполняющим в наши дни внутреннюю часть Солнечной системы. Лунная поверхность красноречиво свидетельствует об эпохе разрушения миров, закончившейся миллиарды лет назад».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

▾ Фазы Луны

«Луна „светит“ точно так же, как освещенный высотный дом, — отраженным светом. Когда Луна находится между Солнцем и Землей, то сторона ее, повернутая к Земле, совсем не освещена. Поэтому увидеть ее на небе нельзя. Такой момент называется новолунием.
Постепенно Луна отходит в сторону от этого положения. Мы начинаем смотреть на нее как бы сбоку. И она кажется нам узким серпиком. День за днем серпик растет, становится горбушкой, и, наконец, на небе сияет полная Луна. К этому времени она успела сделать ровно пол-оборота, и теперь уже Земля располагается между Солнцем и Луной. Повернутая к Земле сторона Луны сейчас полностью освещена. Потом полная Луна начинает идти на убыль и снова наступает новолуние».

А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба

Лунный месяц длится 29,5 суток, что легло в основу многочисленных лунных календарей.

Диаметр нашего ночного светила в четыре раза меньше земного. Соответственно, меньше на поверхности Луны и сила тяжести, так что вес любого человека сократился бы где-то в шесть раз. Кадры хроники посещения Луны американскими экспедициями показывают, как изменяется походка космонавта — он перемещается небольшими скачками в безвоздушном лунном пространстве.

При наблюдении за поверхностью Луны даже невооруженным глазом видно, что ночное светило всегда повернуто к нам одной и той же стороной. Этому есть простое астрономическое объяснение: период обращения вокруг Земли в точности совпадает с длительностью лунных суток.

Впрочем, планетологи, исследующие Луну (их называют селенологами — от ее греч. названия Селена), считают, что в далеком прошлом наш спутник вращался намного быстрее, да и располагался, скорее всего, ближе. По расчетам это должно было бы вызывать сильные приливные явления в виде многометровых волн и землетрясений. Сегодня Луна также вызывает морские приливы и отливы, причем и твердая земная поверхность «дышит» в ее поле притяжения, циклически плавно приподнимаясь и опускаясь на 10–20 см.

▲ Полное солнечное затмение

«Луна — ближайшее к Земле небесное тело. Она удалена от Земли в среднем всего на 380 тыс. км. Видимые на небе угловые размеры Луны поэтому такие же, как и у гигантского Солнца, которое несравненно больше Луны, но во столько же раз дальше. Это обстоятельство позволяет нам время от времени наблюдать солнечные затмения. Они случаются тогда, когда Луна в новолунии оказывается точно на одной прямой — не выше и не ниже — между Солнцем и Землей. Луна во время полного затмения целиком загораживает Солнце. Среди дня наступает „ночь“, и на небе зажигаются звезды».

А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба

▾ Полное лунное затмение

Когда же Луна в полнолунии оказывается точно на продолжении прямой, соединяющей Солнце и Землю, ее закрывает тень Земли. В этом случае мы наблюдаем лунное затмение. Край тени Земли на Луне всегда круглый. Именно это послужило одним из важных доказательств шарообразности Земли. Только шар может из любых положений отбрасывать тень с круглым краем.

Поскольку в механике действие равно противодействию, то и на Луне должны наблюдаться приливные явления. Их сила во много раз превышает земные аналоги, и когда-то приливные волны могли полностью затормозить ее вращение. Поскольку масса Земли в 81 раз превышает массу Луны, то и лунные приливы довольно быстро по геологическим меркам должны были бы развернуть наш спутник одной стороной к планете.

Первые изображения лунной поверхности дошли до нас еще из «дотелескопической эпохи» — были выполнены астрономами с особенно сильным зрением. Уже на них можно заметить пятна морей, цирки и яркие «лучи» в нижней части диска. Однако настоящее изучение деталей лунной поверхности началось только после изобретения телескопа. Так, первый лунный атлас прорисовал в 1609–1610 годах один из создателей телескопа собственной конструкции Галилей.

Несколько позже знаменитый польский астроном Ян Гевелий дал названия лунным горам в честь земных хребтов Кавказа, Апеннин и Альп, а итальянский наблюдатель Джованни Риччиоли придумал имена для наиболее крупных цирков и кратеров.

▸ Лунная поверхность

«…Ни сумрака, ни воздуха, ни вод.
Лишь острый блеск гранитов, сланцев, шпатов.
Ни шлейфы зорь, ни веера закатов
Не озаряют черный небосвод,
…И страшный шрам на кряже Лунных Альп
Оставила небесная секира. Ты, как Земля,
с которой сорван скальп,
Лик Ужаса в бесстрастности эфира!..»

М. Волошин. Lunaria

Имена древних мыслителей во главе с Платоном Риччиоли разместил в северной части лунного диска, а средневековых вместе со своими современниками — в южном полушарии. Будучи иезуитом, Риччиоли крайне предвзято и субъективно подходил к отбору ученых, имена которых он присваивал лунным образованиям, подчеркивая при этом, что считает себя противником гелиоцентрической системы. Между тем для последователей учения Коперника у астронома-иезуита нашлись лишь небольшие кратеры, так что даже кратер великого Галилея оказался на самом краю лунного диска.

После работ Гевелия и Риччиоли за темными областями лунной поверхности прочно закрепилось название морей и на лунных атласах появились Океан Бурь (Oceanus Procellarum), Море Дождей (Mare Imbrium), Море Облаков (Mare Nubium) и Море Спокойствия (Mare Tranquillitatis). Светлые участки Луны были названы материками.

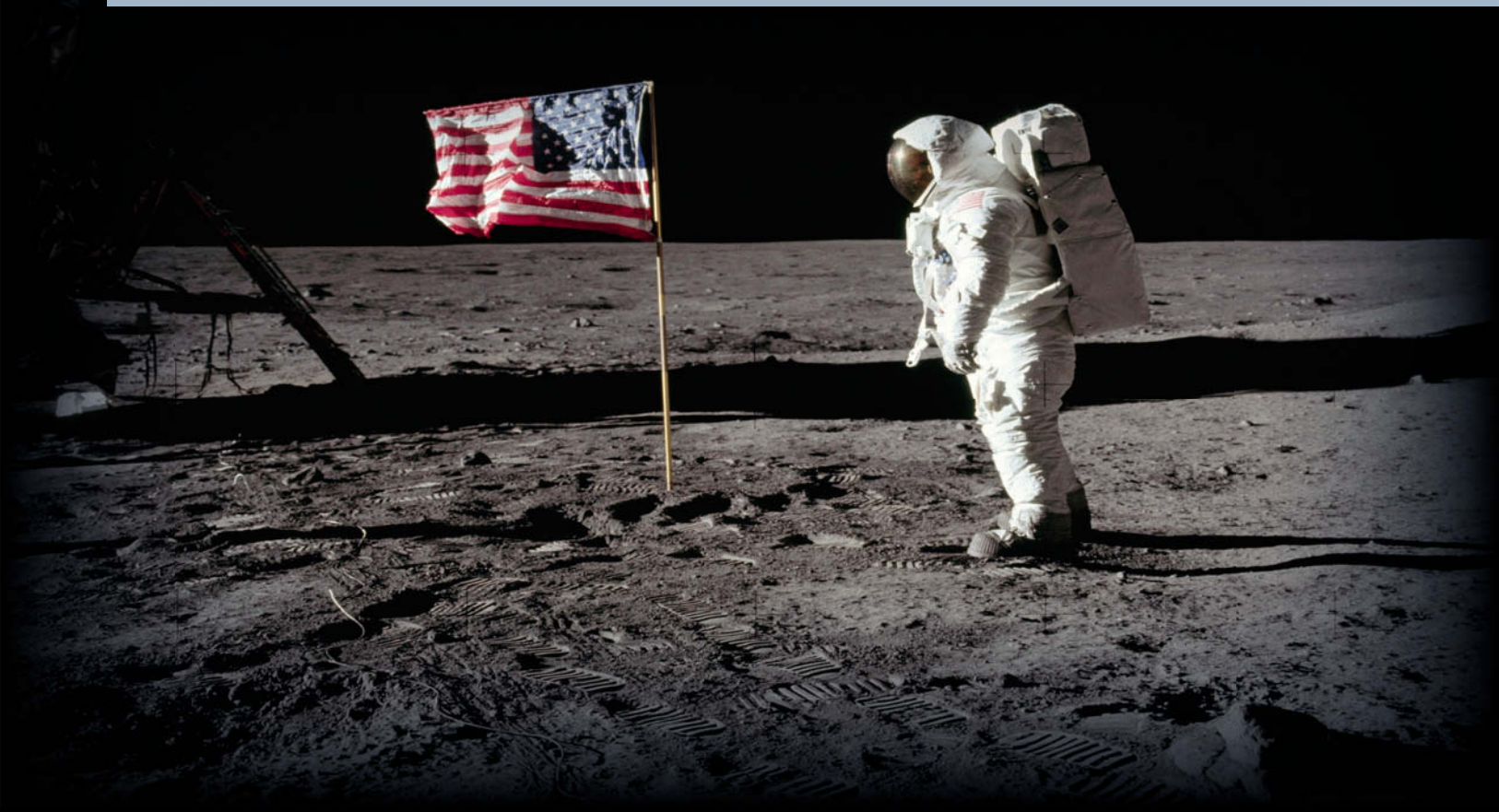
Сегодня мы прекрасно знаем, что в лунных океанах, морях и болотах нет ни капли влаги и сами по себе они представляют обширные лавовые поля, возникшие на месте низменностей после извержения древних вулканов. Иногда среди лунных «водоемов» можно заметить гребни кольцевых валов, представляющих собой остатки кратеров, залитых потоками лавы.

Очевидно, что лунная поверхность в условиях отсутствия ат-

▲ Карта лунной поверхности с латинскими названиями Гевелия и Риччиоли

▾ Первый человек на Луне

16 июля 1969 года стартовал «Аполлон-11». 20 июля в 20 ч 17 мин 42 с по Гринвичу лунный модуль прилунился в Море Спокойствия. Нейл Армстронг спустился на поверхность Луны 21 июля в 2 ч 56 мин 20 с по Гринвичу, совершив первую в истории человечества высадку на Луну. Ступив на поверхность, он произнес: «Это один маленький шаг для человека, но гигантский скачок для всего человечества». В ходе этой экспедиции собрано 21,7 кг лунных пород. Астронавты вернулись на Землю 24 июля.



мосферы прекрасно сохранила основные черты своего древнего рельефа, лишь слегка «подправленного» дождями метеоритов (в основном микроскопического размера) и порывами солнечного ветра.

Между тем, несмотря на впечатляющее развитие телескопной техники, еще в начале прошлого века бытовало мнение, что на Луне вполне возможна жизнь, которая следует фазам освещения поверхности. Наиболее четко это выразил выдающийся английский писатель-фантаст Герберт Уэллс — во время написания своего романа «Первые люди на Луне» он даже консультировался с известными астрономами.

Кроме полемики о жизни на Луне многие астрономы бурно спорили и о том, что же определило современный облик поверхности спутника: древняя сейсмическая и вулканическая деятельность или удары гигантских метеоритов. Сегодня победила компромиссная точка зрения, согласно которой и сейсмическая активность, порожденная приливными эффектами, и удары метеоритов практически в равной степени сформировали лунный ландшафт.

▴ След астронавта

«Море Жажды заполнено не водой, а пылью. Вот почему оно кажется людям таким необычным, так привлекает и завораживает. Мелкая, как тальк, суше, чем прокаленные пески Сахары, лунная пыль ведет себя в здешнем вакууме словно самая текучая жидкость. Урони тяжелый предмет, он тотчас исчезнет — ни следа, ни всплеска…»

А. Кларк. Лунная пыль

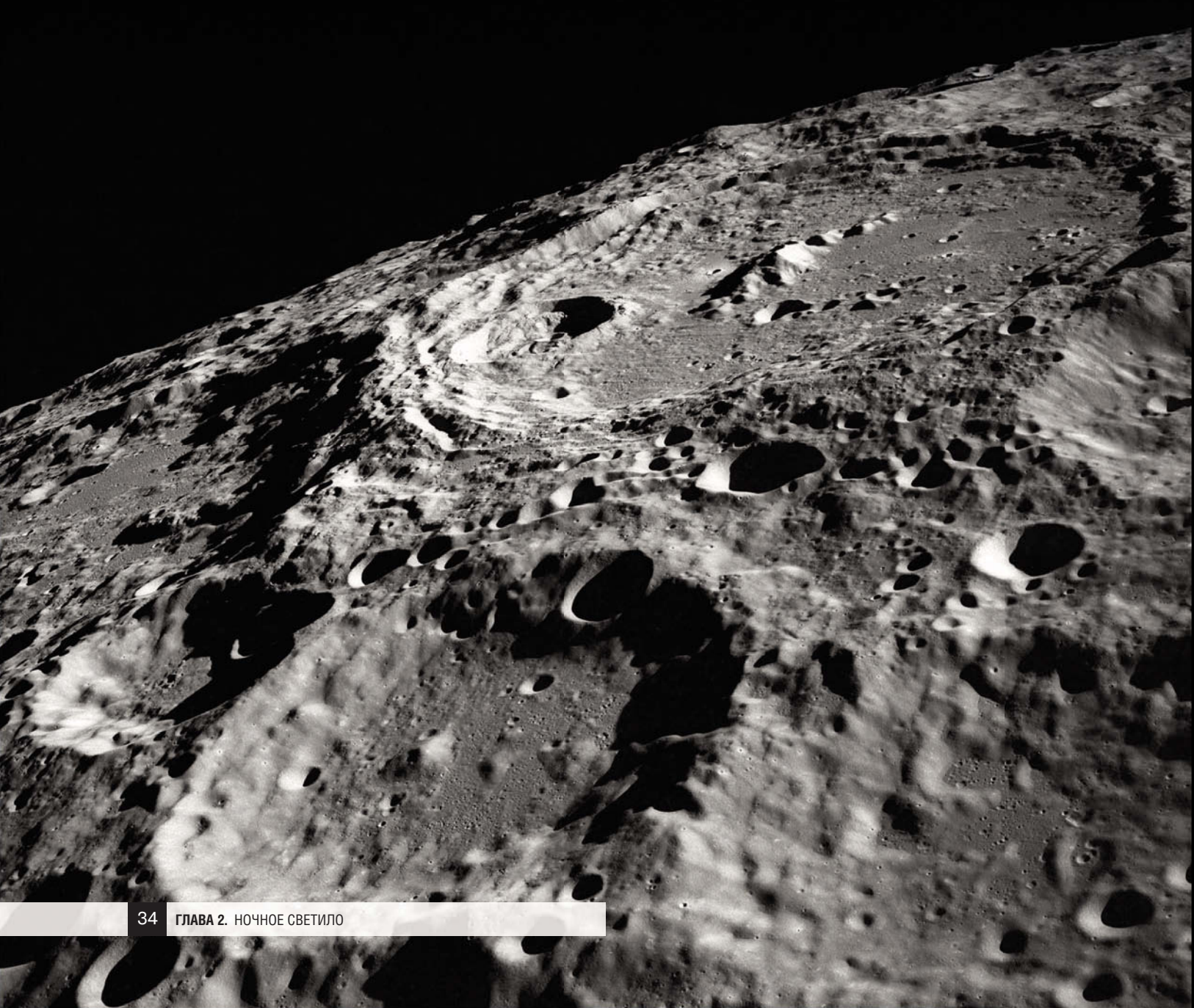
▾ Лунный ландшафт

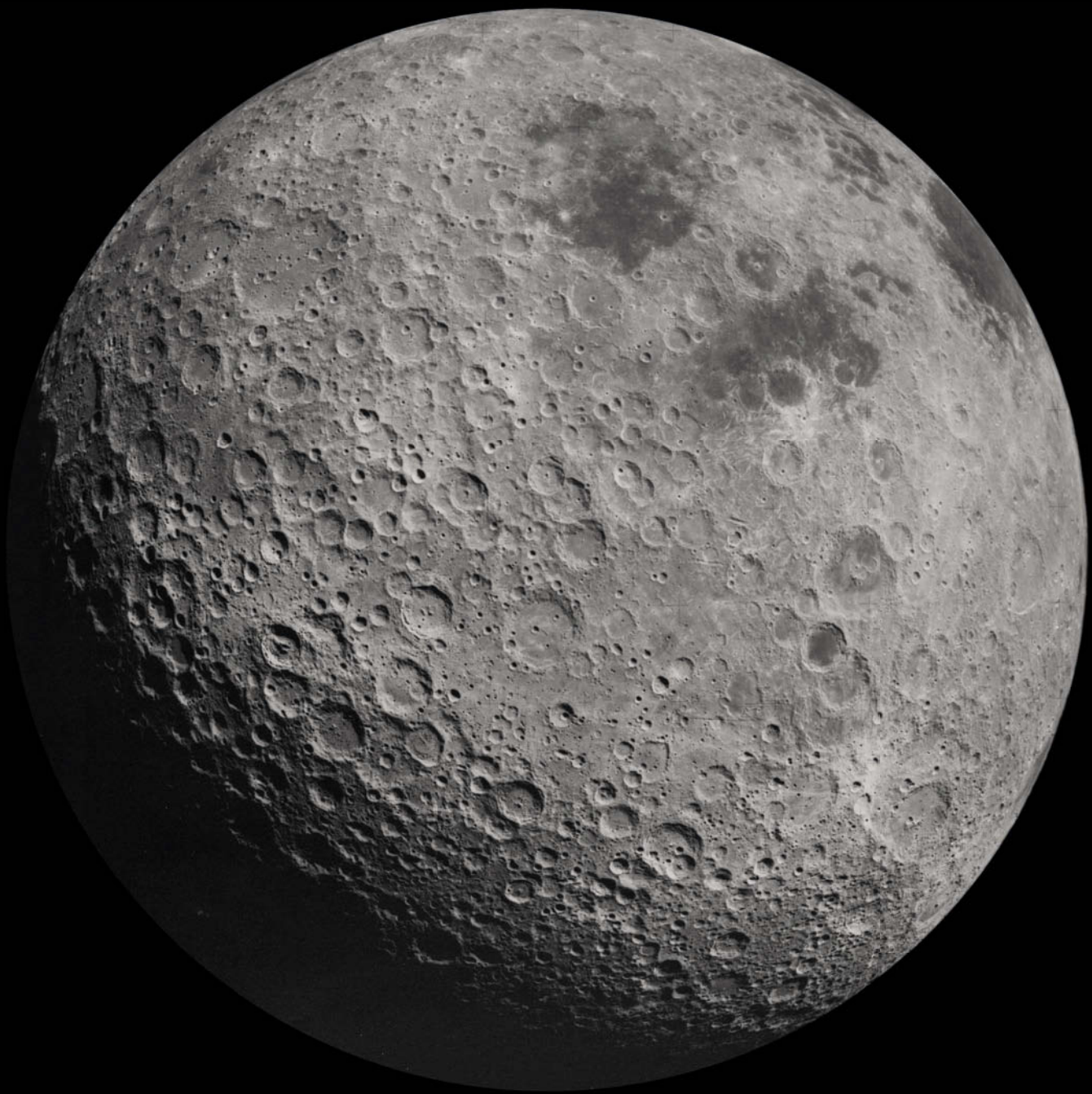
«Одни утверждали, что поверхность Луны свежая, ничем не измененная, сложенная теми же вулканическими горными породами, которые залегают в недрах Луны. Лунный ландшафт, по мнению сторонников подобных взглядов, представлял собой хаотическое нагромождение утесов и скал, чередующихся с трещинами и провалами.

Другие напоминали об огромной роли метеоритов и микрометеоритов. Со скоростями в десятки километров в секунду врезаются они в Луну, непрерывно перерабатывая, разрыхляя ее поверхность. На поверхности Луны лежит толстый слой пыли — такой вывод делали эти ученые. И приводили в доказательство многие известные факты».

А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба

Долгое время шла дискуссия о так называемой лунной пыли. Эту субстанцию представляли и текучей, и сверхтекучей, и комковато-липкой. Некоторые астрономы вообще считали, что основу лунной поверхности составляет некая, ноздреватая спекшаяся под солнечными лучами корка, достаточно прочная, чтобы выдержать вес космического аппарата и космонавтов. Действительность, как часто бывает, оказалась несколько иной, чем кабинетные гипотезы. В самом деле, поверхность Луны покрывает слой пыли толщиной в несколько сантиметров, но никакими особыми качествами данная субстанция не обладает, скорее напоминает по механическим характеристикам цемент грубого помола.

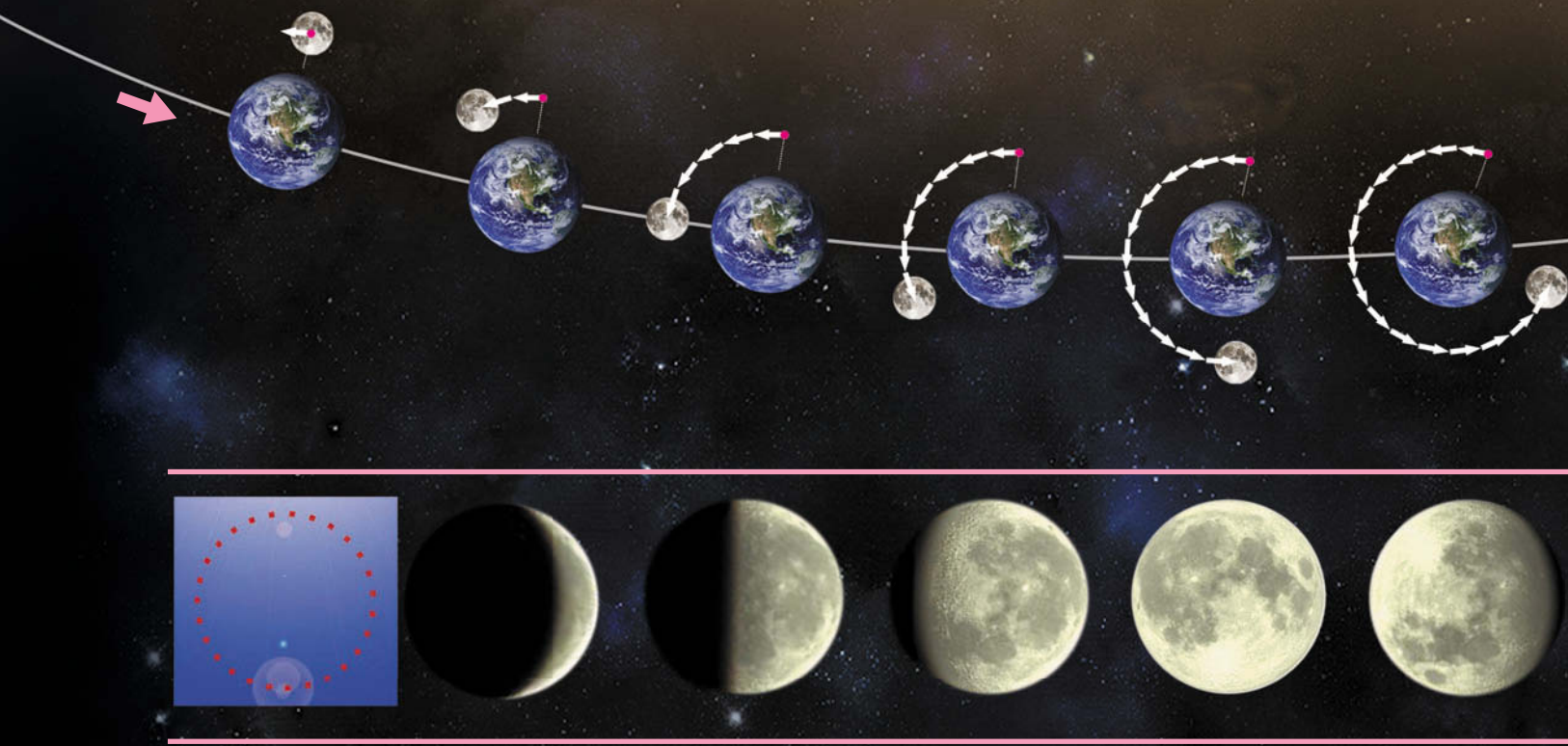




▲ Обратная сторона Луны

Материалы фотографирования обратной стороны Луны 1965 года дали советским ученым возможность вновь, так же как и после полета «Луны-3», внести в Международный астрономический союз предложения относительно наименований деталей лунного рельефа, выявленных на невидимом полушарии. XIV Генеральная ассамблея Международного астрономического союза, состоявшаяся в августе 1970 года в Англии, утвердила список вновь принятых названий более чем 500 объектов. Среди деятелей мировой науки и техники в новых названиях увековечены имена Аль-Бируни, С. В. Ковалевской, Н. Е. Жуковского, П. Л. Чебышева, Э. Галуа, Н. Винера, Р. Коха, Г. Менделя, Н. И. Кибальчича, С. П. Королева, Ю. А. Гагарина.

▾ Фазы Луны — лунации



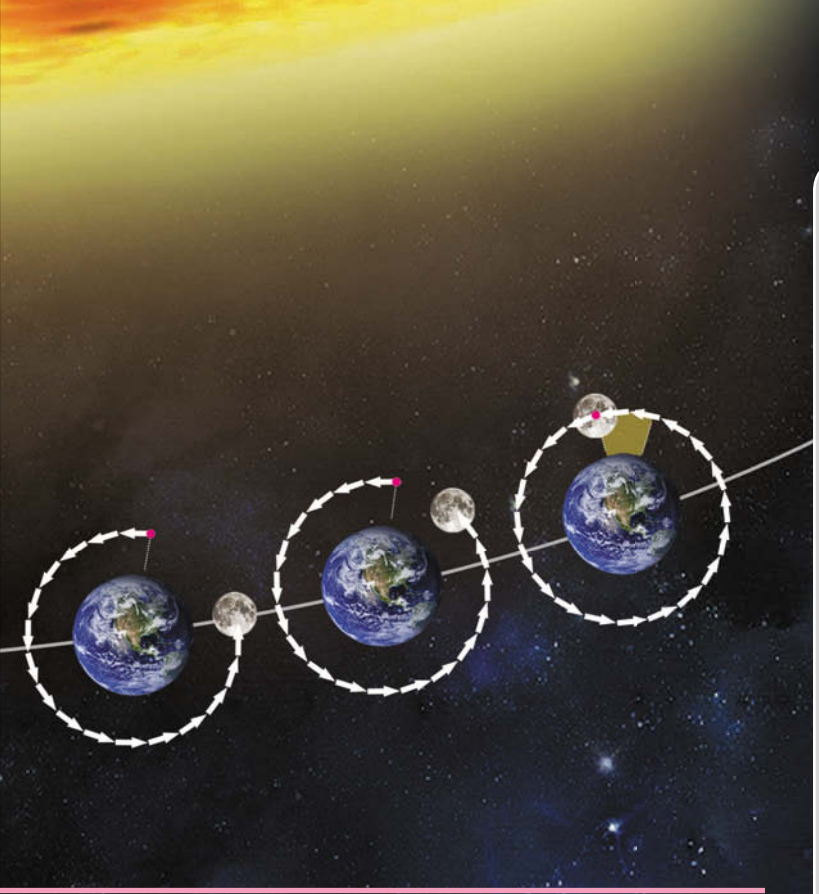
Новолуние | Первая четверть | Полнолуние

Надо отметить, что уже в середине прошлого века к деталям лунного рельефа добавились еще одни образования, которые открыли советские астрономы. Они представляют собой обширные впадины в сотни километров со всхолмленным дном, усеянным мелкими и средними кратерами довольно светлой окраски, сливающимися с окружающими материками. Названы были эти несколько необычные формы рельефа талассоидами, что в переводе с древнегреческого означает «морепободобные образования».

Талассоиды были открыты на обратной стороне Луны и, как впоследствии выяснилось, представляют собой «пустые моря», то есть не заполненные лавовыми потоками. В принципе, это и понятно, ведь последствия вулканической деятельности должны были бы наиболее ярко проявиться во времена «каменных приливов» на стороне Луны, обращенной к Земле.

Еще одна причина существенного отличия видимой и обратной сторон Луны может быть связана с затмениями. Дело в том, что во время затмений на границах стремительно летящей тени Земли возникают перепады температур в 200 °С. Это могло приводить к растрескиванию горных пород, вызывая в прошлом извержения лавы под действием тех же приливных сил. Сегодня ничего подобного не наблюдается, но память о прошлом Луны осталась в рельефе ее поверхности.

После первых крупных успехов пилотируемой космонавтики (полетов миссии «Аполлон» на Луну) многие специалисты считали, что уже через несколько лет, может быть, десятков лет, на нашем спутнике можно будет возвести базы, оранжереи и космодромы для старта к дальним небесным телам. Однако прошло уже более полстолетия, но никаких ближайших планов покорения Луны ведущие космические державы не строят. Все сводится к декларациям, предполагающим возобновление экспедиций в конце первой четверти текущего столетия, а настоящие лунные города должны вырасти никак не ранее середины нашего века. С чем же связаны подобные отсрочки в оборудовании первого форпоста в освоении космоса? Причин много: это и трудности материально-технического снабжения, и суровая радиационная обстановка, и отсутствие природных укрытий от микрометеоритов и радиации, и недостаток сырья для выработки основных расходных материалов — воздуха и воды.



Последняя четверть

Новолуние

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Первые шаги по освоению лунной поверхности планируется сделать уже в ближайшие десятилетия. Для начала сразу несколько интернациональных и национальных проектов хотят развернуть лунные базы, которые в дальнейшем позволили бы не только проводить исследования космического пространства, но и смогли бы служить перевалочными пунктами для экспедиций, отправляющихся в разные концы Солнечной системы.

Несколько необычный проект лунной колонизации был недавно предложен японскими специалистами. В нем предполагается начать в несколько этапов сооружения лунной станции на Южном полюсе. Главным аргументом столь необычной дислокации базы служит достаточная солнечная освещенность для оптимальной работы солнечных батарей. В то же время японские и не только селенологи считают, что именно в полярных и приполярных областях могут быть сосредоточены обширные залежи полезных ископаемых, включая руды, из которых можно будет выделить воду и кислород.

▾ Проект лунной базы

Глава 3
Полет вокруг Солнца

«Наше Солнце никогда бы не стало таким, если бы не взрыв, не смерть других солнц. Не было бы и нашей Земли в теперешнем ее виде. Не было бы ни нас, ни наших братьев по жизни — других жизненных форм, чтобы наслаждаться нашей планетой, нашим Солнцем, а в нас, людях (включая читателей этой книги), не было бы ощущения чуда, возникающего всякий раз, когда мы вглядываемся в усыпанный звездами ночной небосвод».

А. Азимов. Взрывающиеся солнца

▲ На пути к светилу

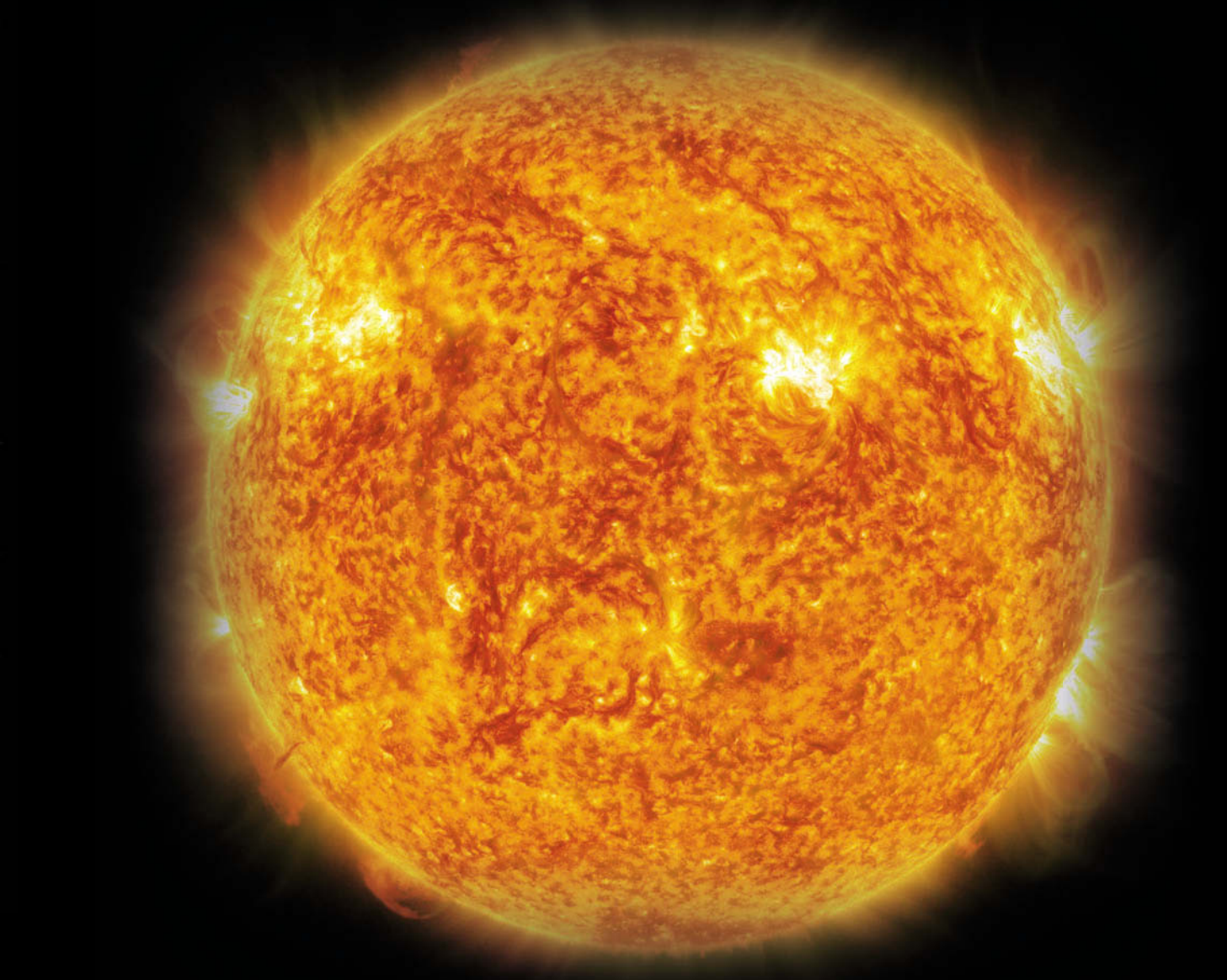
Солнце — это огромный газовый шар, в центре которого идут ядерные реакции. Основная доля массы Солнечной системы сосредоточена в нашем светиле (99,8 %). Именно поэтому наша звезда удерживает притяжением все объекты Солнечной системы, размеры которой составляют более 60 млрд км. Солнце активно сжигает свое топливо — водород — уже около 5 млрд лет, и его запасов хватит еще на такой же срок. Чем массивнее звезда, тем быстрее сжигает она свое топливо и тем короче время ее жизни. Самые крупные звезды сгорают за «какие-то» десятки миллионов лет, а самые мелкие могут существовать сотни миллиардов лет. Наше же светило занимает устойчивую среднюю позицию.

Так уж устроена наша Солнечная система, что для полета с Земли на все ее планеты надо будет проделать своеобразный гравитационный маневр вокруг Солнца. При этом чудовищное притяжение светила подхватит пушинку космического аппарата и «гравитационной пращей» запустит его прочь. Ну а сам по себе этот пролет вокруг океана бушующей солнечной плазмы позволит больше узнать о самом важном для человечества объекте во Вселенной, давшем старт разумной жизни, — звезде по имени Солнце.

Уже с земной орбиты заметно, как поверхность Солнца извергает колоссальные потоки ионизированных частиц солнечного ветра, образующие гигантские языки космической плазмы, хорошо заметные в любой точке Солнечной системы.

Что же представляет собой наша дневная звезда на фоне бесчисленных светил, окружающих нашу планету?

Подавляющее большинство природных явлений на Земле так или иначе связано с солнечной энергией. Ну и конечно же, Солнце — источник жизни на нашей планете. Эту роль светила человек осознавал еще в глубокой древности, ощущая огромное значение дневного света и тепла в своей жизни. Первобытные люди воспринимали Солнце как могущественное сверхъестественное существо — оно обожествлялось практически всеми древнейшими народами (к примеру, наши славянские предки поклонялись солнцеликому богу Яриле, древние греки — божественному Гелиосу, римляне почитали блистающего солнечным жаром Аполлона). Фараоны, императоры, цари и князья, возвеличивая свою «божественную» власть, всячески старались внушить простолюдинам, что ведут свой род от самого солнечного божества и наследуют его всесокрушающую силу. Страшным бедствием — напоминанием о грядущем

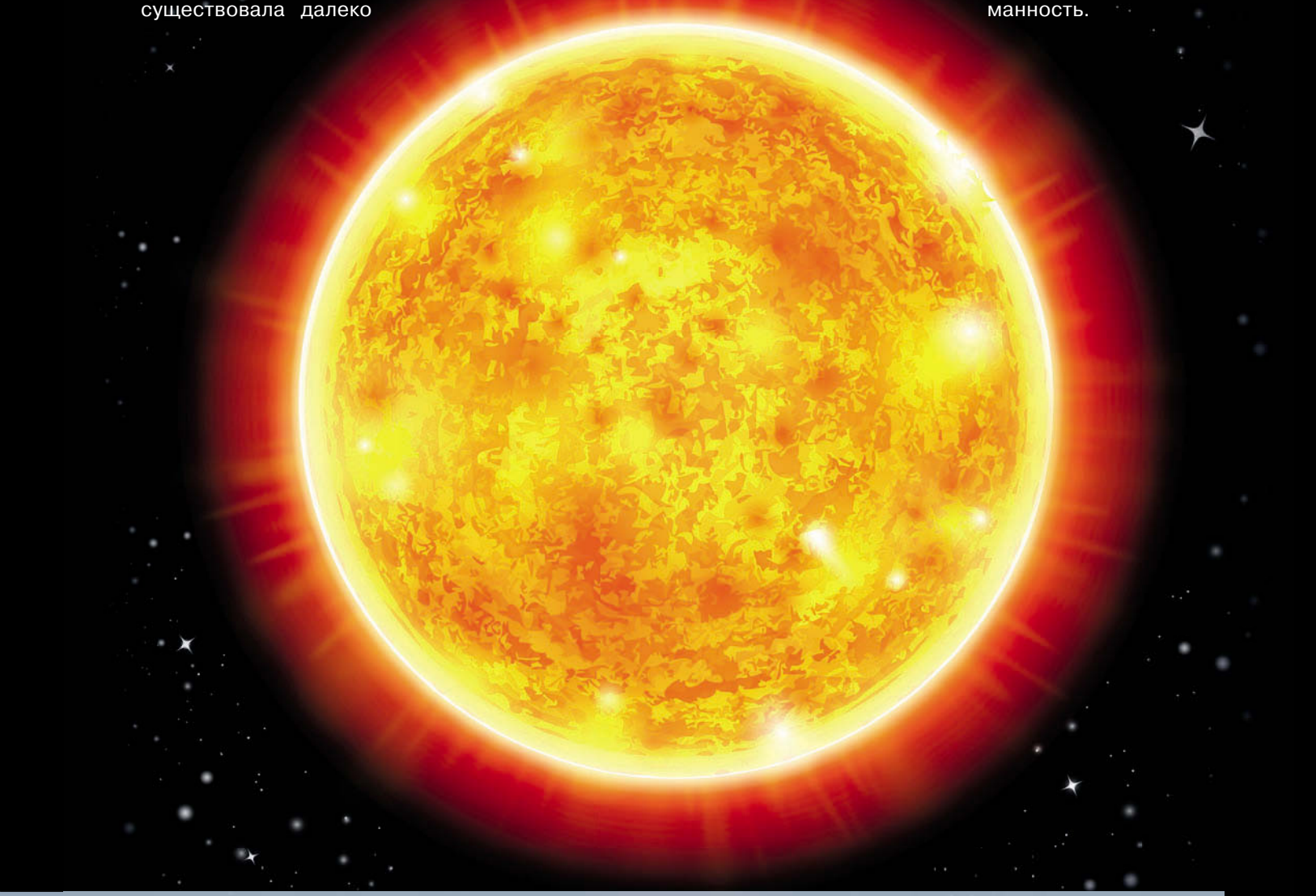


▲ Звезда по имени Солнце

конце света — воспринимались в древнем мире солнечные затмения, когда видимые диски Луны и Солнца кратковременно совпадали на своих космических орбитах.

Не забыли приспособить к своим нуждам наше светило и церковные мракобесы, пересматривая в свою пользу различные религиозные обряды и связанные с ними верования, принадлежащие древнейшим солнечным культам. Так, мрачная порабощающая душу и разум христианская религия сохранила до наших дней светлое языческое празднование Пасхи, которое всегда было связано с весенним возрождением природы под живительными солнечными лучами.

Сегодня мы достоверно знаем, что наша звезда существовала далеко не всегда, а родилась из газопылевой туманности где-то 4,5 млрд лет назад. Именно тогда в гигантском холодном шаре закипели мощные ядерные процессы, которые сегодня уже исчерпали около половины всего водорода, составляющего сердцевину ядра. Так что человечеству осталось еще почти столько же греться под ровными спокойными лучами, пока тело нашей звезды не начнут разрывать чудовищные катаклизмы. Ведь когда будет окончательно исчерпано водородное топливо, наступят кардинальные перемены в ядерных процессах и начнется эра колоссальных взрывных превращений, сопровождаемых гибелью внутренних планет. Так произойдет превращение Солнечной системы в планетарную газопылевую туманность.



▲ Солнечная фотосфера

Если рассматривать поверхность нашей звезды через систему светофильтров, то можно заметить, как исходящее из центральных областей излучение по мере продвижения к внешним слоям превращается из коротковолнового в средне- и длинноволновое. Если ядро наполнено рентгеновским и гамма-излучением, то в средних слоях преобладают ультрафиолетовые лучи, а на поверхности (в фотосфере) — обычный видимый солнечный свет.

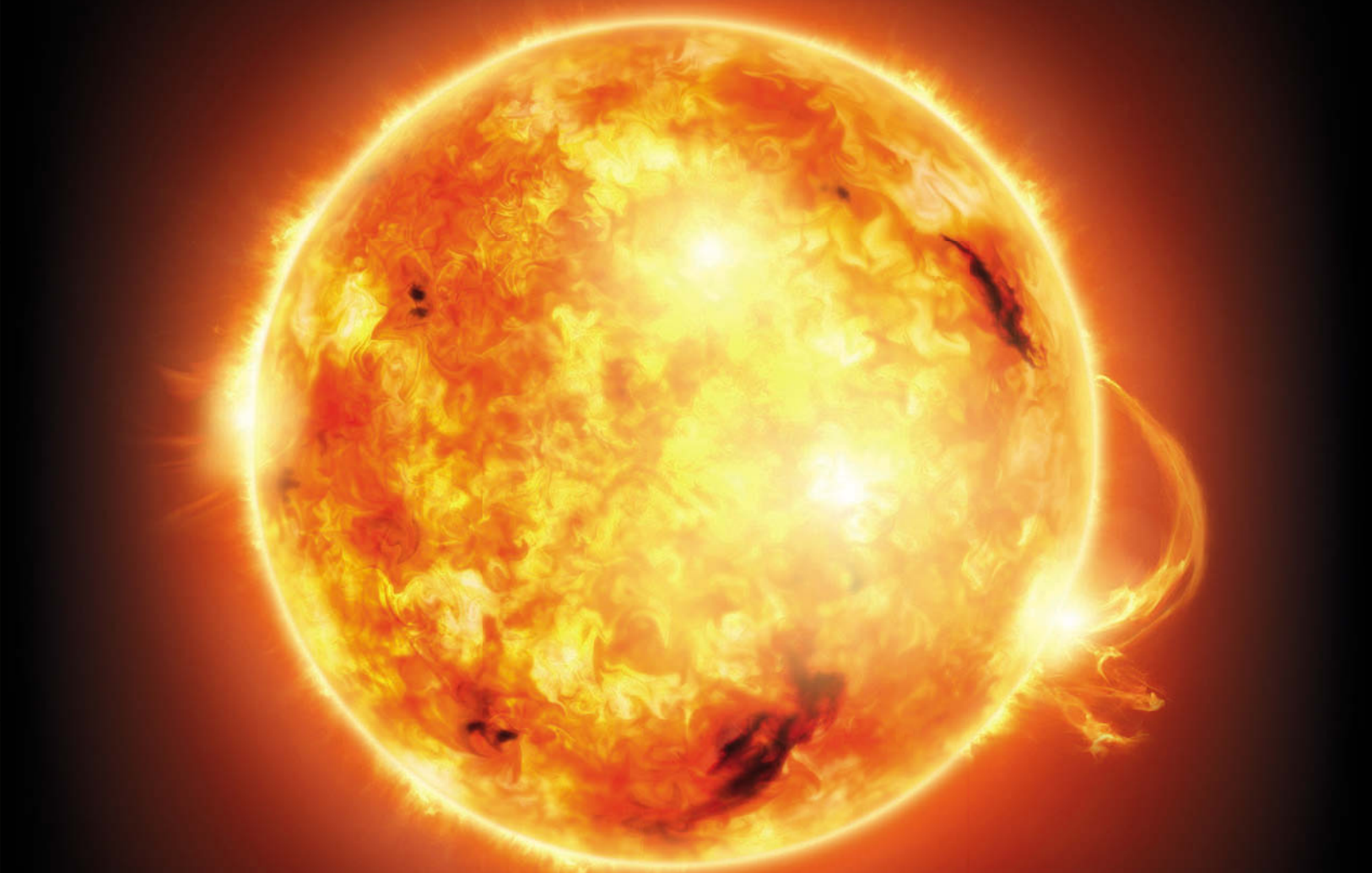
По современным данным ученых-гелиофизиков (изучающих наше светило), Солнце напоминает чудовищный газовый шар с убывающей плотностью от центра к поверхности, внутри которого непрерывно протекают сложнейшие физико-химические процессы выделения колоссального количества энергии. В свою очередь, весь шар Солнца состоит из вложенных друг в друга концентрических сфер со своей температурой, составом и давлением. Между внутренними областями солнечного вещества все время бушуют циклопические вихри энергии и плазмы, периодически выплескивающиеся на поверхность.

Атмосфера Солнца начинается на высоте нескольких сотен километров, а у самого видимого края солнечного диска лежат самые глубокие слои разряженного солнечного вещества, называемые фотосферой. На фоне всего диска толщина фотосферы совершенно незначительна, поэтому ее и называют граничной поверхностью Солнца.

Цвет Солнца желто-оранжевый, и видим мы его таким из-за излучения отрицательных ионов водорода. При погружении в глубины фотосферы быстро теряется ее прозрачность — и именно поэтому видимый край Солнца кажется довольно резким.

В солнечной атмосфере непрерывно бушуют штормы, периодически переходящие в ураганы. Бури на нашем светиле прежде всего сопровождаются появлением солнечных пятен и протуберанцев — чудовищно гигантских выбросов вещества фотосферы. Солнечные пятна обычно группируются из нескольких больших и малых образований, так что могут занимать обширные районы на диске. Общая картина подобных ассоциаций все время изменяется, поскольку пятна рождаются, изменяют размер, распадаются и исчезают. При этом общий уровень активности нашей дневной звезды однозначно определяется количеством пятен. Особенно много их бывает в период активного Солнца.

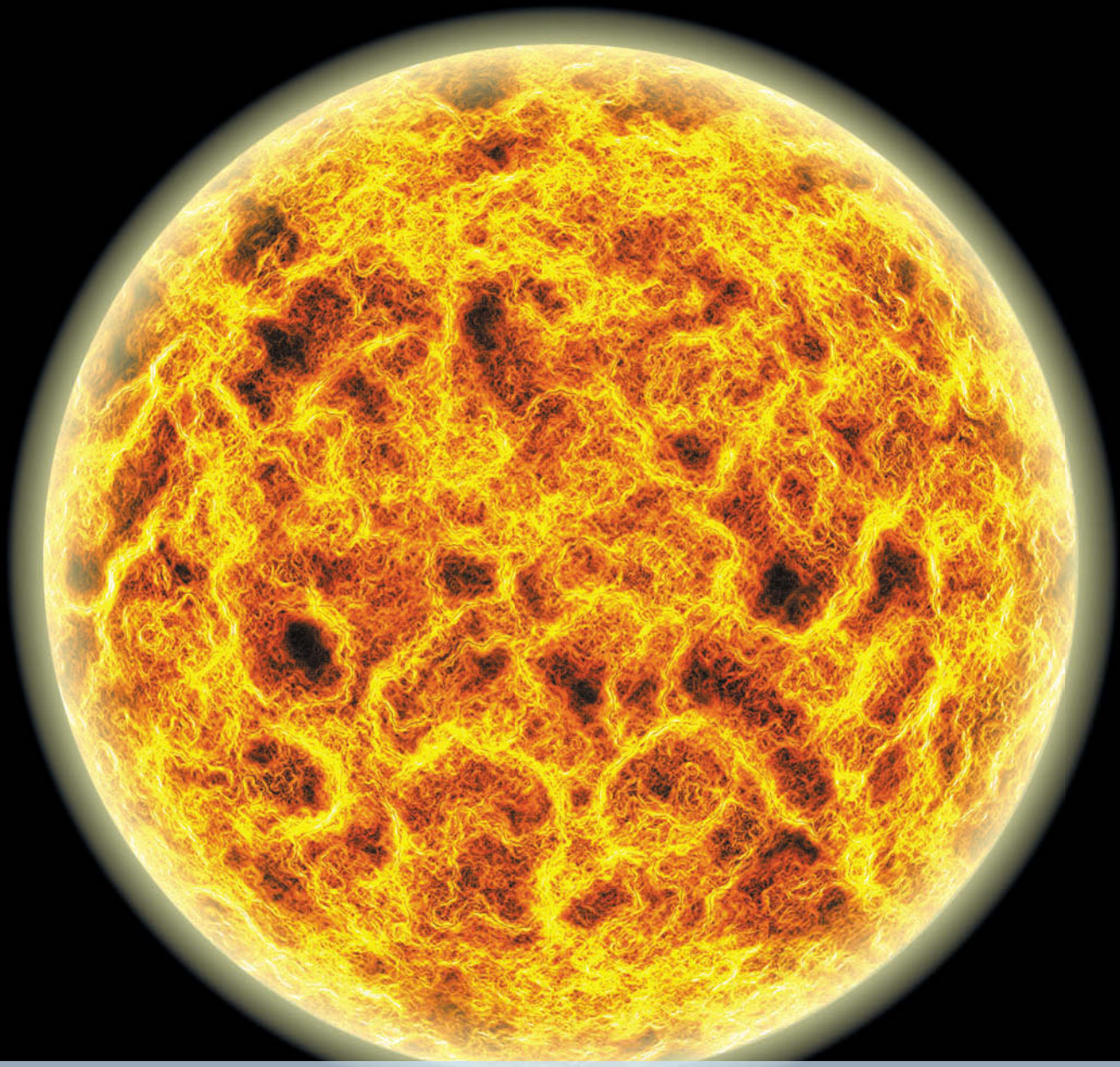
Поверхность звезды содержит много интересных деталей в виде светлых полос, зернистых образований и пузырьков. Зернистые образования называются гранулами, их размеры сравнительно невелики;



▲ Солнечный шторм

достигая в поперечнике нескольких тысяч километров, они разделены дистанцией в несколько сотен километров. Обычно в спокойном состоянии на солнечной поверхности можно одновременно увидеть около миллиона гранул, причем каждая существует всего несколько минут. Их структура чем-то напоминает пчелиные соты, поскольку каждая ячейка окружена темными промежутками. В гранулированных сотах солнечной поверхности вещество поднимается и тут же опускается вглубь из-за внутренних конвекционных потоков.

В приповерхностных слоях плазма закручивается в гигантские вихри, несущие к поверхности энергию внутренних реакций. Такой канал передачи внутренней энергии называется конвекцией, а приповерхностный слой, простирающийся на 200 тыс. км, — конвективной зоной, играющей важнейшую роль в физике Солнца. Именно здесь зарождаются самые разнообразные магнитодинамические процессы в солнечном веществе. Гранулы создают общий фон солнечной поверхности, на котором наблюдаются гораздо более масштабные структуры.



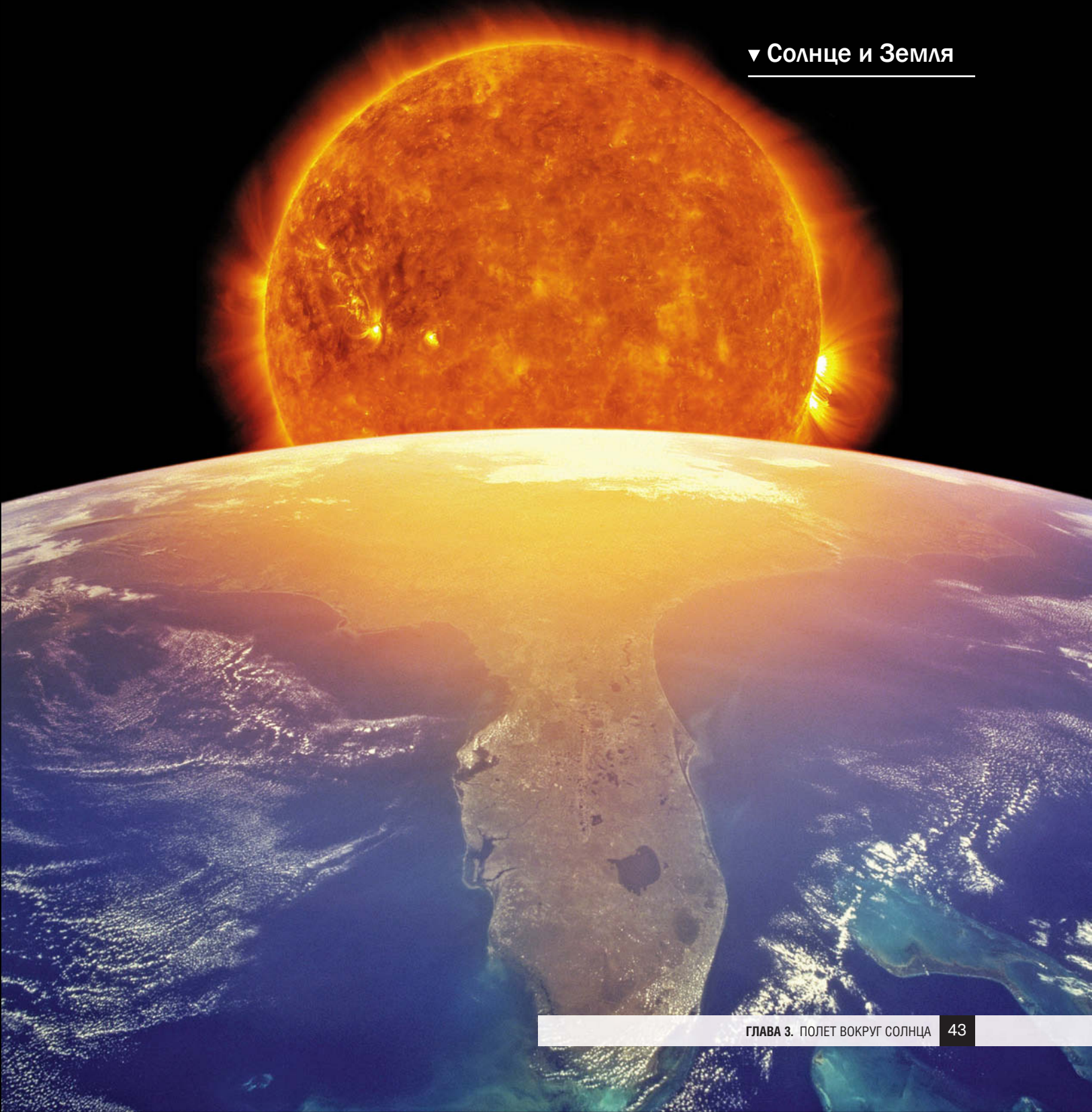
▲ Солнечная плазма

Солнце главным образом состоит из водорода и гелия. В центральных областях светила температура достигает значений около 13 млн градусов. В подобных условиях солнечное вещество совсем не похоже на обычный разогретый газ. Стремительно сталкивающиеся атомы срывают с себя внешние электронные оболочки и превращаются в ионы. Подобная смесь атомных осколков из ядер и электронов называется плазмой.

Если во время полного солнечного затмения внимательно присмотреться к краю фотосферы, закрытой лунным диском, то можно увидеть слабо светящуюся багрово-красным светом кайму раскаленных газов, за свою окраску названную хромосферой. Эта часть солнечной атмосферы состоит из множества языков и факелов пламени, переходящих в свивающиеся узлы струй.

Астрономы давно заметили, что активность нашего светила определяется количеством групп пятен, появление которых сопровождается хромосферными вспышками, напоминающими колоссальные взрывы плазмы, длящиеся лишь несколько минут. Импульсы солнечных вспышек чаще всего возникают на границах соприкосновения солнечных пятен противоположной магнитной полярности и длятся всего несколько минут. Тем не менее за это время успевает выделиться колоссальная энергия, достигающая миллиардов мегатонн в тротиловом эквиваленте. Энергетика этих сравнительно компактных явлений просто чудовищна, ведь за несколько минут в солнечной вспышке высвобождается энергия, соизмеримая с годовым количеством солнечного тепла, поступающего на поверхность нашей планеты!

▾ Солнце и Земля



▲ Солнечная вспышка

Солнечная вспышка представляет собой совершенно уникальный процесс выброса световой, тепловой и кинетической энергий в солнечной атмосфере. Вспышка так или иначе затрагивает почти все слои солнечной атмосферы, включая хромосферу, фотосферу и корону.

Самые внешние, сильно разряженные слои солнечной атмосферы называются короной. Она имеет сложную лучистую структуру, которую можно наблюдать во время полного солнечного затмения.

Температура внешних частей солнечной атмосферы намного превосходит температуру солнечной поверхности. Это парадоксальное явление связано с распространением электромагнитных колебаний, вырывающихся из конвективной зоны, и чем-то напоминает работу гигантской микроволновой печи. При этом происходит генерация обширных областей перегретой солнечной плазмы, языки которой вырываются в околосолнечное пространство.

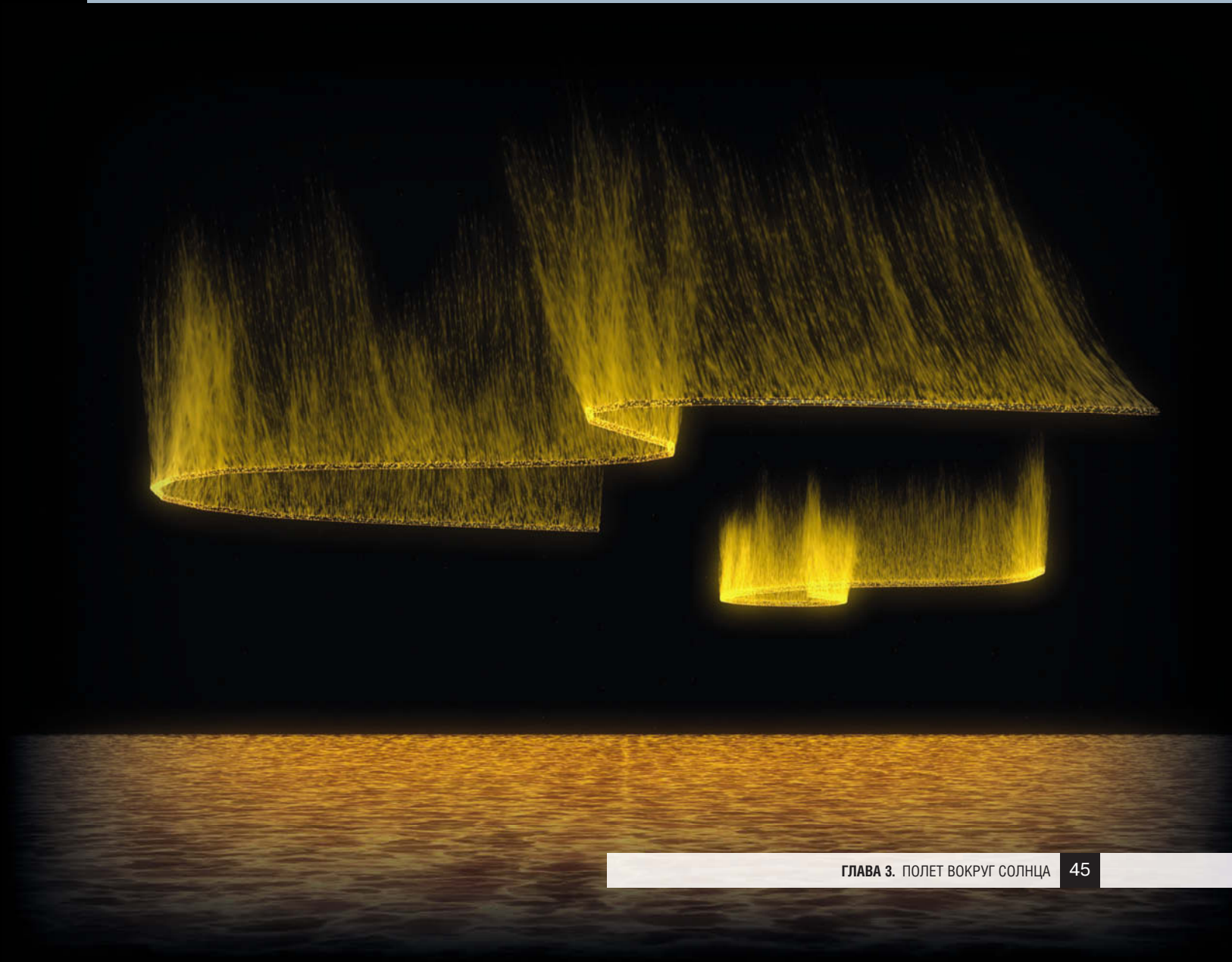
Много загадок гелиофизики связано с солнечными вспышками, когда происходит спонтанный выброс колоссальной энергии с резким изменением напряженности магнитного поля. До сих пор ученые не могут понять, что же именно вызывает вспышки на Солнце — резкое изменение внутреннего магнитного поля в хромосфере или какие-то выбросы из ядра. Пик энергии вспышки приходится на стадию развития удивительного по красоте образования — корональной петли, распространяющейся в толще фотосферы и вызывающей нагрев с испарением более холодных слоев. Вспышка выбрасывает не только видимое излучение, но и поток ультрафиолета с рентгеновскими лучами и различными элементарными частицами. Иногда солнечные вспышки бывают столь интенсивны, что вызывают фейерверк полярных сияний и изменения в земном магнитном поле, сильно искажая радиосвязь и даже прерывая работу системы электроснабжения.

Еще одно проявление солнечной активности — появление особых волокнистых плазменных образований в магнитном поле солнечной атмосферы, видных на самом краю светила (они наблюдаются как протуберанцы). Наиболее выраженный цикл солнечной активности повторяется через каждые 11 лет. Одиннадцатилетний цикл еще называют главным и связывают с изменением напряженности солнечного магнитного поля. Он характеризуется разным числом солнечных пятен, вспышек и корональных выбросов. Данные явления на солнечной поверхности и в атмосфере достигают максимального количества на пике активности и сходят до единичных случаев в минимуме цикла. Свет и тепло нашего дневного светила обеспечивают жизнь на планете, к тому же Солнце принимает самое активное участие в кругообороте веществ и энергии, являясь своеобразной динамо-машиной происходящих на Земле процессов. Кроме тепла и света поверхность нашей планеты и атмосфера получают от Солнца самые различные виды излучения и частицы солнечного ветра, оказывающие постоянное влияние на всю земную биосферу.

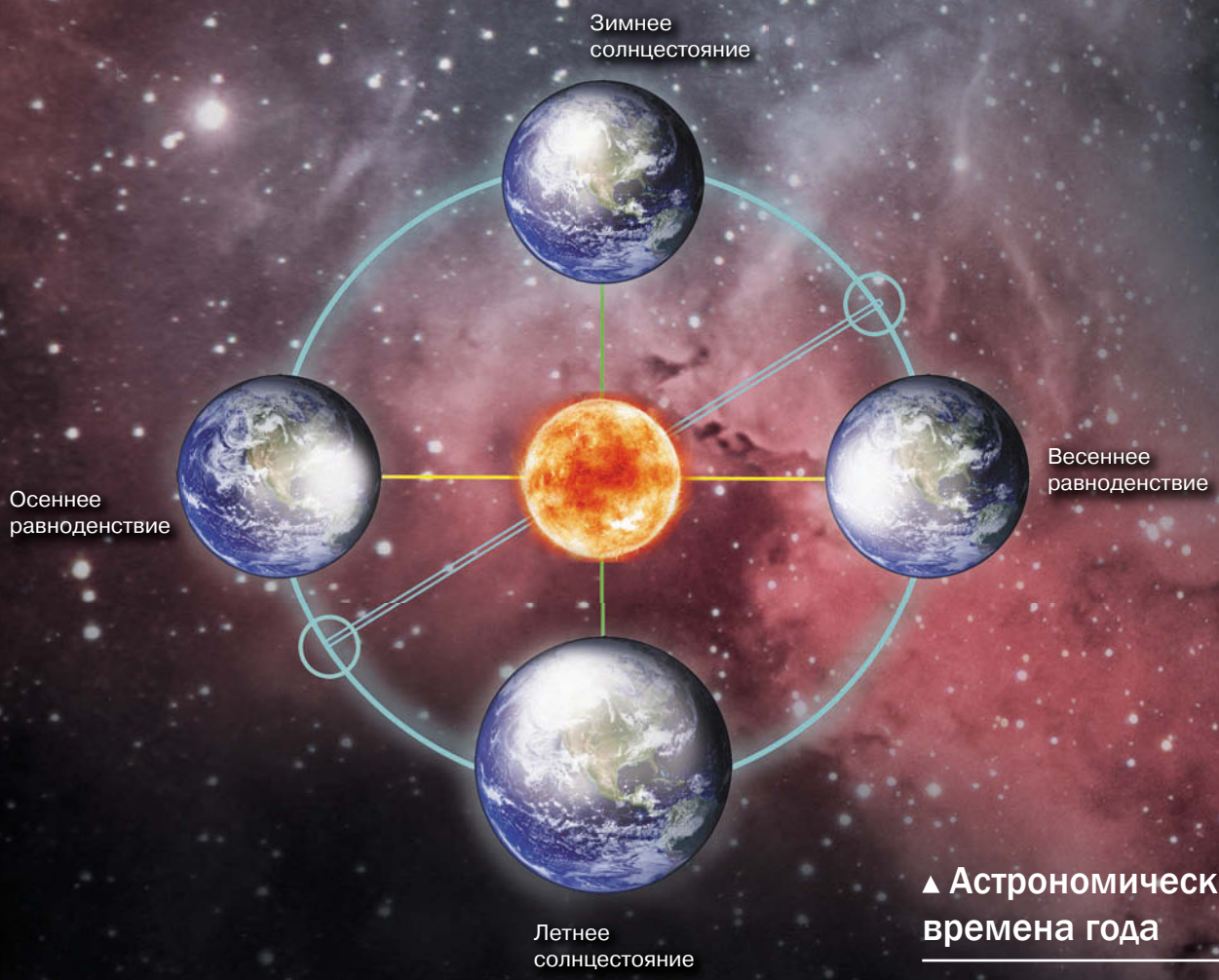
Погода и климат на нашей планете также полностью зависят от излучения Солнца. В летнее время оно высоко поднимается над горизонтом, предоставляя максимальный поток живительного тепла за максимальные по длительности дни, а зимой проходит низко, давая минимум солнечной энергии за самое короткое светлое время суток.

▾ Бушующая солнечная корона (художественная реконструкция)

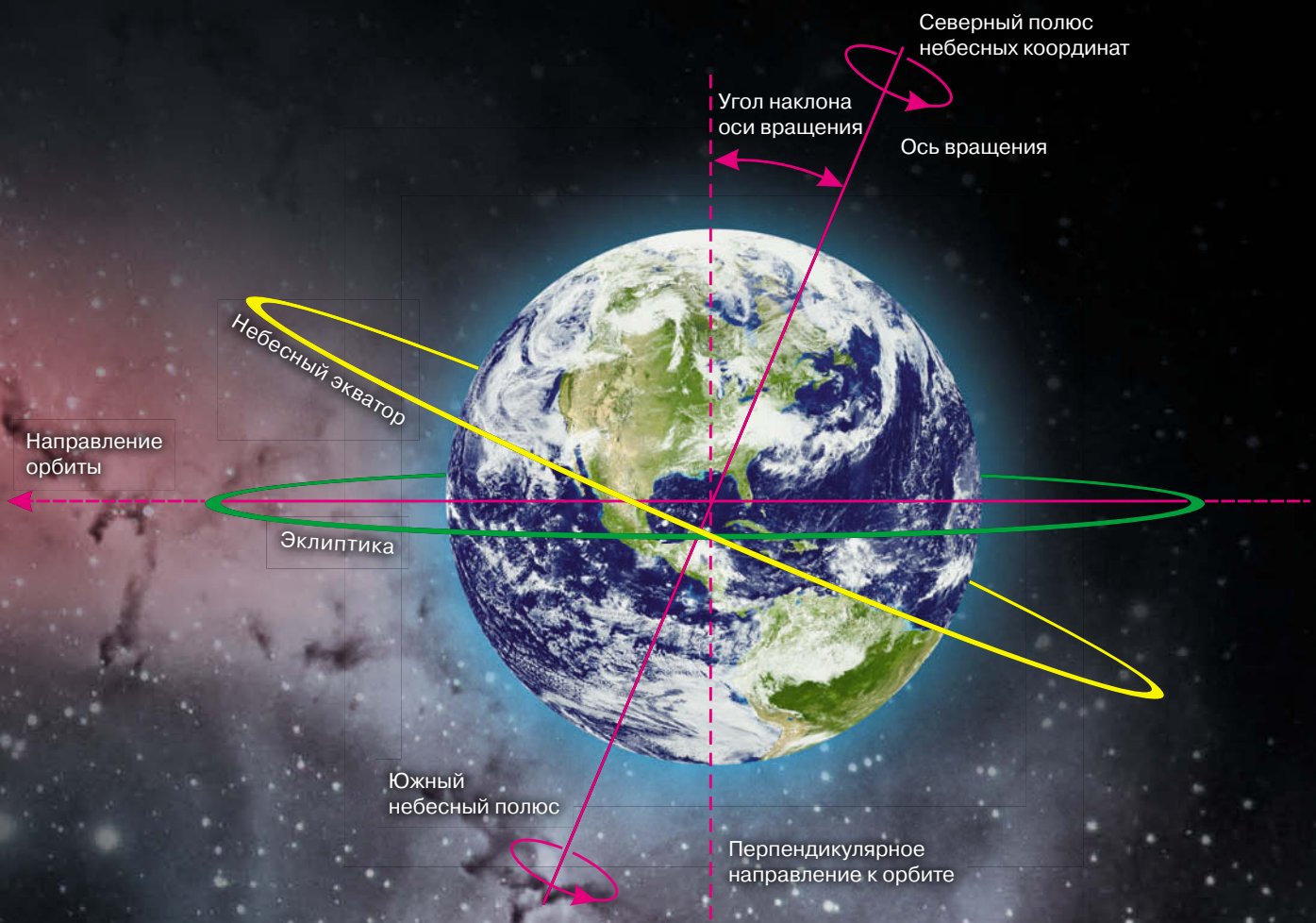
Солнечная активность представляет собой совокупность явлений, все время возникающих и исчезающих в разных слоях атмосферы. Проявления этой активности связаны с магнитными свойствами солнечной плазмы. Активная область начинает развиваться с постепенного возрастания магнитного потока в части фотосферы, разрастаясь в активную зону конвекции и заканчиваясь чудовищным выбросом плазмы и излучения.



▾ Влияние солнечной энергии на земную поверхность прекрасно демонстрируют полные солнечные затмения, в пике которых резко снижается температура, поднимается ветер — и все это происходит за несколько минут!



▴ Астрономические времена года

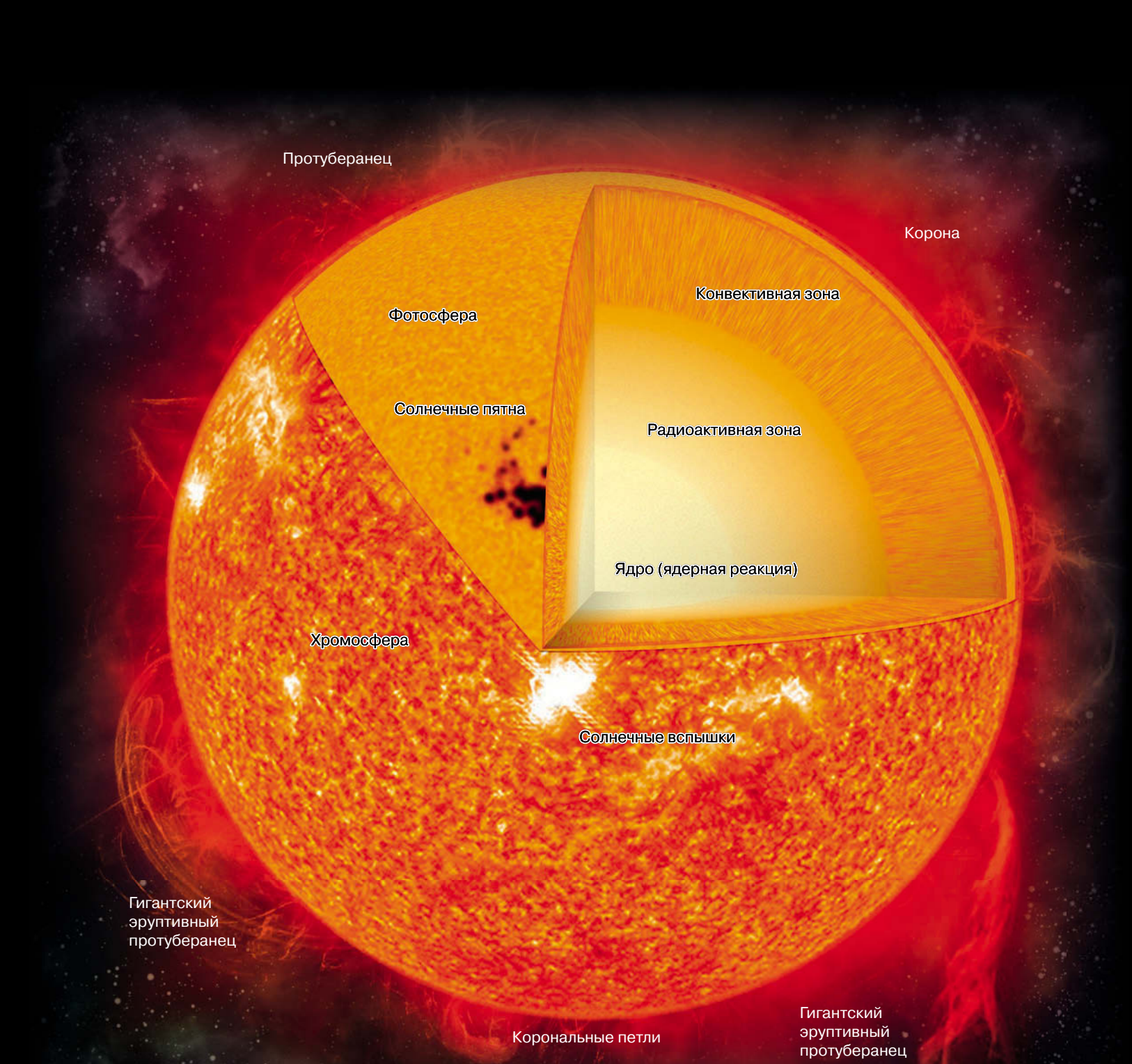


▲ Суточное движение Земли, определяемое наклоном ее оси вращения к плоскости земной орбиты — эклиптике

В своем орбитальном движении вокруг Солнца наша планета в то же время вращается вокруг оси, с полным оборотом за сутки. При этом на стороне Земли, обращенной к Солнцу, наступает светлое дневное время суток, а на противоположной — темное ночное. К тому же легко видеть, что на протяжении года продолжительность дня и ночи все время меняется. Это связано с наклоном земной оси к плоскости эклиптики, совпадающей с орбитой Земли. Ежегодное изменение потока солнечной энергии не только определяет разную длительность времени суток, но и вызывает смену сезонов. Достаточно Северному полюсу наклониться в сторону Солнца — и в Северном полушарии наступает лето, между тем как в Южном — в разгаре зима.

Существуют четыре даты, которые выделяют астрономические времена года:

- 20 марта — осеннее равноденствие (начало астрономической весны);
- 21 июня — летнее солнцестояние (светило в полдень стоит в зените с максимальной долготой дня — начало астрономического лета);
- 23 сентября — осеннее равноденствие (начало астрономической осени);
- 23 декабря — зимнее солнцестояние с самым коротким днем в году (начало астрономической зимы).



▲ Структура Солнца

Основные физические характеристики Солнца

Параметр	Значение
Средний диаметр	$1{,}392 \times 10^9$ м (109 диаметров Земли)
Площадь поверхности	$6{,}07\,877 \times 10^{18}$ м^2 (11 917,607 площади Земли)
Объем	$1{,}40\,927 \times 10^{27}$ м^3 (1 301 018,805 объема Земли)
Масса	$1{,}9\,891 \times 10^{30}$ кг (332 982 массы Земли)
Эффективная температура поверхности	5778 K
Температура ядра	≈ 13 500 000 K

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Наше светило стремительно направляется в центр созвездия Геркулеса, одновременно вращаясь вокруг центра нашей Галактики — Млечного Пути со скоростью более 200 км/с. При этом Солнечная система лежит, по одним оценкам, почти посередине галактического диска в 50 тыс. световых лет, а по другим — несколько смещена к галактическим окраинам. В мире относительных движений мы каждую минуту вращаемся со скоростью 23 км/с с поверхностью Земли, несемся со скоростью 30 км/с по земной орбите и летим со скоростью 230 км/с по галактическим просторам. Солнце представляет собой типичного желтого карлика и в полном соответствии с закономерностями звездной эволюции через несколько миллиардов лет превратится в красного гиганта. В эту эпоху солнечная атмосфера достигнет земной орбиты, а затем постепенно рассеется, и на месте нашего светила останется звезда — белый карлик. Слабый холодный свет этого солнечного остатка будет высвечивать запасы энергии еще миллиарды лет, пока полностью не превратится в невидимый остывший объект.

▼ Солнечная буря (художественная реконструкция)

Изучение истории Земли показывает, что наша планета в течение миллиардов лет получала от Солнца в среднем то же количество энергии, что и в настоящий момент. Однако даже сравнительно небольшие вариации солнечного тепла способны приводить к громадным климатическим сдвигам. Ярким примером этому служит последовательная смена нескольких ледниковых периодов, оказавших огромное влияние не только на эволюцию всего живого, но и на формирование человеческой цивилизации в новое геологическое время. К сожалению, даже сегодня мы не знаем, как именно надо строить модели механизмов глобального потепления и похолодания, несомненно, зависящих от активности нашего светила. Описав гигантскую гравитационную дугу вокруг Солнца, наш космический корабль выходит на орбиту ближайшей планеты, скрытой в пылающих лучах нашего светила, — Меркурия. Надо заметить, что маршрут между орбитами Земли и Меркурия далеко не прост. Например, вторая космическая миссия НАСА «Мессенджер» состоялась в несколько этапов. Так, запущенная 3 августа 2004 года АМС достигла ближайшей к Солнцу планеты в 2008 году, пролетела мимо нее, затем сделала повторный заход в 2009 и лишь в 2011 году вышла на меркурианскую орбиту, на которой будет вести непрерывные наблюдения до 2013 года.

Глава 4
Меркурий

▲ Ближайшая планета к Солнцу — Меркурий

«Из наблюдения смутных пятен, видимых на нем, астрономы предварительно заключили, что Меркурий, как кролик, зачарованный змеиным взглядом, не может повернуться относительно Солнца и обращен к нему одной и той же стороной. Так, считалось, что Меркурий (в прошлом символ греческого бога торговли и путешествий) обращается вокруг Солнца, как бы не смея отвести от него своего „лица“. Были даже составлены карты освещенного полушария Меркурия, не пользовавшиеся, впрочем, большим доверием».

Б. А. Воронцов-Вильяминов. Очерки о Вселенной

«Это так называемое семейство планет земного типа, более или менее похожих на Землю. У них твердая поверхность, железо-каменные недра, а плотность атмосферы меняется от почти полного вакуума до давления, в девяносто раз большего, чем на Земле. Они теснятся вокруг Солнца, источника света и тепла, как путники, жмущиеся к костру. Все планеты имеют возраст около 4,6 млрд лет. Подобно Луне, все они несут на себе следы эпохи катастрофических столкновений, произошедших в ранний период истории Солнечной системы».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

«Меркурий, ближайшую к Солнцу планету, трудно изучать потому, что она большей частью теряется в его лучах. Поэтому первоначальные представления о Меркурии были во многом ошибочными».

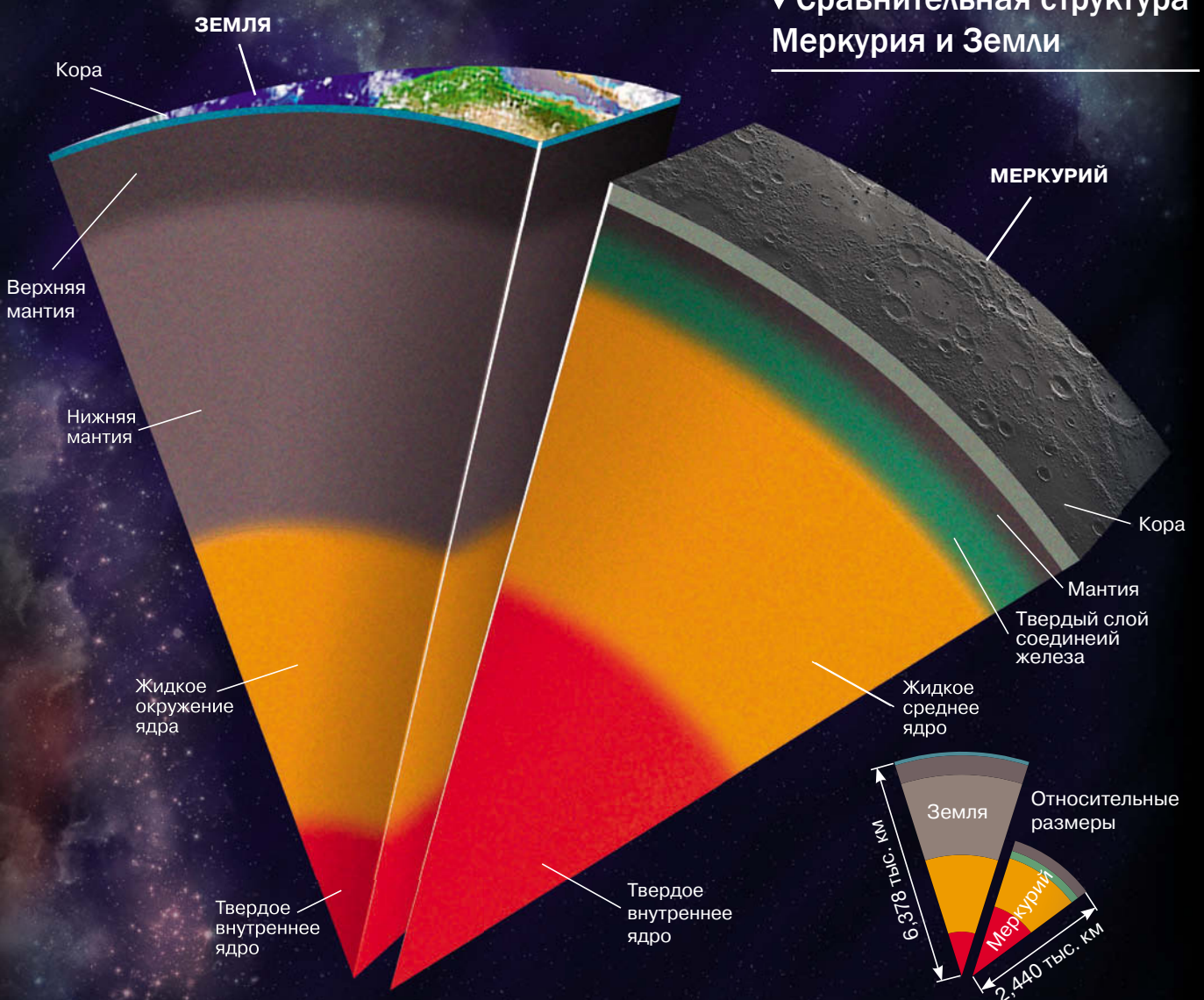
Б. А. Воронцов-Вильяминов. Очерки о Вселенной

Хотя ближайшую к Солнцу планету легко наблюдать даже невооруженным глазом, она считается одним из самых малоизученных небесных тел Солнечной системы и, конечно же, наиболее загадочной планетой земной группы, куда кроме Меркурия входят Земля, Марс и Венера. В телескопы (и наземные, и космические) планета плохо видна из-за своей близости к Солнцу, а космические экспедиции к ней требуют больших затрат.

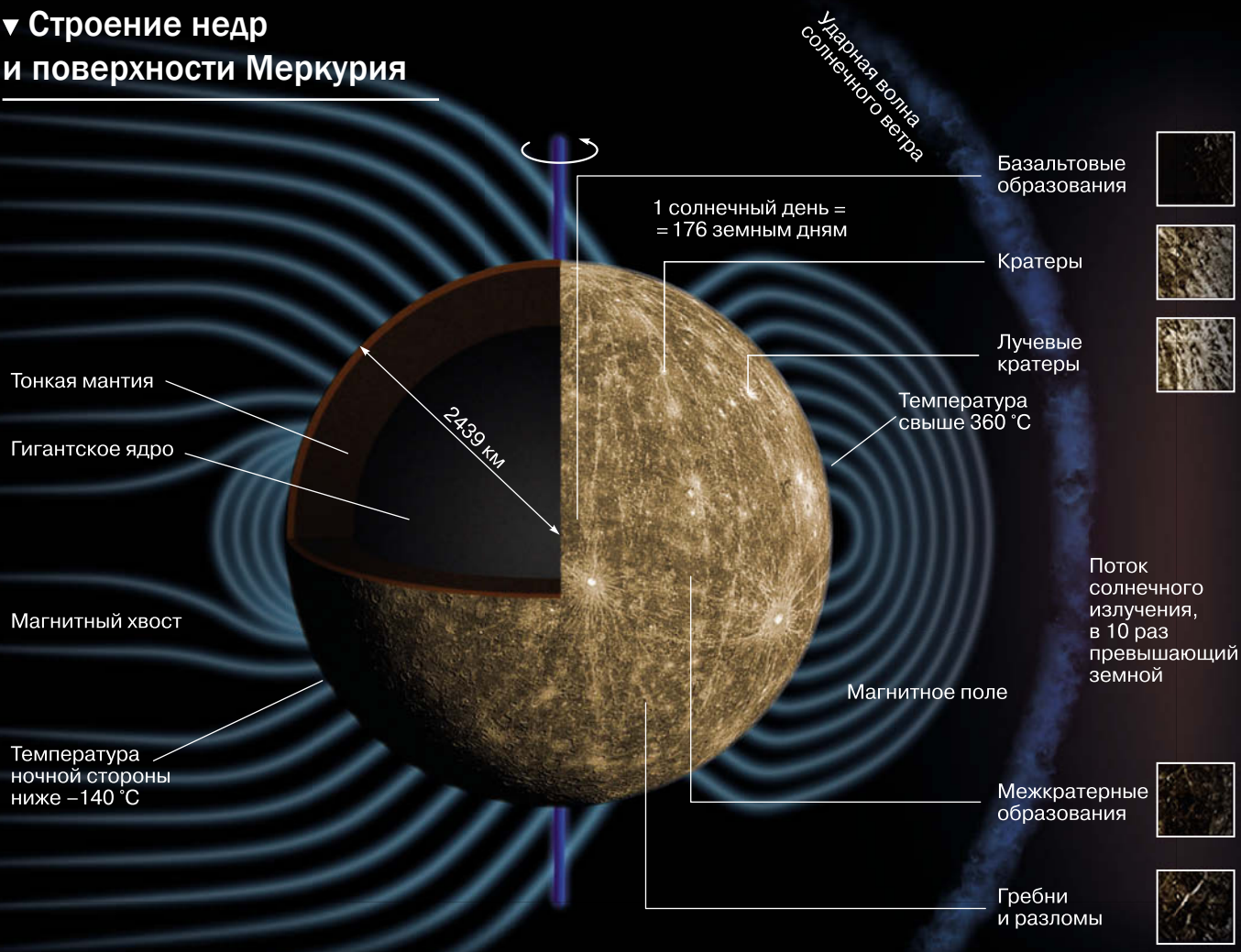
Пока к Меркурию добрались только два космических аппарата: «Маринер-10», который в 1974 и 1975 годах совершил три пролета мимо планеты и заснял около половины ее поверхности, и «Мессенджер», вышедший на орбиту планеты в 2011 году.

После того как «Маринер-10» обнаружил слабое магнитное поле, долгое время считалось, что в недрах Меркурия находится твердое металлическое ядро, составляющее 60 % массы планеты. Однако в последние годы радиоастрономические наблюдения показали, что особенности вращения Меркурия более характерны для жидкокристаллической структуры околоядерных слоев.

▾ Сравнительная структура Меркурия и Земли



▾ Строение недр и поверхности Меркурия



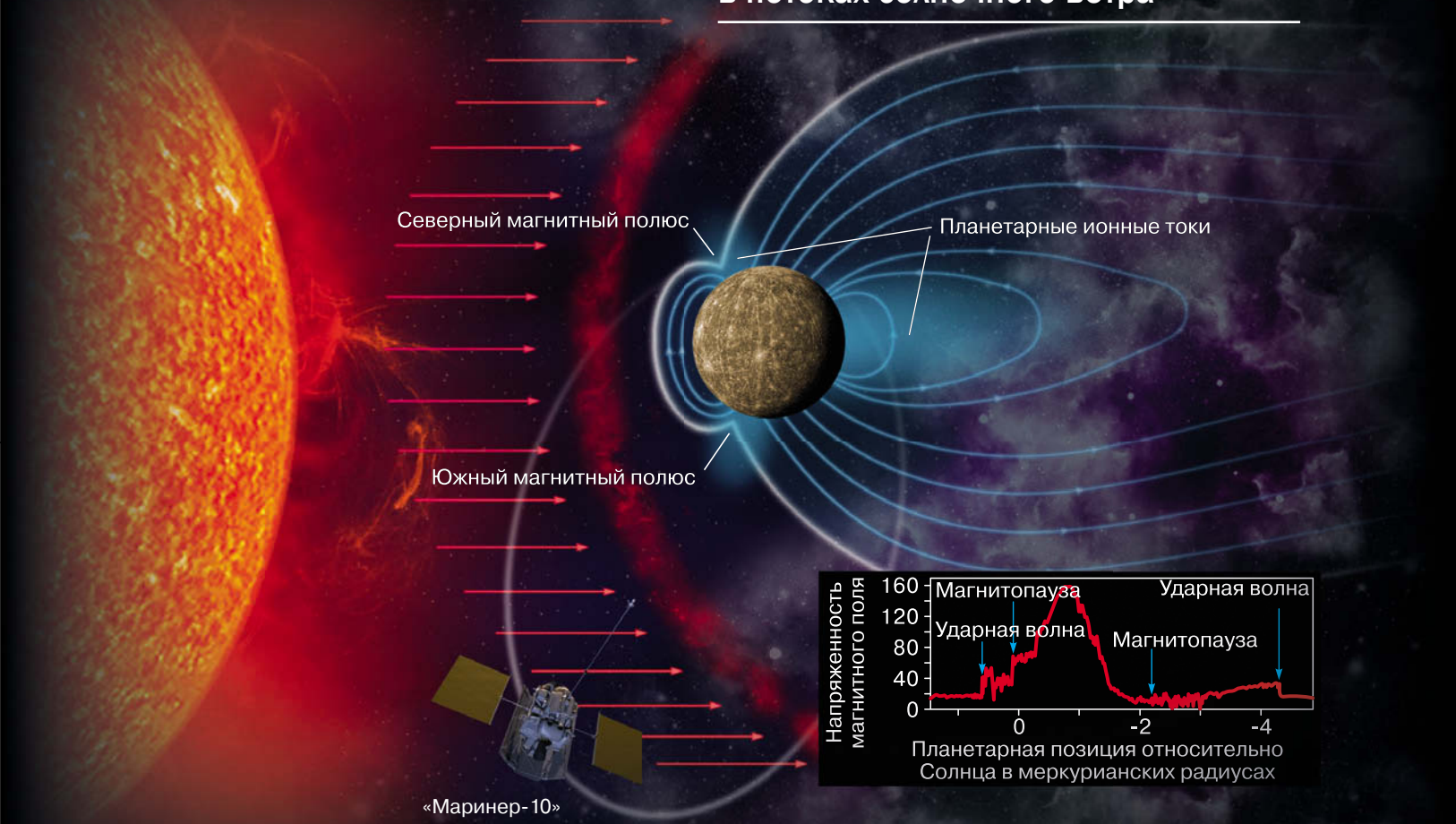
В свое время радиолокация Меркурия показала, что его период обращения по отношению к звездам составляет около 59 суток, а значит за 88-суточный год планета неспешно поворачивается относительно Солнца. Светило хоть и очень медленно, но встает над каждым меркурианским полушарием, и сутки на планете длятся вдвое дольше, чем год!

Как и другие планеты земной группы, Меркурий состоит из коры, мантии и ядра. Процентное содержание железа в его ядре выше, чем у любой другой планеты Солнечной системы. Предполагают, что вначале Мер-

▸ Поверхность Меркурия в искусственных цветах

Синие области говорят о наличии титана. Оранжевые состоят из старых материалов коры. Коричневые оттенки показывают выбросы лавовых потоков.

▾ Магнитное поле Меркурия в потоках солнечного ветра



курий имел такое же соотношение металла и силикатов, как в обычном метеорите, при гораздо большей своей массе. Однако миллиарды лет назад Меркурий столкнулся с планетоподобным телом — карликовой планетой, имеющей в 6 раз меньшую массу при диаметре 300–500 км. Этот катастрофический удар мог бы снести большую часть изначальной коры и мантии, резко увеличив долю ядра в составе планеты.

Схожий сценарий гигантского катастрофического столкновения предлагался и для объяснения эволюции Луны. Однако уже первые исследования элементного состава поверхности планеты с помощью гамма-спектрометра «Мессенджера» не подтвердили данную теорию. Ведь изобилие летучих радиоактивных изотопов полностью противоречит наличию высоких температур, которые неминуемо возникли бы при подобном космическом катаклизме.

Поверхность Меркурия, густо изрытая воронками разнокалиберных кратеров, напоминает лунные пейзажи. Схожесть так велика, что даже не всякий астроном сможет сразу отличить участки Луны и Меркурия. Нет видимых различий в размерах кратеров, структуре их наружных и внутренних валов, наличии более темных морей и океанов. Такая поверхность возникла на Меркурии, как и на Луне, вследствие бесчисленных падений крупных и мелких метеоритов, вызывающих сотрясение почвы и извержения лавы в далеком прошлом.

Магнитное поле Меркурия было открыто АМС «Маринер-10» и оказалось достаточно сильным для создания магнитосферы, изменяя направление

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Магнитное поле Меркурия очень слабое — его напряженность более чем в 100 раз уступает земному. Возможно, как и земное, оно образуется в результате своеобразного эффекта динамо. Данное явление — результат циркуляции жидкого ядра планеты, которое постоянно «взбалтывают» чрезвычайно сильные солнечные приливные силы, не дающие кристаллизоваться сердцевине планеты.

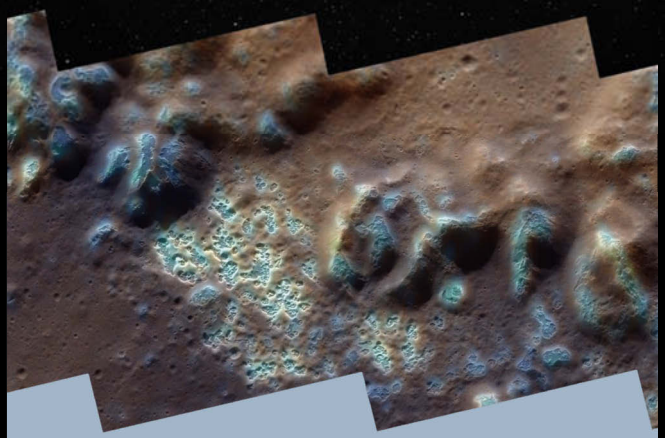
◂ Полет на Меркурий АМС «Мессенджер»

Первый искусственный спутник Меркурия «Мессенджер» (MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry and Ranging (MESSENGER), запущенный НАСА 3 августа 2004 года.

движения плазмы солнечного ветра вокруг планеты. Магнитосфера планеты настолько мала, что может поместиться внутри оболочки Земли, но при этом служит мощной ловушкой для потоков солнечного вещества, образуя протяженный хвост низкоэнергетической плазмы на ночной стороне планеты.

Магнитное поле планеты весьма неоднородное, и среди многочисленных «окон» пролет АМС порождает магнитные вихри в виде сплетения силовых линий, тянущихся от космического аппарата к магнитному диполю планеты. Величина подобных вихрей может достигать сотен километров и тесно связана с локальной плотностью солнечного ветра. Так как потоки солнечной плазмы частично обтекают магнитное поле планеты, оно формирует нечто, напоминающее в более слабой степени магнитосферу Земли. При этом магнитные вихри формируют своеобразные окна в магнитосферной оболочке, через которые порывы солнечного ветра легко достигают поверхности планеты.

Силы тяжести на Меркурии недостаточно для удержания более-менее плотной атмосферы, что заметно сказывается на рельефе. Меркурианские кольцевые горы и метеоритные кратеры образуются при падении метеоритов практически при отсутствии способной смягчить эти удары атмосферы.



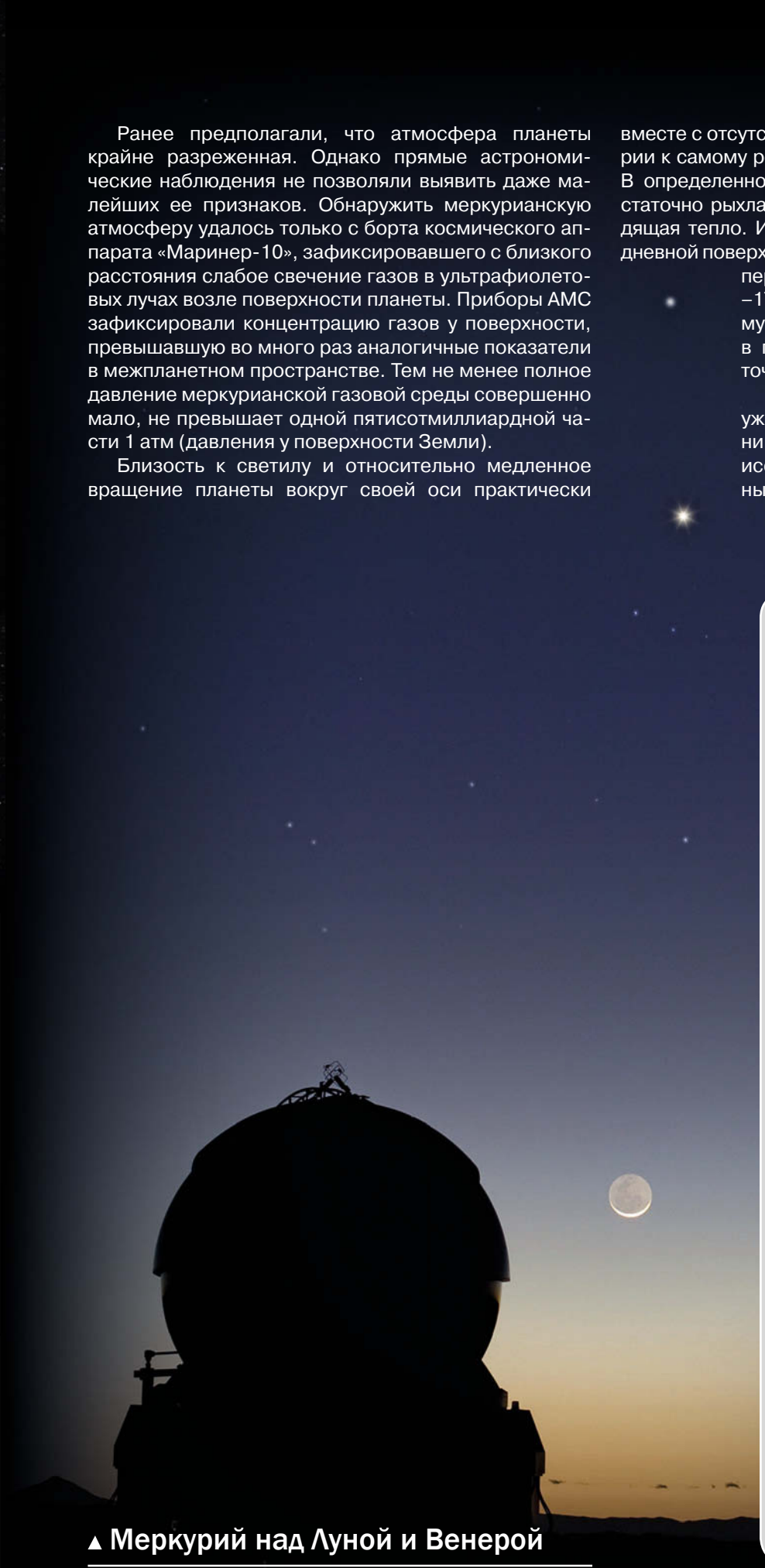
▲ Необычные детали поверхности Меркурия

Оттенок голубого для впадин, заметных на снимках АМС «Мессенджер», обращающейся по орбите вокруг Меркурия, был специально усилен для контрастной визуализации. Подобные круглые углубления не напоминают ударные кратеры и не встречаются на Луне или иных телах Солнечной системы. По одной из гипотез, происхождение данных углублений связано с прямым испарением вещества из твердого состояния в вакуум (сублимацией), когда оно было выброшено на поверхность и нагрето во время столкновения с крупным метеоритом.

Ранее предполагали, что атмосфера планеты крайне разреженная. Однако прямые астрономические наблюдения не позволяли выявить даже малейших ее признаков. Обнаружить меркурианскую атмосферу удалось только с борта космического аппарата «Маринер-10», зафиксировавшего с близкого расстояния слабое свечение газов в ультрафиолетовых лучах возле поверхности планеты. Приборы АМС зафиксировали концентрацию газов у поверхности, превышавшую во много раз аналогичные показатели в межпланетном пространстве. Тем не менее полное давление меркурианской газовой среды совершенно мало, не превышает одной пятисотмиллиардной части 1 атм (давления у поверхности Земли).

Близость к светилу и относительно медленное вращение планеты вокруг своей оси практически вместе с отсутствием атмосферы приводят на Меркурии к самому резкому климату в Солнечной системе. В определенной степени этому способствует и достаточно рыхлая поверхность планеты, плохо проводящая тепло. Именно поэтому средняя температура дневной поверхности Меркурия близка к 350 °С, а температура ночной стороны опускается до –170 °С. При этом температурный минимум составляет –183,2 °С, а максимум в полдень при нахождении ближайшей точки к Солнцу (перигелия) — 426,9 °С.

Несмотря на суровые условия, давно уже рассматриваются проекты по созданию в приполярных областях Меркурия исследовательской базы для постоянных гелиофизических наблюдений.



▲ Меркурий над Луной и Венерой

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Меркурий очень напоминает спутник, хотя и имеет необычное строение «железного плода» с тонкой корой и массивным железным телом с небольшой жидкой сердцевиной. Поверхность планеты плотно усеяна кратерами, как у большинства планетарных спутников. Меркурий крупнее многих сателлитов, но меньше спутников Юпитера (Ганимеда) и Сатурна (Титана). В то же время Меркурий значительно массивнее и плотнее любого спутника, и только наша планета превосходит его по плотности. С поверхности Меркурия можно наблюдать много необычных астрономических явлений, связанных с тем, что его день равен трем годам. В связи с этим и из-за сильно вытянутой орбиты для первых космонавтов, высадившихся где-нибудь в области терминатора (границы между ночью с ее космическим холодом и днем с нестерпимой жарой), Солнце выйдет из-за близкого горизонта, остановится посреди небосвода, немного вернется в обратном направлении, опять приостановится и после этого быстро сядет на другой стороне горизонта.

Глава 5
Венера

«Наша соседка Венера, лишь немногим уступающая Земле по размеру и массе, видна для невооруженного глаза как звезда-красавица. То утром, то вечером она купается в лучах зари и в древности принималась за два разные светила, носившие названия Веспер и Люцифер».

Б. А. Воронцов-Вильяминов. Очерки о Вселенной

▲ **Утренняя звезда Венера без облачного покрова**

«Как и Меркурий, она меняет свои фазы, но удаляется от Солнца дальше и потому удобнее для наблюдений. Когда она видна как широкий серп, то достигает наибольшей яркости при наблюдении с Земли. В эту пору, как светлая точка, она может быть видна на фоне голубого неба даже днем. Венера ревниво хранит свои тайны. Когда она близка к нам так, что ее узкий серп можно различить даже в сильный бинокль, большая часть ее полушария, обращенного к нам, не освещена. А когда она освещена почти вся, то находится раз в шесть дальше, да еще теряется в солнечных лучах».

Б. А. Воронцов-Вильяминов. Очерки о Вселенной

▸ **Серп Венеры, видимый в земной телескоп**

Покинув раскаленные солнечными лучами кратеры Меркурия, мы приближаемся ко второй от Солнца планете, известной и под поэтичным названием Утренняя звезда (ее можно видеть как яркую точку в восточной части неба утром и в западной вечером), и под не совсем поэтичным Повелитель мух (в жарких странах утренний восход этой планеты совпадает с пробуждением насекомых, а вечерний с их сном). Это Венера, самая близкая к земным размерам планета, даже внешне напоминающая ее своей мощной атмосферой. Однако сходство чисто внешнее, ведь даже ее яркость связана с отражением солнечного света слоем в 50–70 км облаков из серной кислоты.

Расстояние планеты от Солнца — 108 млн км, диаметр — 12 104 км, масса — 82 % земной. Сутки на Венере из-за медленного вращения вокруг своей оси длятся дольше венерианского года, составляющего 225 земных дней.

▴ **Облачная вуаль Венеры**

«Атмосфера ее — первое, что на ней обнаружили, — содержит слой плотных облаков и, как чадра восточной красавицы прошлых времен, скрывает от нас ее поверхность».

Б. А. Воронцов-Вильяминов. Очерки о Вселенной

▲ Сернокислые облака Венеры

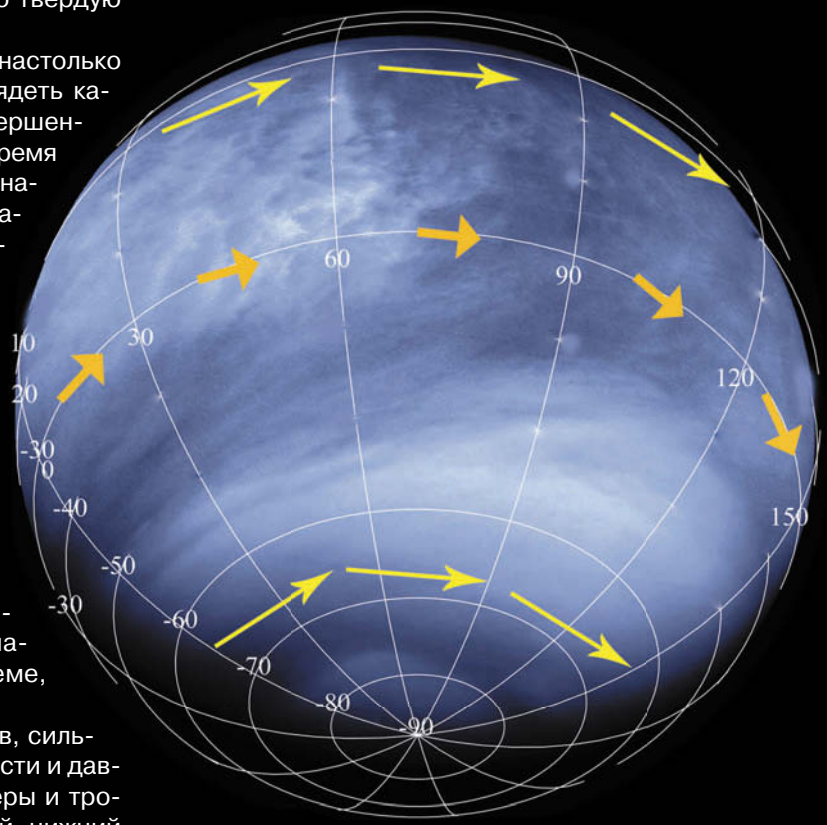
Выше ядра расположена слоистая мантия, состоящая из различных соединений кремния, которые встречаются при вулканических извержениях магмы. Слои мантии подразделяются на внешнюю твердую кору и внутренний жидкий расплав.

Облачность, покрывающая Венеру, настолько плотна, что оптическими методами разглядеть какие-либо детали поверхности планеты совершенно невозможно. Именно поэтому долгое время считалось, что условия на Венере напоминают существовавшие на нашей планете в каменноугольный период — со схожей флорой и фауной. Однако уже первые АМС со спускаемыми аппаратами выяснили, что климат Венеры разительно отличается от земного.

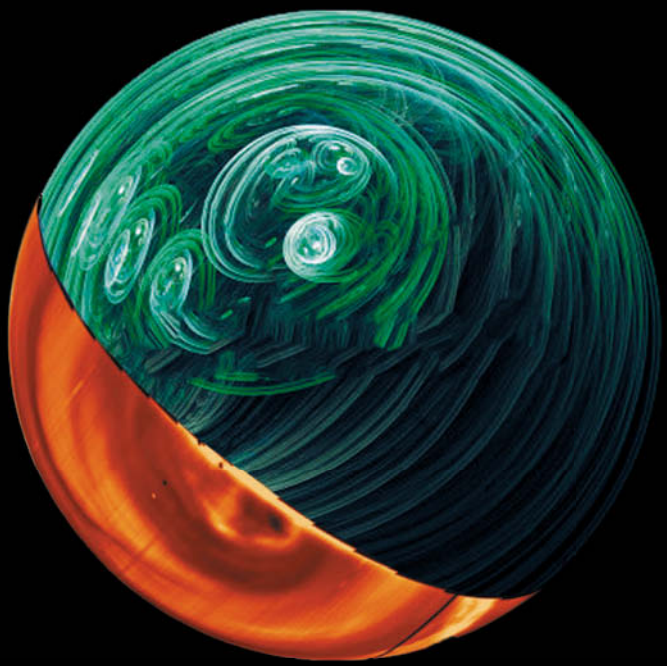
Сверхплотная венерианская атмосфера из углекислого газа создает высочайшее давление на планетах земной группы, превышающее в 96 раз давление на Земле. Она в целом прозрачна для солнечных лучей, но отражает тепловое излучение от нагретой поверхности, формируя парниковый эффект, который генерирует самую высокую температуру планетарной поверхности в Солнечной системе, достигающую 470 °C.

Атмосфера состоит из нескольких слоев, сильно различающихся по температуре, плотности и давлению: экзосферы, термосферы, мезосферы и тропосферы. Тропосфера — самый плотный нижний слой, в котором заключена практически вся масса (99 %) атмосферы Венеры.

На высоте свыше 50 км физические условия вполне напоминают земные. Так, температура колеблет-

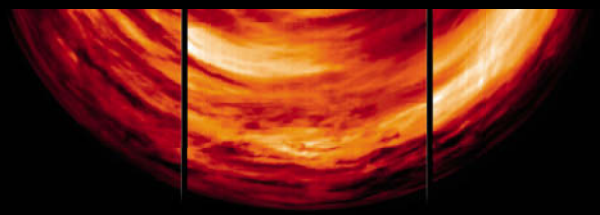


▲ Атмосферные турбулентности на Венере



▲ Компьютерная модель атмосферных вихрей, вызванных неоднородным нагревом при парниковом эффекте

ся около +30 °С, а давление составляет одну земную атмосферу. Естественно, что в таких условиях возможно наличие воды в жидком виде, скажем, в виде тумана, что в принципе может привести к появлению каких-то простейших форм жизни.



▲ Отсветы сверхмощных электрических драконов Венеры — грозовых явлений в верхних слоях атмосферы

Химический состав венерианской и земной атмосфер отличается самым кардинальным образом. Так, если в атмосфере нашей планеты преобладает азот с примесью кислорода и незначительной концентрацией углекислого газа, то в атмосфере Венеры доминирует углекислый газ (около 97 %), 3 % составляет азот с незначительными добавками водяного пара (0,05 %). Остальные газы составляют лишь тысячные доли процента.

Вокруг полюсов планеты недавно были открыты полярные воротнички, состоящие из циклопических атмосферных вихрей, более чем в четыре раза превышающих аналогичные земные образования. У каждого венерианского циклона есть два центра вращения — полярные диполи. Период оборота циклонов — около трех дней, а скорость ветра возрастает от штиля в глазном центре вращения до 50 м/с на периферии. Полярные вихри, по современным представлениям,

▲ Поверхность Венеры вблизи горы Маат

«...Часть поверхности в наиболее горячих участках на Венере может быть покрыта расплавленными металлами, такими как свинец (температура плавления 327,3 °С), и, вероятно, даже цинк (419,5 °С), и более редкое на Земле олово (231,9 °С), а также расплавленными химическими соединениями из числа легкоплавких карбонатов. Существуют ли подобные озера на Венере в действительности, мы не знаем, но оказалось, что более холодных областей нет на всей планете: температура дневных и ночных районов и даже полюса и экватора там практически одинакова: разница составляет всего несколько градусов».

Б. А. Воронцов-Вильяминов. Очерки о Вселенной

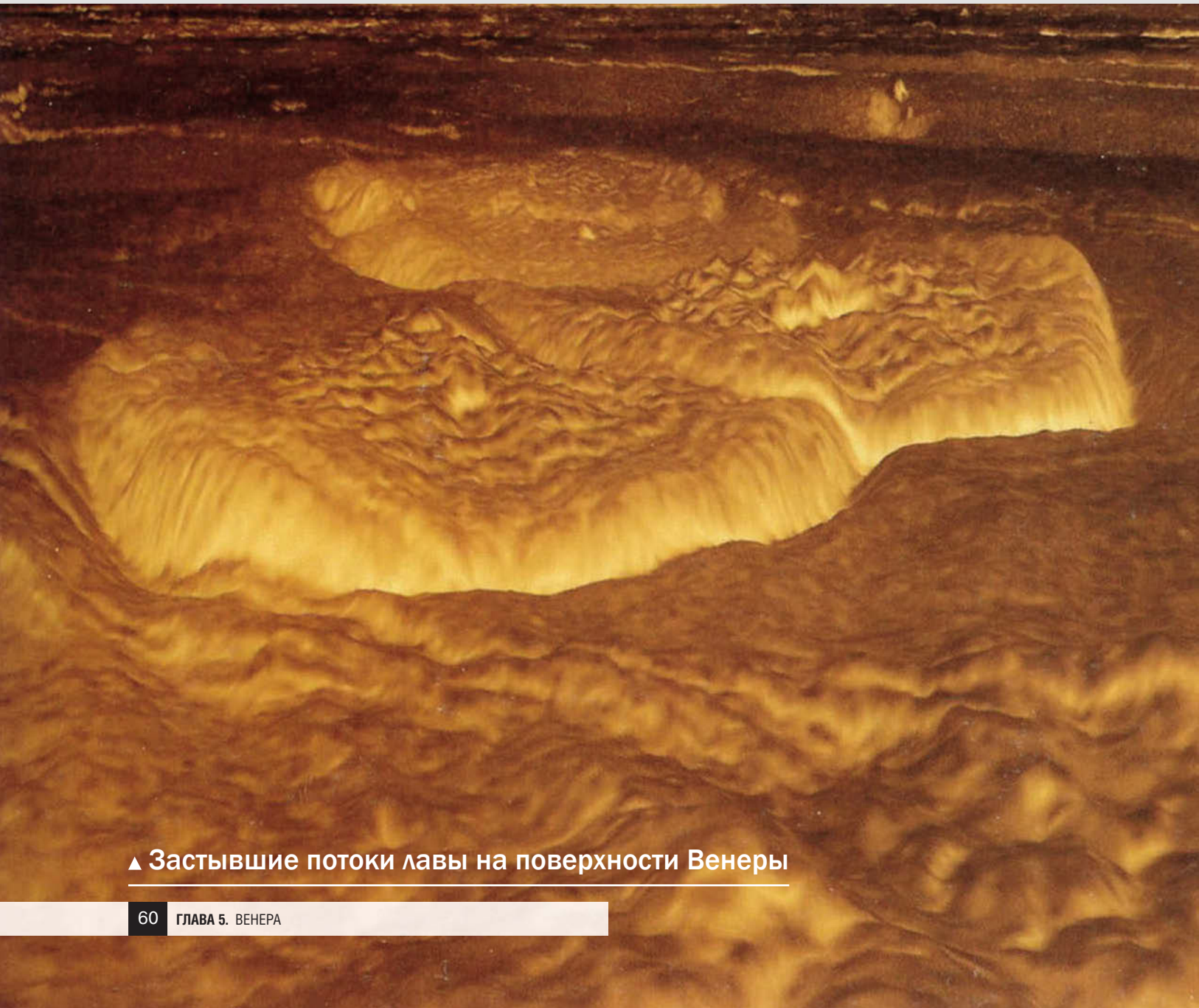
представляют собой венерианские антициклоны с нисходящими потоками атмосферных масс, резко поднимающимися у полярных воротников. Некоторым подобием полярных вихрей Венеры можно назвать земные зимние полярные антициклоны, образующиеся над Антарктидой.

Атмосфера Венеры может быть разделена на два слоя: один — как верхняя граница облаков с постоянной температурой, занимает высоту 60–75 км, второй лежит на высоте 75–100 км с минимальной температурой около –108 °С. Именно здесь в основном формируется венерианская погода и закручиваются ураганы в расположенной ниже тропосфере, причем стремительное перемещение воздушных масс происходит от дневной стороны к ночной, а не в полярном направлении от экватора.

На дневной стороне Венеры поднимаются раскаленные приповерхностные слои, которые, охладившись, растекаются на стокилометровых высотах, двигаясь к ночной стороне, где резко спускаются вниз.

В формировании венерианских кислотных облаков, скорее всего, задействованы многочисленные вулканы, постоянно извергающие гигантское количество серосодержащей магмы. Активная вулканическая деятельность ведет и к появлению мощных электрических разрядов, формирующих настоящие электрические штормы в венерианской атмосфере. Этот феномен неоднократно фиксировали различные орбитальные АМС и спускаемые аппараты. Последние данные говорят о том, что грозы на Венере характеризуются частотой молниевых разрядов, не менее чем в 100 раз превышающих земной показатель. Это поразительное явление получило название электрического дракона.

В рельефе планеты преобладают лавовые потоки, вулканы, есть около тысячи ударных кратеров от крупных болидов. Можно сказать, что рельеф достаточно однотипен (подавляющую часть (85 %) занимают каменистые равнины с преобладанием гладких гряд и базальтовых плоскогорий), изредка встречаются



▲ Застывшие потоки лавы на поверхности Венеры

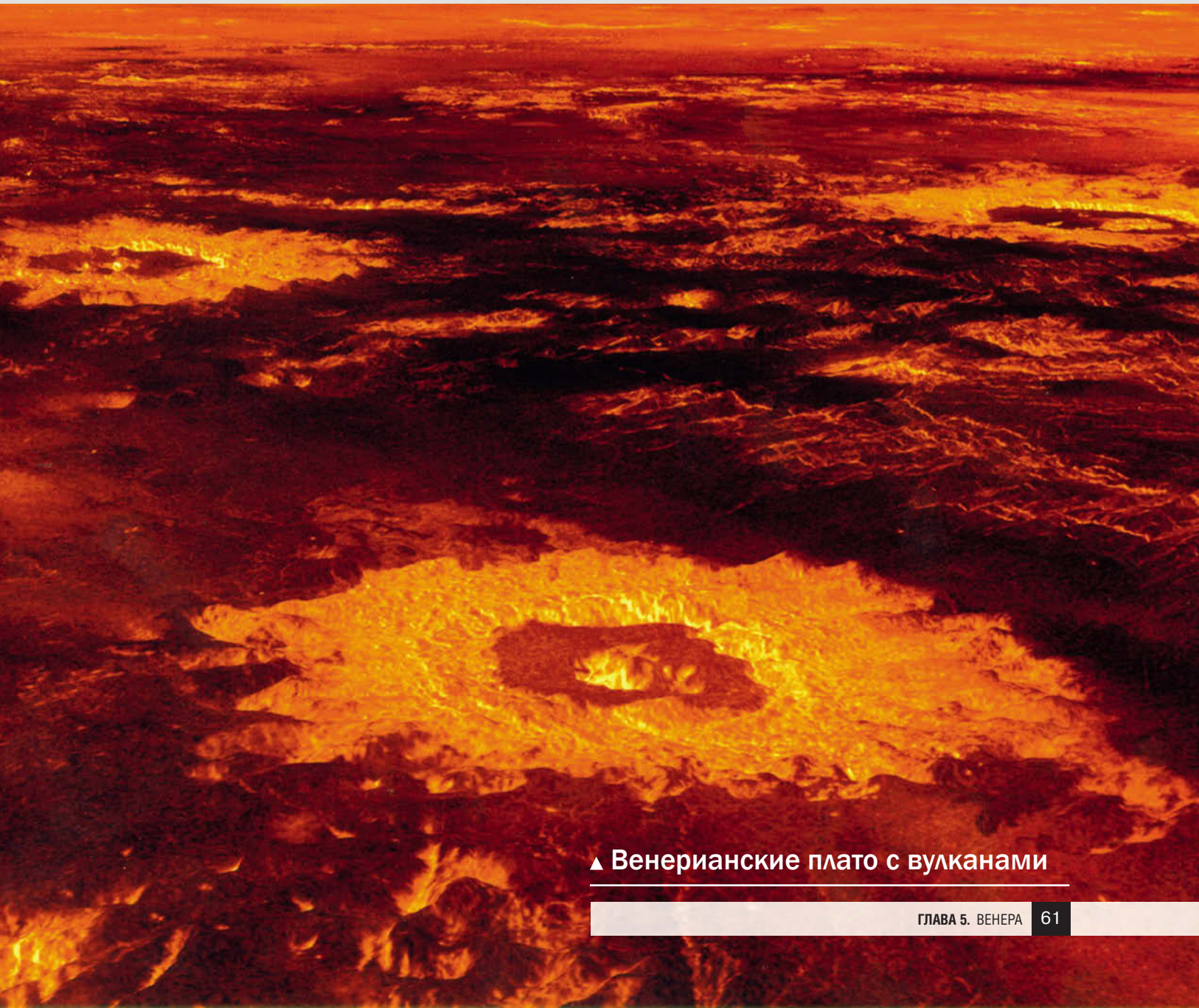
холмистые равнины с обширными языками базальтовых потоков магмы, покрытые многочисленными конусами и куполами действующих и застывших вулканов. Есть и многокилометровые трещины, вызванные, скорее всего, тектоническими деформациями. Кроме того, рельеф Венеры включает три обширные возвышенности.

Одна из возвышенностей — архипелаг Иштар — представляет собой обширную гористую область в северном полушарии планеты (по размерам можно сравнить с Австралией). В центральной части архипелага лежит плато Лакшми, скорее всего, имеющее вулканическое происхождение; по площади оно вдвое превышает Тибет. С запада и северо-запада плато Лакшми ограничивают горы-семитысячники Акны и Фрейи, а с юга подходят скалистые гряды Дану. Восточная часть плато заканчивается высочайшей горной системой Венеры — горами Максвелла, названными в честь знаменитого британского физика. Центральная часть горного массива увенчана семикилометровыми пиками, причем отдельные горные вершины возносятся чуть ли не на двенадцатикилометровую высоту, что дает пятнадцатикилометровую разность высот относительно самой глубокой венерианской впадины, лежащей вблизи экватора.

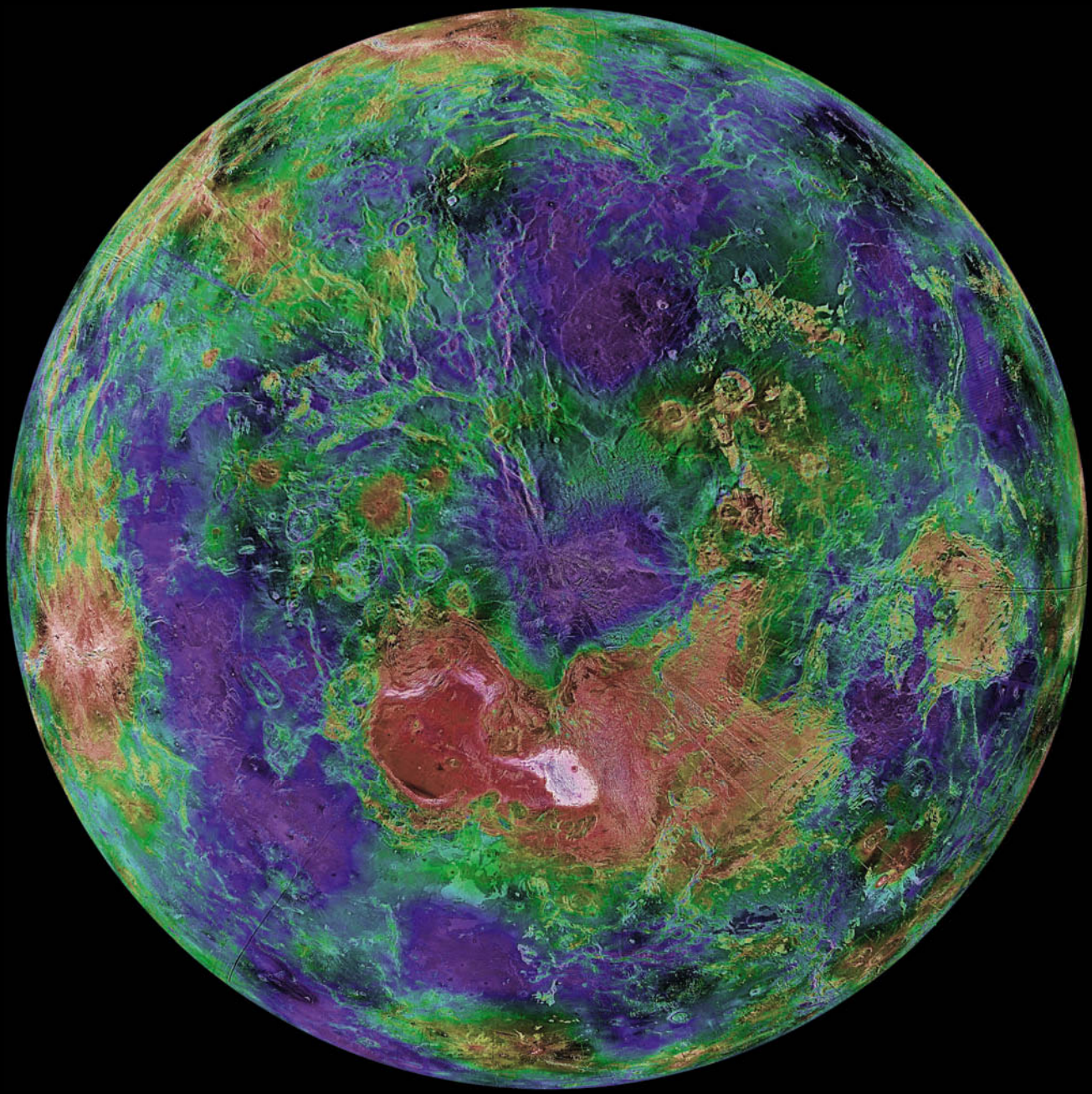
Другая возвышенность — архипелаг Афродиты — протянулась в экваториальной области на десятки тысяч километров.

Еще одна возвышенная область — земля Лады, раскинувшаяся в южном полушарии противоположно архипелагу Иштар. Это сравнительно ровная территория километровой высоты.

Кроме перечисленных возвышенностей, из-за своих размеров и высот, называемых архипелагами и землями, на поверхности Венеры выделяются и другие рельефные образования. Прежде всего это тессеры (в переводе с греч. — «черепица») — возвышенности и нагорья размерами до нескольких тысяч километров, поверхность которых пересечена системами ступенчатых хребтов и желобов.



▲ Венерианские плато с вулканами



▲ Детали поверхности Венеры в искусственных цветах: земли, разломы, тессеры, арахноиды и желоба

Венцы, являющиеся наравне с тессерами уникальными элементами рельефа поверхности Венеры, представляют собой крупные вулканические депрессии овальной или круглой формы с приподнятой центральной частью, окруженные валами, хребтами, углублениями. Центральную часть венцов занимает обширное межгорное плато. От него кольцами отходят горные гряды, часто возвышающиеся над центральной частью плато. Кольцевое обрамление венцов обычно неполное.

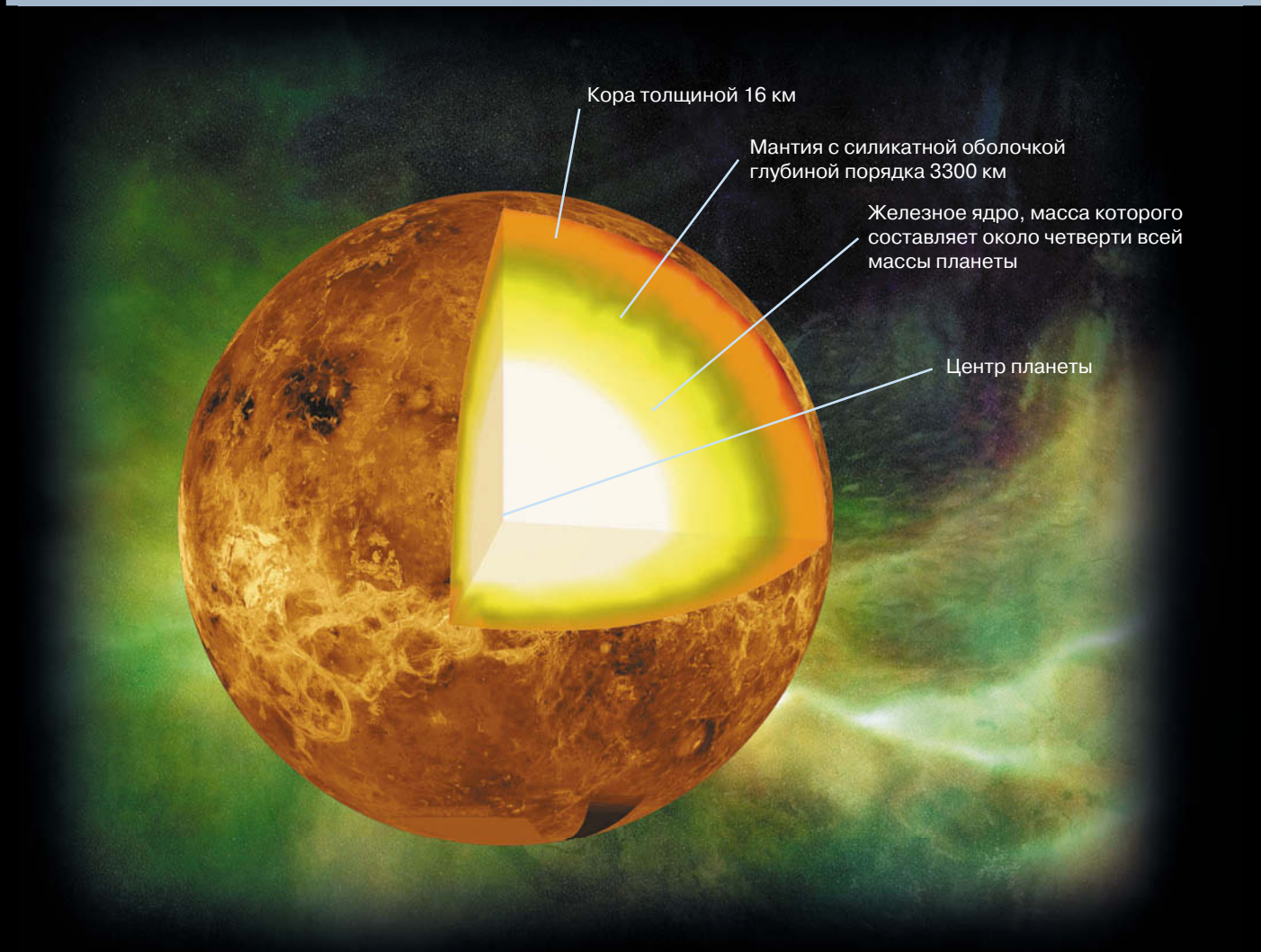
Образовались венцы, по-видимому, в результате активных конвективных потоков в мантии Венеры.

Вокруг части венцов можно наблюдать расходящиеся в стороны застывшие потоки лавы. Это позволяет предположить, что именно венцы могли бы служить основными каналами поступления расплавленной магмы, формирующей обширные плоские участки, которые определяют основной рельеф Венеры.

Некоторые планетологи предполагают, что венцам соответствует такая специфическая форма рельефа, как арахноиды (названы так за свое внешнее сходство с гигантскими пауками). По форме арахноиды чем-то напоминают венцы, но гораздо меньшего размера. Яркие трещины, простирающиеся от них на многие десятки километров, возможно, включают разломы поверхности, возникшие при фонтанировании магмы из недр планеты.

▾ Внутреннее строение Венеры

Поскольку собственное магнитное поле планеты отсутствует, то следует считать, что в железном ядре нет перемещения заряженных частиц — электрического тока, вызывающего магнитное поле, следовательно, движения вещества в ядре не происходит, то есть оно находится в твердом состоянии. Плотность в центре планеты достигает 14 г/см^3.



Кроме перечисленных особенностей венерианского рельефа внутренние процессы в недрах планеты приводят к образованию тектонических разломов — желобов. Подобные образования часто группируются в тысячекилометровые пояса, широко представленные на венерианской поверхности и связанные с другими структурными формами рельефа, такими как каньоны.

Как мы уже отмечали, на поверхности Венеры тысячи различных по размерам и форме вулканов. Некоторые из них достигают 6 км в высоту. Но подавляющая часть не превышает 2–3 км.

В большинстве своем вулканы потухшие, однако некоторая часть, возможно, проявляет активность и в настоящее время. Один из наиболее реальных кандидатов в действующие вулканы — горная система Маат.

В некоторых местах планеты поверхность пересекают загадочные тысячекилометровые борозды шириной в несколько километров, напоминающие речные долины с протоками и дельтами. Самым протяженным подобным руслом является долина Балтис (тянется на 7 тыс. км, ширина составляет 2–3 км).

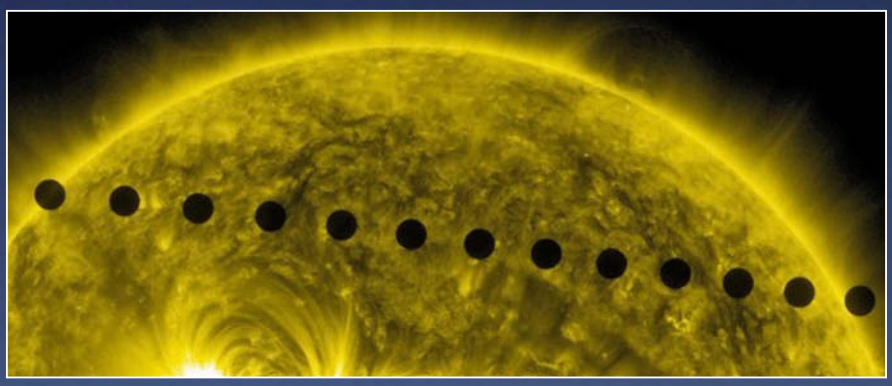
Само происхождение венерианских русел с долинами неясно, поскольку остается загадкой, потоки какой же именно жидкости прорезали поверхность на столь большие расстояния. Компьютерное моделирование показывает, что у типичных базальтовых лав, широко представленных по всей поверхности Венеры, явно недостаточно теплоемкости, чтобы непрерывным потоком проплавить те же базальты равнин, сформировав наблюдаемые русла на протяжении многих тысяч километров. К тому же аналогичные русла — магниевые потоки на Луне — имеют длину всего лишь в десятки километров.

Планетологи считают, что загадочной жидкостью, сформировавшей тысячекилометровые протоки

▾ Путь Венеры на земном небосклоне

«С глубокой древности привлекали к себе внимание ослепительно яркая утренняя и столь же яркая вечерняя звезды, за которыми в греческом мире укрепились названия Фосфор и Геспер. Цицерон по-латыни называет их Веспер и Люцифер.
Вавилонские жрецы в результате кропотливых измерений установили, что так выглядит одно и то же небесное светило, движущееся около Солнца и периодически скрывающееся в его лучах. Это было одно из великих открытий древнего мира.
Под названиями утренней и вечерней звезды вавилоняне наблюдали вторую по счету планету Солнечной системы. Она настолько яркая, что, когда на небе нет Солнца и Луны, эта планета заставляет все предметы отбрасывать тени. За свой исключительный блеск вторая планета была названа впоследствии в честь богини любви и красоты Венерой».

А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба



▲ Прохождение Венеры по диску Солнца

Прохождение Венеры по диску Солнца земляне наблюдали в 1874 и 1882 годах, а затем в 8 июня 2004 года и 6 июня 2012 года. В будущем это явление можно будет увидеть в 2117 и 2125 годах. Процесс перемещения темного диска Венеры (видимый диаметр . примерно 1′) по диску Солнца (диаметр около 30′) заметен с Земли в течение нескольких часов. Разрешающая способность человеческого глаза близка к 1′. Поэтому для точной фиксации моментов контакта дисков Солнца и Венеры требуется увеличивающая изображение аппаратура.

в базальтовых равнинах Венеры, могла быть некая перегретая лава, включающая расплав высокотеплоемких карбонатов и серы.

В рельефе планеты преобладают лавовые потоки, вулканы, есть около тысячи ударных кратеров от крупных болидов.

Как мы уже отмечали, на Венере немало метеоритных кратеров, правда, по сравнению с Луной и Меркурием их количество не кажется внушительным. Это можно объяснить высокой тектонической активностью, сопровождаемой извержениями тысяч вулканов и закончившейся несколько сотен миллионов лет назад.

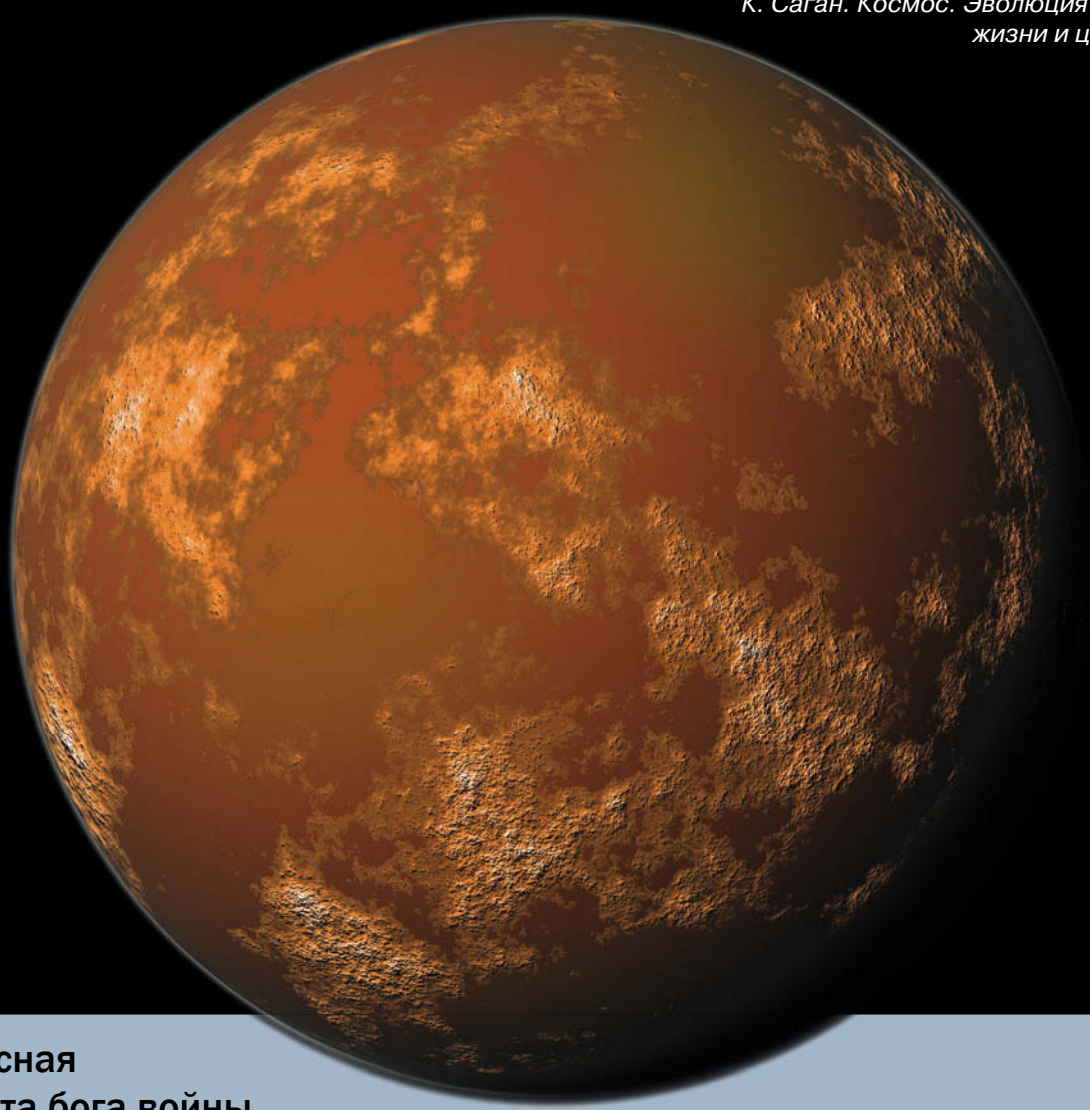
ЭТО ИНТЕРЕСНО

Фазы Венеры открыл в 1610 году Галилей и по обычаям того времени опубликовал зашифрованную латинскую фразу «Эти незрелые вещи разбираются уже мною, но тщетно» с двухбуквенным ключом к шифру. Это позволяло, с одной стороны, не раскрывать ложные открытия, а с другой — подтверждало первенство астронома. Окончательно убедившись в правильности своих выводов, подкрепленных теорией Коперника для внутренних планет Солнечной системы, Галилей расшифровал анаграмму, описывающую его открытие. Переставив буквы в другом порядке, он продемонстрировал фразу: «Мать любви подражает видам Цинтии», где мать любви означала Венеру, а Цинтия — одно из древних латинских названий Луны.

Глава 6
Марс

«О, Марс! Интереснейшая из планет...»
Б. А. Воронцов-Вильяминов. Очерки о Вселенной

«Настоящий Марс — удивительный мир. Будущее его гораздо увлекательнее, чем наши прошлые представления о нем. Мы уже добрались до Марса, мы исследуем его пески, мы воплотили в реальность то, что столетиями было лишь мечтой!»
К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации



▾ Красная планета бога войны

«Марс, четвертая от Солнца планета, названа так в честь бога войны. С Земли он виден как светило с отчетливо красноватым, „кровавым“ отливом. Два спутника Марса получили имена из „Илиады“ Гомера: это сподвижники бога войны Фобос и Деймос — Страх и Ужас».
А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба

Покинув негостеприимную Венеру с ее сернокислыми облаками и бушующими вулканами, взглянем на голубую точку родной Земли и устремимся к четвертой планете Солнечной системы — Марсу. Пожалуй, ни одно небесное тело так не интересовало землян, как Марс. Связано это, конечно, с надеждой встретить среди красных песков обитателей Красной планеты. К сожалению, реальность оказалась гораздо более прозаической — бесконечные безжизненные пески и дюны, перемежающиеся каменистыми россыпями и метеоритными кратерами. Есть и циклопические горные цепи, но нет самого главного — ни малейших следов живых организмов...

Марс — последняя в череде планет земной группы и самая далекая из них от Солнца. Планета бога войны прекрасно видна на небе и имеет красноватый оттенок, напрямую связанный с окраской пустынной поверхности, содержащей оксиды железа.

Шар Марса диаметром 6786 км описывает эллипс на средней дистанции от Солнца в 227,9 млн км. Марсианские сутки удивительно похожи на земные — 24 ч 37 мин, а вот год длится почти вдвое дольше — 687 суток (точнее — 686,98). Погода на Красной планете далеко не курортная: при средней температуре –50 °С по поверхности постоянно разгуливают колоссальные песчаные бури, поднимающие гигантские тучи пыли в атмосферу. У Марса есть два небольших спутника, больше напоминающие циклопические астероиды Фобос и Деймос, что на греческом означает «страх» и «ужас».

▲ Спутники Фобос и Деймос

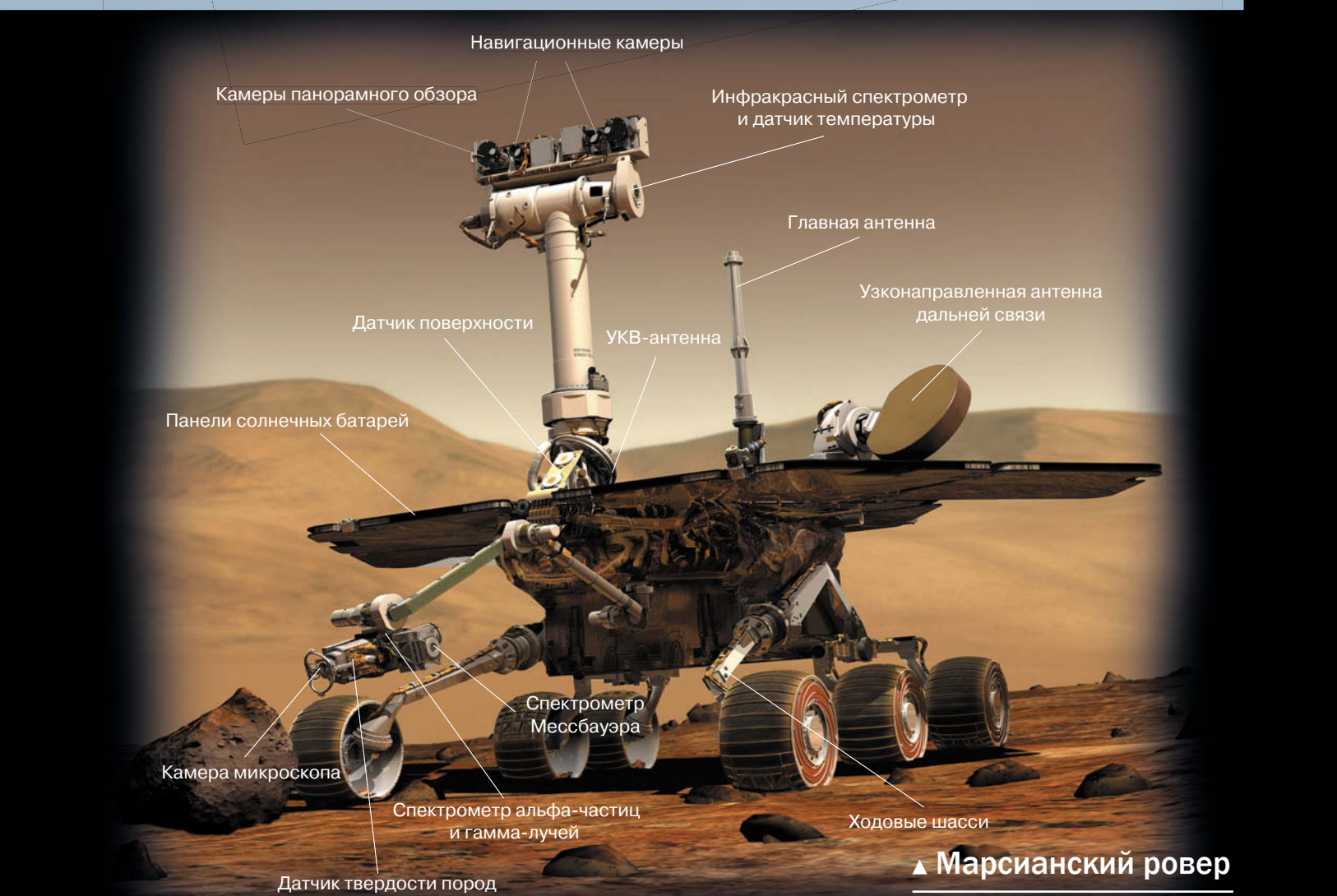
«Кроме того, они открыли две маленькие звезды или спутника, обращающихся около Марса, из которых ближайший к Марсу удален от центра этой планеты на расстояние, равное трем ее диаметрам, а более отдаленный находится от нее на расстоянии пяти таких же диаметров. Первый совершает свое обращение в течение 10 часов, а второй — в течение 21 с половиной часа, так что квадраты времен их обращения почти пропорциональны кубам их расстояний от центра Марса, каковое обстоятельство с очевидностью показывает, что означенные спутники управляются тем же самым законом тяготения, которому подчинены другие небесные тела…»

Дж. Свифт. Путешествия в некоторые отдаленные части света Лемюэля Гулливера, сначала хирурга, а потом капитана нескольких кораблей

▲ Самый «страшный» спутник Фобос

«Плотность Фобоса (немного больше 2 г/см^3) известна. А это позволяет нам определить силу тяготения, то есть, говоря проще, вес предметов на его поверхности. Оказывается, что эта сила очень мала: средний человек весом 60 кг на Фобосе потянул бы на пружинных весах (рычажным весам сила тяжести безразлична) всего граммов тридцать! Это сильно облегчит будущему космонавту попытки взлететь с Фобоса. Для этого ему потребуется лишь такое мускульное усилие, которое на Земле нужно для прыжка на высоту два с половиной метра. Правда, спортсмена, который взял бы 2,5-метровую планку, среди нас пока нет. Но все же уйти в мировое пространство без каких-либо ракет, чуть ли не просто поднатужившись в прыжке, — перспектива впечатляющая».

Б. И. Силкин. В мире множества лун



▲ Марсианский ровер

Недавно на Марс высадился очередной десант автоматических исследовательских аппаратов — стартовала одна из самых обширных космических программ со времени покорения Луны. Можно уверенно утверждать, что еще ни одно космическое тело не оказывалось под таким пристальным наблюдением землян.

В 2003 году стартовала долговременная миссия НАСА Mars Exploration Rover (MER), в ходе которой на поверхность планеты были спущены два передвижных аппарата (ровера) — MER-A «Спирит» и MER-B «Оппортьюнити». Среди приоритетных целей миссии — исследование рельефа Марса, его геологии и поиски признаков жизни.

Mars Science Laboratory («Марсианская научная лаборатория», МНЛ) — миссия НАСА, в ходе выполнения которой на Красную планету был успешно доставлен марсоход «Кьюриосити» (curiosity с англ. — «любопытство, любознательность»). Запуск его состоялся 26 ноября 2011 года, а мягкая посадка на Марс произошла 6 августа 2012 года. Это автономная химическая лаборатория, значительно превышающая по всем параметрам предыдущие марсоходы «Спирит» и «Оппортьюнити». Предполагаемый срок работы ровера — марсианский год. Планируется, что «Кьюриосити» за несколько месяцев пройдет от 5 до 20 км, проводя анализ почвы и атмосферы.

В этом нет ничего особо удивительного, ведь Марс во многом похож на Землю, наверное, это единственное внеземное место, где человек сможет обходиться минимальными средствами индивидуальной защиты — теплой одеждой и кислородным респиратором. Возможно даже, что и там когда-то зародилась жизнь, и Марс мог стать второй Землей. Что, если жизнь и сейчас там есть? Что, если в недрах Красной планеты сохранились пласты жидкой воды с микроорганизмами? Правда, и на поверхности изредка встречаются тонкий покров леденистого снега и небольшие ледники в углублениях чаш кратеров. Сезонно возникают полярные шапки, но никто еще не видел ручейка от тающего льда или хотя бы лужицы талой воды. Впрочем, оптимисты продолжают надеяться, что в один прекрасный момент роботы-марсоходы наткнутся своими бурами на подземные водоемы, скрытые слоем льда и песка.

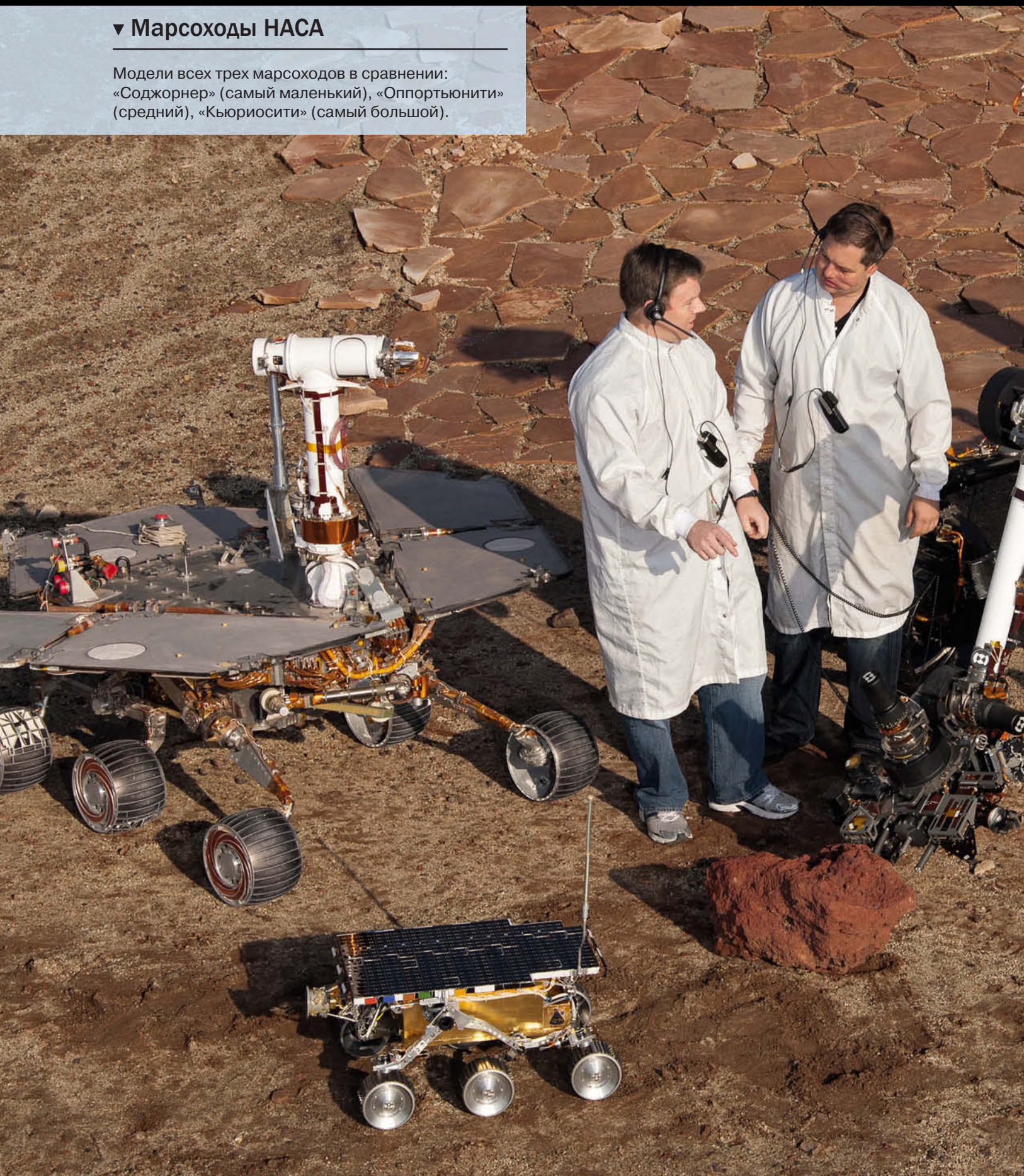
▲ «Картофелины» марсианских спутников

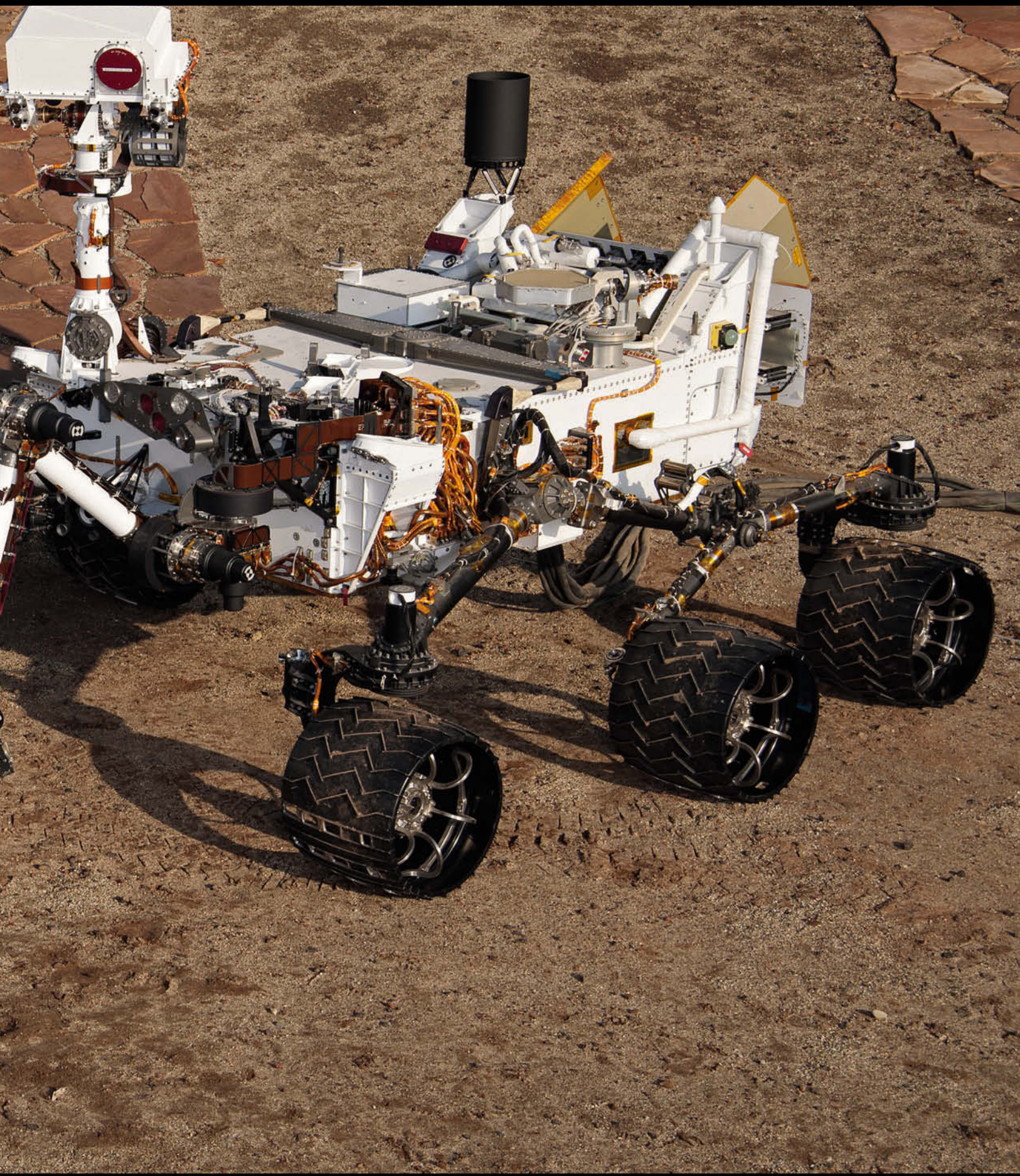
«Подробные снимки Деймоса позволили обнаружить пока еще не объясненный факт: оказывается, некоторые кратерные валы и примерно десятиметровые каменные глыбы, рассеянные по поверхности Деймоса, украшены длинным шлейфом. Эти шлейфы выглядят как довольно длинная полоса, образованная как бы выброшенным из глубины мелкозернистым материалом. Нечто подобное есть и на Марсе, но, кажется, там эти полосы выглядят несколько иначе. Во всяком случае, специалистам опять есть над чем поломать голову».

Б. И. Силкин. В мире множества лун

▾ Марсоходы НАСА

Модели всех трех марсоходов в сравнении: «Соджорнер» (самый маленький), «Оппортьюнити» (средний), «Кьюриосити» (самый большой).





Давно известно, что Марс практически лишен ионосферы и его верхние слои атмосферы представляют собой одну большую озоновую дыру, через которую потоки жесткой космической радиации стерилизовали открытую поверхность Красной планеты, превратив ее в пустыню. Тем не менее, закопавшись в грунт и найдя влагу, живые марсианские микробы были бы надежно защищены не только от смертельного излучения, но и от губительных перепадов температуры. Между прочим, многие ученые считают, что марсианский лед циклически тает и заново замерзает, изменяя размеры некоторых характерных деталей рельефа, например таких, как углубления, напоминающие рвы.

Это во многом объясняет, почему все марсианские экспедиции так и не смогли обнаружить даже малейших признаков живой материи. Возможно, сам сценарий поисков был глубоко ошибочен, и простейшие организмы необходимо, как минимум, искать в неких глубоких нишах, где они смогли пережить критические климатические аномалии и дожить до наших дней.

Перед последними миссиями АМС на Красную планету опять встают все те же нерешенные вопросы: была ли жизнь на Марсе? Если живая материя когда-то возникла на поверхности Марса, то сохранилась ли она в недрах планеты? Где конкретно искать следы марсианской жизни?

Остается только ждать большой пилотируемой международной экспедиции, которая планируется в 2020–2030-х годах.

▲ Атмосферный вихрь (пыльный дьявол) среди марсианских песчаных барханов

▲ Гипотеза нахождения живых микроорганизмов на Марсе

ЭТО ИНТЕРЕСНО

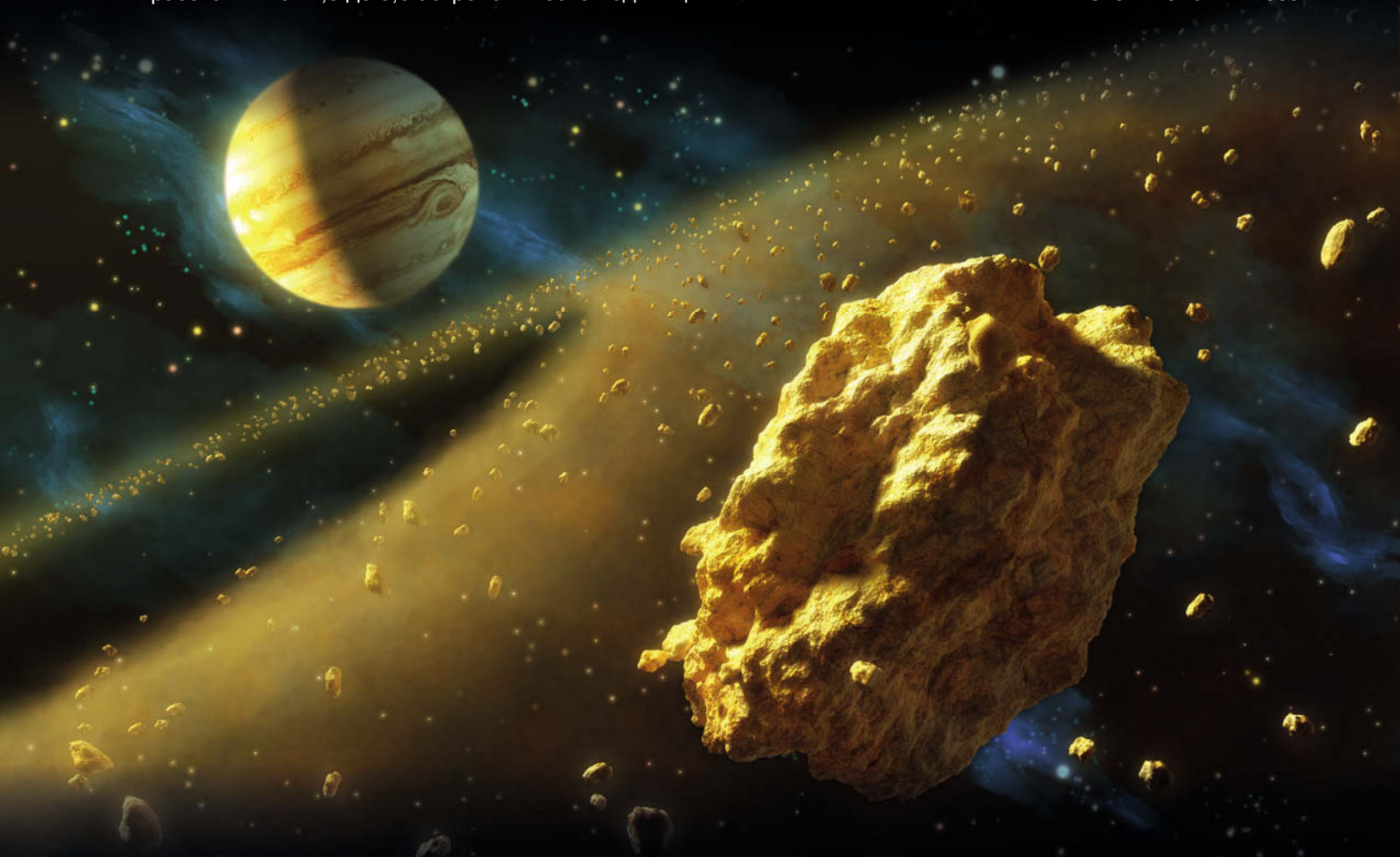
В конце 1950-х годов выдающийся советский астроном Иосиф Самуилович Шкловский опубликовал свои расчеты движения одного из спутников Марса Фобоса. Это вызвало небывалый ажиотаж среди астрономов, ведь исследования члена-корреспондента АН СССР наглядно показывали, что плотность Фобоса столь мала, что он должен быть пустотелым!

Естественно, что тут же возникли многочисленные гипотезы об искусственном происхождении этой марсианской луны, ведь в то время гипотезы о разумной жизни на Марсе были чрезвычайно популярны. Однако дальнейшие исследования орбитального движения Фобоса показали, что в предыдущие расчеты вкралась ошибка и его движение ни чем не отличается от других планетных сателлитов... Окончательно эти неутешительные для энтузиастов внеземной жизни выводы подтвердили последующие экспедиции АМС. Сам же Иосиф Самуилович был так разочарован крушением своей мечты, что перешел на диаметрально противоположную точку зрения и стал утверждать, что, вероятнее всего, человечество совершенно одиноко во Вселенной.

Глава 7
В главном поясе астероидов

«Астероиды вращаются вокруг Солнца, двигаясь в ту же сторону, что и большие планеты, — против часовой стрелки, если смотреть со стороны северного полюса мира. Львиная доля их удалена от Солнца на расстояния от 2,3 до 3,3 астрономической единицы. Таким образом, планеты-карлики образуют между орбитами Марса и Юпитера широкое кольцо, или, как его иначе называют, „пояс астероидов“».

А. А. Гурштейн.
Извечные тайны неба



▲ **Главный пояс астероидов и Юпитер** (художественная реконструкция)

«Плотность астероидов внутри пояса неравномерна. Вначале астрономы не видели причин для беспокойства в том, что им практически не встречаются малые планеты с расстояниями от Солнца, например, в 2,50 или 2,84 астрономической единицы. Но в конце концов существование нескольких „провалов“ в поясе астероидов стало очевидным. Объяснить их удалось воздействием гиганта Юпитера».

А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба

▾ Крупнейшая карликовая планета главного астероидного пояса — Церера (художественная реконструкция)

Церера была открыта в ночь на 1 января 1801 года итальянским астрономом Джузеппе Пиацци. Первоначально считалась планетой, а затем в течение двух столетий просто крупным астероидом. Окончательно была классифицирована как карликовая планета и названа в честь древнеримской богини плодородия и покровительницы Сицилии.

Оставив позади пыльные марсианские ураганы, до сих пор скрывающие тайну жизни на Красной планете, отправимся в одно из самых загадочных мест Солнечной системы, носящее название главного пояса астероидов. Этот термин ввел в середине XIX века выдающийся немецкий ученый-просветитель Александр фон Гумбольдт.

Суммарная масса этого скопления летающих скал диаметром от метра до сотен километров равна примерно 4 % лунной массы, причем больше ее половины заключено в четырех крупнейших телах: Цереpе, Палладе, Весте и Гигее. Их средний диаметр близок к 400 км, а самое огромное из них — Цереру — можно даже считать самой настоящей карликовой планетой (диаметр ее более 950 км, а масса больше суммарной массы Паллады и Весты). Однако подавляющее большинство многих миллионов астероидов главного пояса значительно меньше по величине и они составляют в диаметре всего лишь десятки метров.

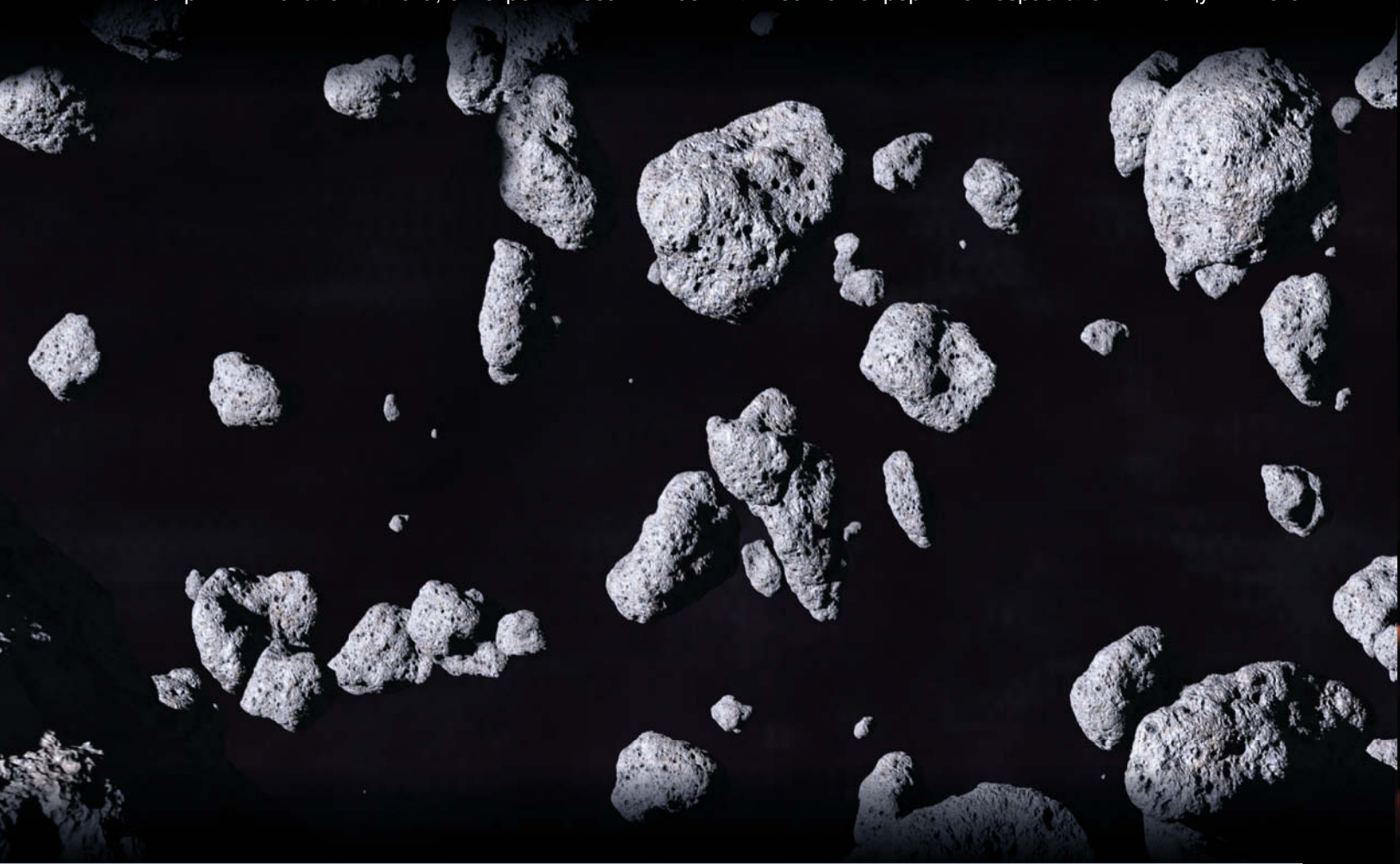
Астрономы-планетологи до сих пор спорят о причинах появления главного астероидного пояса, но в большинстве сходятся во мнении, что определяющую роль сыграло чудовищное тяготение Юпитера, то ли мешавшее образоваться полноценной планете, то ли, наоборот, разорвавшее ее на части, множественные столкновения которых и привели к сегодняшней картине этого орбитального роя астероидов.

В конечном итоге множество астероидов распались на более мелкие фрагменты. Большинство их было выброшено силами гравитации на окраины Солнечной системы либо перешло на очень вытянутые орбиты, двигаясь по которым (и возвращаясь во внутреннюю часть Солнечной системы), они сталкивались с планетами земной группы во время эпохи поздней тяжелой бомбардировки, около 3,5 млрд лет назад. Это объясняет низкую плотность сегодняшнего состояния пояса астероидов.

Столкновения между астероидами происходят постоянно даже с учетом разреженности современного астероидного пояса, что формирует множество астероидных семейств с похожими орбитами и химическим строением.

Крупнейшие представители главного пояса астероидов — Церера, Паллада, Юнона и Веста — были открыты в начале XIX века, а Астрея и Геба — в середине. В отличие от других планет, даже в самые сильные телескопы того времени все они выглядели как точки света, неотличимые от обычных звезд в отсутствие движения. Поэтому новые небесные тела стали считать отдельным классом звездоподобных объектов (греч. — астероидов, от др.-греч. ἀστεροειδής — «подобный звезде»: из ἀστήρ — «звезда» и εἶδος — «вид, наружность, качество»). Для обитателей главного пояса астероидов был предложен и специальный термин «зенареиды» (от греч. названий Юпитера — Зевса и Марса — Арея, указывает на местоположение между орбитами этих двух планет). Однако термин не вошел в широкое обращение, изредка встречается лишь в специальной астрономической литературе.

По мере развития методов наблюдения астероидов с помощью все более мощных телескопов их количество непрерывно возрастало и к концу XIX века



▲ Зенареиды — население главного пояса астероидов

Астероидами считают тела диаметром более 30 м, меньшие называют метеороидами, или метеоритами. Особо крупных тел в главном поясе астероидов довольно мало, например стокилометровых астероидов всего около 200, и известно порядка тысячи астероидов радиусом больше 15 км. Основное население главного пояса, судя по всему, образует несколько миллионов астероидов диаметром в десятки и сотни метров.

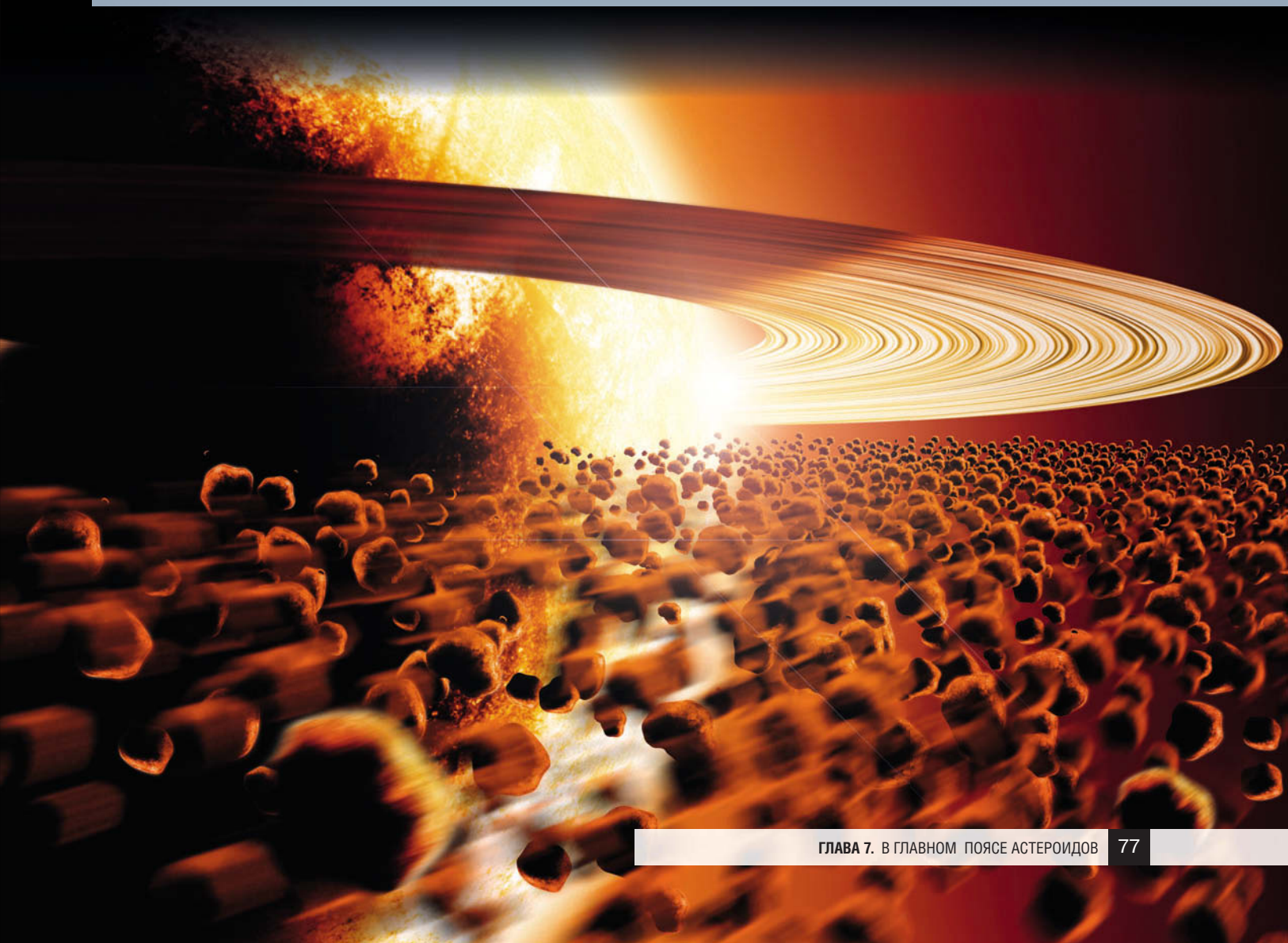
уже превышало три сотни. В это же время возникла гипотеза, что когда-то миллионы или даже миллиарды лет назад на месте главного пояса астероидов находилась некая планета Фаэтон, которая либо была разорвана притяжением Юпитера и Марса, либо разрушилась в столкновении с каким-то иным массивным небесным телом. Впоследствии подобные гипотезы были признаны несостоятельными, поскольку поле притяжения Юпитера препятствовало бы образованию Фаэтона. С другой стороны, различный химический состав попадающих на землю из главного пояса метеоритов также противоречит версии их единого источника. Поэтому сегодня ученые сошлись на том, что главный пояс астероидов состоит из «строительного мусора», оставшегося от времени формирования планет Солнечной системы, то есть планеты, не сформировавшейся, скорее всего, из-за сильного тяготения Юпитера.

Новый этап изучения астероидов начался с применения в 1891 году метода астрофотографии, заключающегося в фотографировании с долгой экспозицией, так что движущиеся, слабо видимые тела оставляют четкие светлые линии. С помощью астрофотографии за последующие три десятилетия было обнаружено свыше тысячи астероидов, а сегодня их число составляет около 300 тыс. и продолжает расти, причем современные системы поиска новых астероидов позволяют выявлять их автоматически, практически без участия человека. При этом самое пристальное внимание уделяется крупным объектам, способным вторгнуться в земную атмосферу вместе с некоторыми кометами и метеороидами.

▼ Газопылевое облако вокруг формирующейся звезды

(художественная реконструкция)

В 1755 году великий философ и космолог Эммануил Кант закончил теорию рождения Солнечной системы из облака хаотически движущихся холодных пылинок. Гипотезу Канта дополнил и развил выдающийся физик и математик Пьер Симон Лаплас, который в 1796 году описал образование Солнца и планет из медленно вращающейся раскаленной газопылевой туманности.



Надо честно признать, что единого мнения относительно формирования группы землеподобных планет до сих пор не существует и этот этап развития Солнечной системы выглядит довольно загадочно. Дело в том, что соответствующие космогонические сценарии предсказывают образование еще как минимум десятка планет размером с Меркурий или Марс. Их отсутствие можно объяснить тем, что эти первичные планеты попросту рассыпались при взаимных соударениях и под действием гравитационных сил. После этого некоторая часть их вещества могла бы образовать пояса астероидов, а другая выпасть каменным дождем на уцелевших планетах, еще одна часть могла быть выброшена на периферию Солнечной системы под воздействием гравитации газовых гигантов и в первую очередь Юпитера. Подобные модели дают астрономам надежду открыть еще множество разнообразных тел, включая малые планеты, кружащиеся где-то на окраине Солнечной системы.

С современной точки зрения формирование больших и малых тел Солнечной системы началось где-то 4,5 млдр лет назад, когда из межзвездного газопылевого облака возник под действием сил внутренней гравитации вращающийся диск с неоднородностями и уплотнениями. В центре облака самое крупное уплотнение превратилось в Солнце, а иные сгустки вещества, как снежные комья со все более возрастающим притяжением, составили зародыши будущих планет, которые планетологи называют планетезималями.

В протопланетном облаке по мере удаления от Солнца сильно изменялась средняя температура вещества, определяя существенные изменения и в его химическом составе. При этом в модели формирующейся Солнечной системы именно та часть протопланетного диска, на месте которой сегодня расположился главный пояс астероидов, оказалась в области конденсации разнообразных летучих соединений, в частности водяного пара. В то же время вблизи рос гигантский зародыш Юпитера, который в опережающем темпе аккумулировал водород, азот, углерод и всяческие соединения этих газов, приходивших из разогретой центральной части формирующейся Солнечной системы.

▲ Типичный астероид средних размеров

Как и все тела Солнечной системы, астероиды претерпели значительные изменения с момента своего образования. Главные причины — сильный их нагрев (из-за непрерывных столкновений и солнечного ветра) в первые несколько миллионов лет существования, разделение вещества в крупных планетезималях и их дробление на более мелкие фрагменты, сопровождаемое плавлением поверхности при ударах микрометеоритов и космическом выветривании, под воздействием солнечного ветра.

▾ Астероид Ида и его спутник Дактиль

Множественные столкновения в главном поясе астероидов иногда приводили к образованию любопытных астероидных систем, состоящих из центрального тела и одного или нескольких мелких сателлитов. Подобную модель хорошо подтверждает астероид Ида с небольшим спутником Дактилем.

Размер Иды — 58 × 23 км,
Дактиля — 1,5 км,
расстояние между ними — 85 км

Мощная гравитация гигантского зародыша Юпитера остановила развитие еще одной планеты Солнечной системы — и на ее орбите успели возникнуть только несколько десятков допланетных планетезималей. Впоследствии гравитационные возмущения рассеяли большую часть первичного материала главного пояса, оставив лишь около 0,1 % вещества первоначальной массы. Между тем компьютерные модели показывают, что здесь действительно могла бы сформироваться планета земной массы. Может быть, некоторые крупные фрагменты этой несостоявшейся планеты до сих пор находятся на окраинах Солнечной системы.

Эволюция крупнейших астероидов пояса включала процесс гравитационного разделения, когда они испытывали нагревание, приводившее к плавлению их силикатного вещества с выделением металлических ядер и более легких силикатных оболочек. Так, у крупных астероидов возникла даже своеобразная базальтовая кора, совсем как у внутренних планет земной группы.

Теория возникновения главного пояса астероидов предполагает, что вначале население пояса должно было включать немало очень крупных объектов, в которых могла идти дифференциация внутреннего строения. Подобные астероиды могли бы иметь все признаки малых планет, включая кору и мантию из базальтовых пород. Соответственно, в последующем более половины фрагментов крупных тел должны были бы состоять из базальта. Тем не менее базальтовые тела практически не встречаются в главном поясе. Одно время даже считалось, что практически все базальтовые астероиды представляют собой осколки коры Весты, однако более подробные исследования показали различие в их химическом составе, что указывает на их отдельное происхождение.

Интересно, что, когда главный пояс находился в стадии формирования, в нем возникла так называемая снеговая линия, в пределах которой поверхность астероидов не нагревалась выше температуры таяния льда. Поэтому на астероидах, сформировавшихся вне этой линии, смог возникнуть водяной лед, что привело к появлению космических айсбергов с большим содержанием льда.

Эти соображения подтвердило открытие новых разновидностей обитателей главного пояса астероидов в виде сравнительно небольших комет, населяющих внешнюю часть пояса далеко за пределами снеговой линии. Может быть, именно эти «снежные астероиды» стали источниками воды (и следовательно, жизни) в земных океанах, попав на Землю во время кометной бомбардировки. Данную гипотезу косвенно подтверждает и разница в изотопном составе комет, прилетающих с далеких окраин Солнечной системы, с распределением изотопов в воде земной гидросферы. В то же время изотопный состав небольших комет, располагающихся во внешней части главного пояса астероидов, вполне схож с земным, и поэтому можно предположить, что эти астероиды были источниками земной воды.

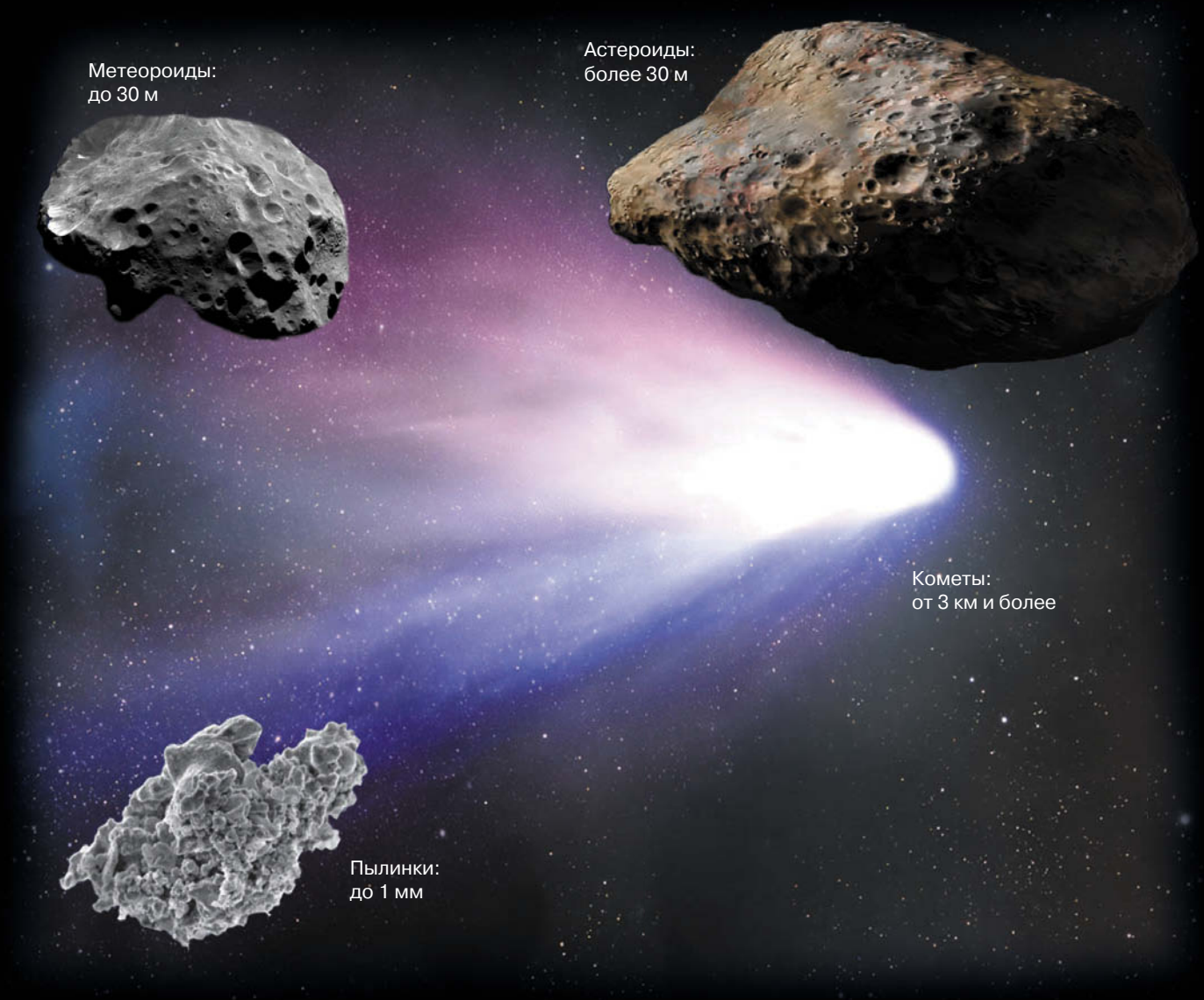
При ближайшем рассмотрении главный пояс астероидов предстает довольно разряженным образованием с большими дистанциями между отдельными объектами. Сегодня известны сотни тысяч его обитателей, а общее количество оценивается в десятки миллионов, тем не менее занимаемый поясом объем пространства просто огромен, что и определяет крайне низкую плотность астероидного населения. Один из выводов — весьма незначительная опасность столкновения космического аппарата с каким-нибудь астероидом, достигающая по самым пессимистическим оценкам одного шанса на миллиард.

▲ Комета из главного пояса астероидов (художественная реконструкция)

Вещественную основу комет как малых тел Солнечной системы составляет твердое ядро. Скорее всего, кометные ядра являют собой конгломерат из водяного льда и льда газов с мелкой космической пылью. По мере приближения к Солнцу с поверхности кометы начинается процесс бурного испарения всяческих летучих веществ. Так возникает подсвеченный лучами Солнца гигантский газовый шлейф, который тянется за кометным ядром на десятки миллионов километров.

▾ Характерные размеры обитателей главного пояса астероидов

На сегодняшний день астрономы изучают уже несколько десятков астероидных семейств, среди которых доминируют небольшие по количеству и размеру ассоциации. Однако встречаются и довольно крупные семейства, в которые входят меньшие ассоциации, включающие группы или кластеры.



Между составом астероида и его расстоянием от Солнца можно проследить вполне определенную зависимость. Например, каменные силикатные астероиды расположены намного ближе к светилу, чем углеродно-глинистые, содержащие следы воды в связанном состоянии и даже обычный водяной лед. У близких к Солнцу астероидов также более высокая отражательная способность, чем у центральных и периферийных. Астрономы объясняют это воздействием солнечной радиации, «выдувавшей» более легкие элементы, такие как вода и газы, на периферию. Таким образом, водяной лед сконденсировался на астероидах внешней области главного пояса.

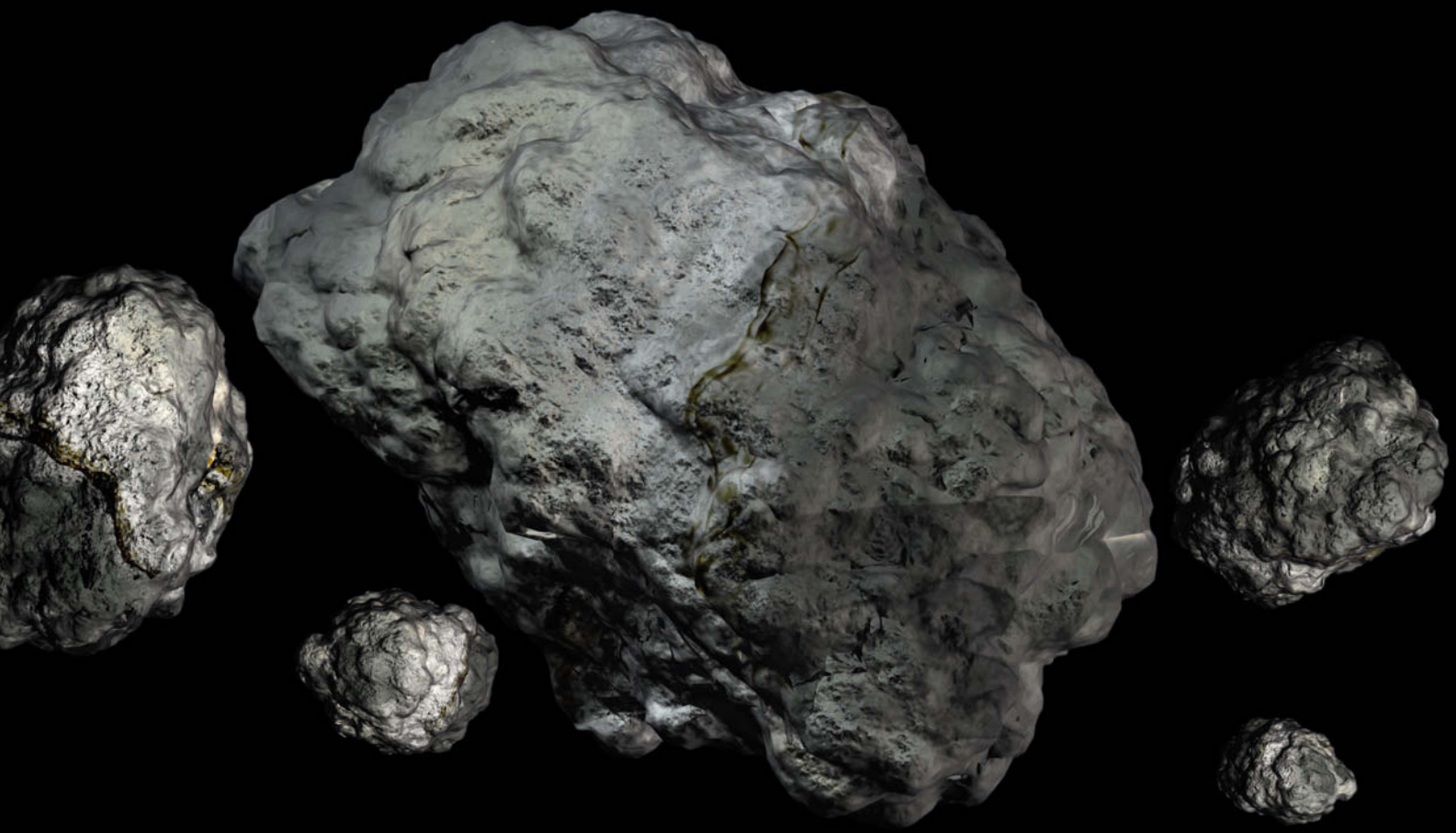
Среди астероидов главного пояса есть и те, у которых на определенном расстоянии от Солнца проявляются признаки комет и газового или пылевого хвоста. Поскольку появление обычных комет в главном поясе маловероятно, то считается, что подобные кометоподобные объекты образовались во внешней части самого пояса.

Из основных характеристик астероидов стоит упомянуть показатели их цветности, отражательной способности поверхности и характеристики спектра отраженного солнечного света. Изначально эта классификация определяла только три основных класса астероидов:

- класс C — углеродные, 75 % известных астероидов;
- класс S — силикатные, 17 % известных астероидов;
- класс M — металлические, большинство остальных.

Этот список был позже расширен, и число классов продолжает расти по мере изучения астероидов.

Относительно высокая концентрация крупных и средних тел в центральной области главного пояса предполагает возможность их довольно частых, по астрономическим меркам, сокрушительных столкновений, происходящих не реже чем раз в десятки миллионолетий. При этом идет их дробление на отдельные фрагменты различных размеров. Впрочем, если астероиды встречаются на сравнительно небольших скоростях, возможен обратный процесс их «слипания», когда они объединяются в одно более крупное тело. В современную астрономическую эпоху, несомненно, доминируют дробление и рассеивание частей астероидов, но 4 млрд лет назад именно процессы укрупнения привели к образованию планет Солнечной системы.

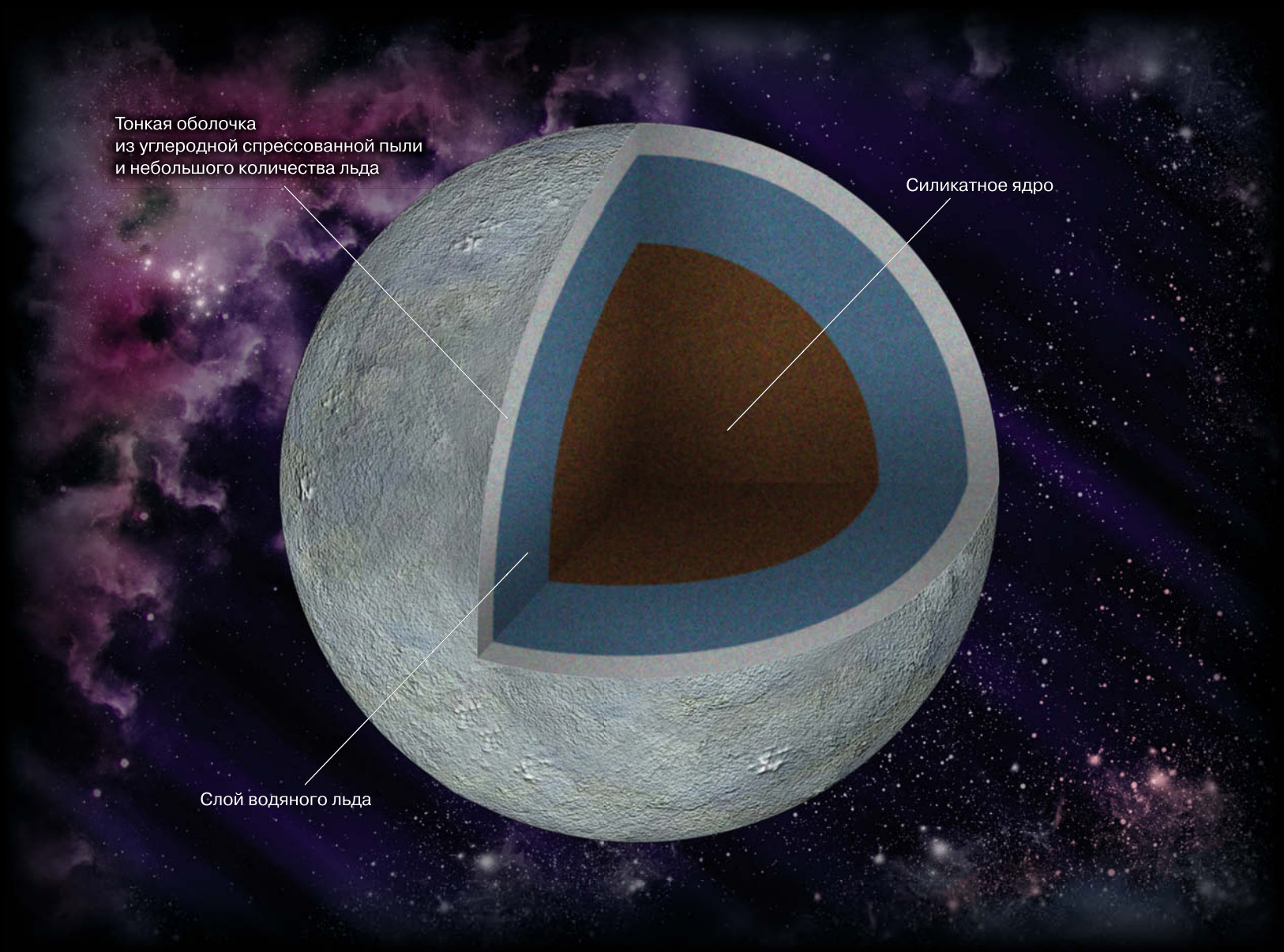


▲ Углеродные астероиды класса C

Подобные тела составляют более трех четвертей населения главного пояса и содержат большой процент элементарных углеродных соединений. Их количество особенно велико во внешних районах главного пояса. Внешне углеродистые астероиды имеют тусклый темно-красный оттенок, и их довольно трудно обнаружить. Видимо, главный пояс астероидов содержит довольно много таких тел, которые можно найти по излучению в невидимом инфракрасном диапазоне из-за наличия в них воды. Крупнейший представитель углеродистых астероидов — Гигея.

▾ Церера — необычный силикатный астероид с углеродно-ледяной оболочкой

Довольно распространенный класс астероидов — силикатные тела класса S, группирующиеся во внутренней части пояса. Их поверхность покрыта различными силикатами и некоторыми металлами, в основном железом и магнием, при полном отсутствии углеродных соединений. Все это результат значительных изменений, вызванных плавлением и разделением веществ.



С тех пор дробление астероидных фрагментов с превращением их в метеороиды полностью изменило внешний вид главного пояса астероидов, наполнив его обширными шлейфами мелких крупинок и пыли из микрочастиц радиусом в несколько сотен микрометров. Последствия подобного дробления, «перемеливания» и перемешивания с добавками, кроме астероидной, еще и пыли, выбрасываемой кометами, вызывает явление зодиакального света (слабое послезакатное и предрассветное свечение, наблюдаемое в плоскости эклиптики, имеющее вид расплывчатого треугольника).

◂ Металлический метеороид

Металлические астероиды и метеороиды класса M главного пояса богаты никелем и железом. Их около 10 % всех тел. Имея умеренную отражательную способность, эти объекты могут быть частями металлических ядер астероидов, вроде Цереры, возникших при формировании Солнечной системы и разрушенных во взаимных столкновениях.

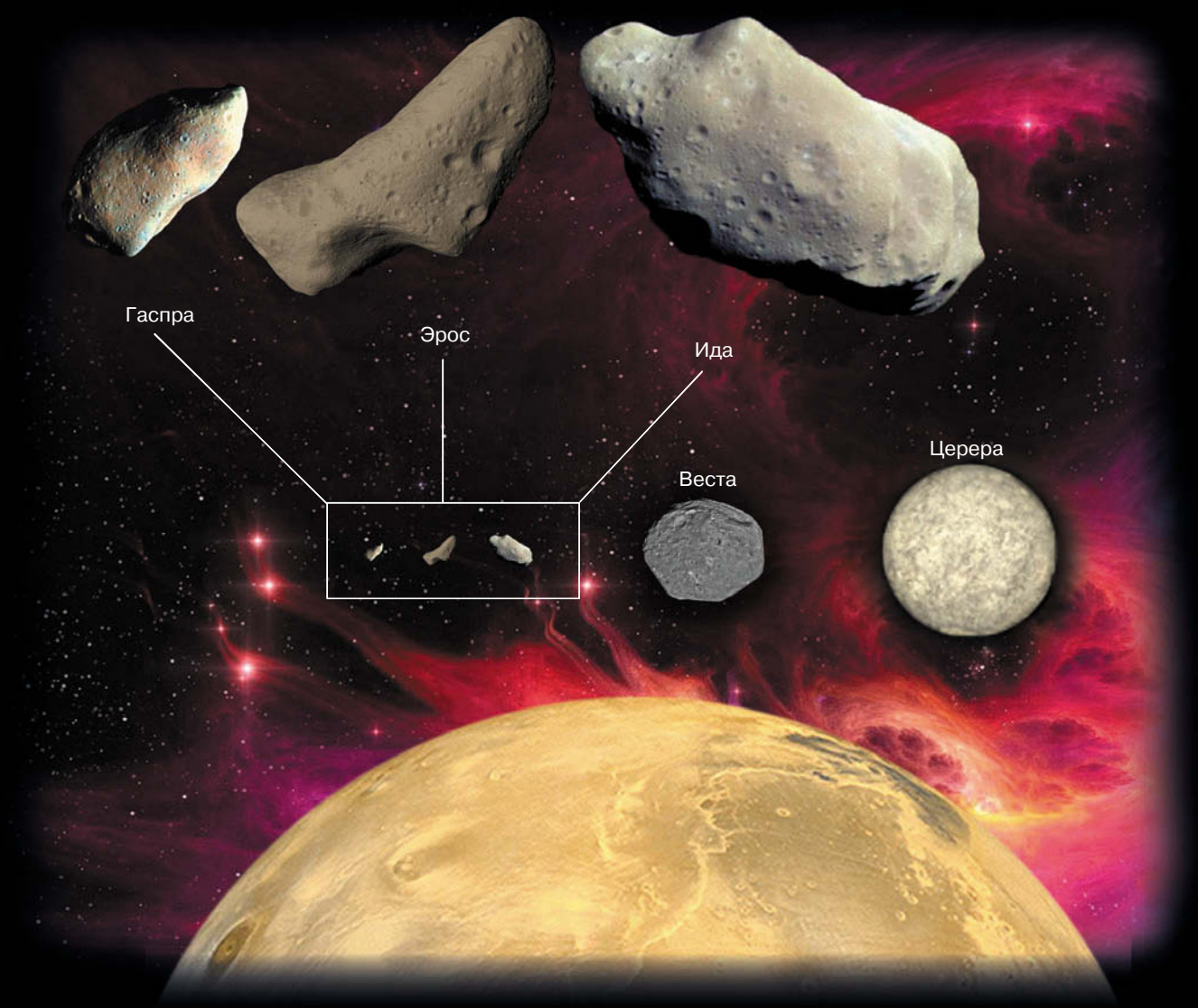
Поскольку кинетическая энергия столкновения астероидов может достигать весьма существенных величин, их фрагменты могут разлетаться по всей Солнечной системе, попадая и в атмосферу нашей

▲ Зодиакальное свечение

Предполагается, что его вызывают микрочастицы диаметром в несколько десятков микрометров (десятые доли миллиметра), их время жизни около 700 тыс. лет.

▾ Сравнительные размеры астероидов и Марса

Сегодня известно, что каждый третий астероид ассоциируется в группу какого-либо семейства. «Семейственная» принадлежность астероидов определяется их орбитальными параметрами, такими как вытянутость и наклон орбиты, а также химическим составом, показывающим, частью какого распавшегося крупного тела является данный фрагмент.



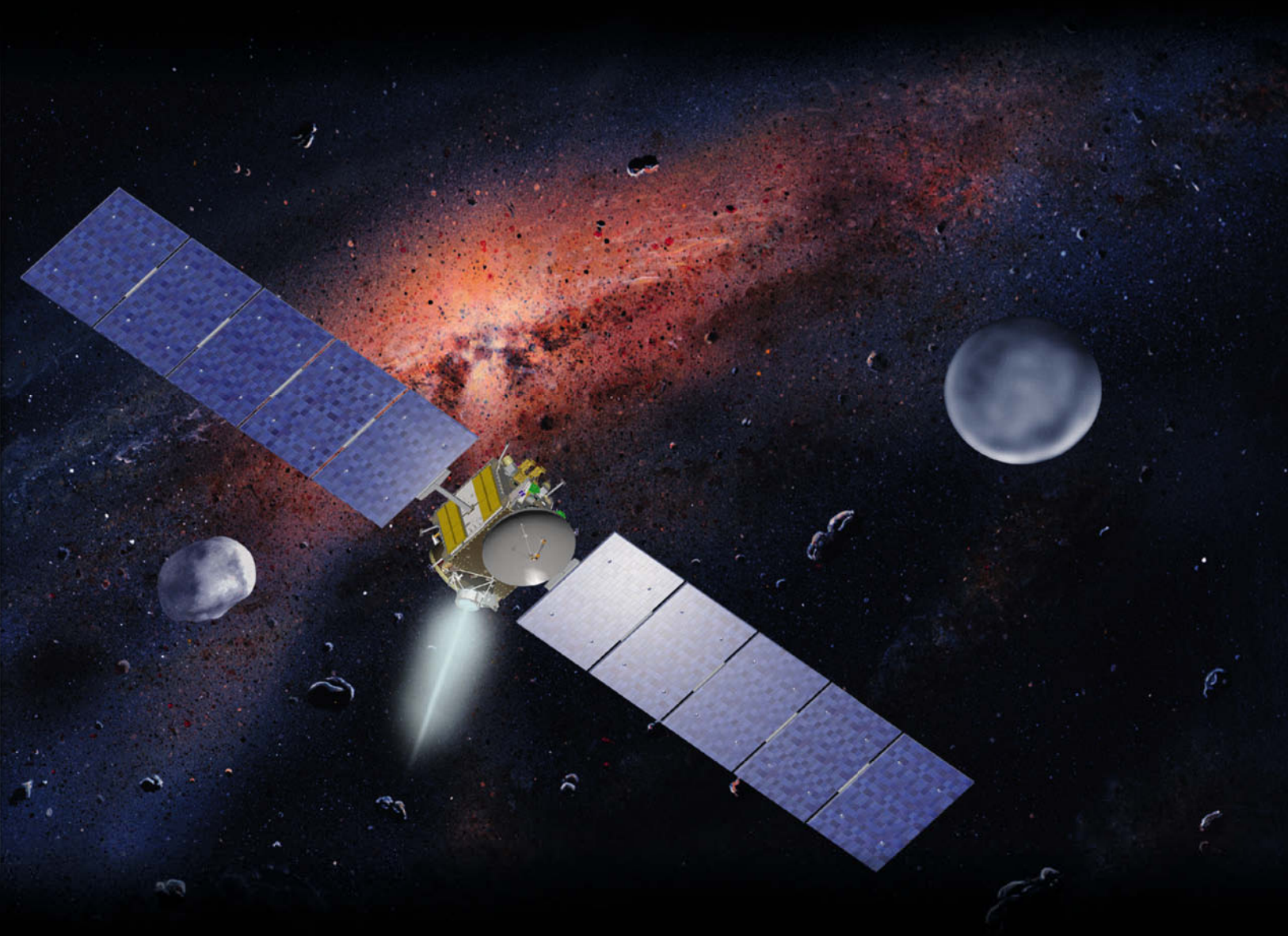
планеты. Сегодня насчитываются десятки тысяч всяческих метеоритов, из которых практически все (99,8 %) прилетели из главного пояса астероидов.

Первой АМС, посетившей главный пояс астероидов, была «Пионер-10», вступившая во внешнюю область пояса 16 июля 1972 года. Так был развеян миф об опасности столкновения космических аппаратов с чем-нибудь из этой грандиозной «мусорной свалки», оставшейся от строительства Солнечной системы. С тех пор уже десяток АМС проследовали без каких-либо инцидентов к внешним планетам Солнечной системы через главный пояс астероидов. Космическая флотилия, состоящая из АМС «Пионер-11», «Вояджер-1», «Вояджер-2» и зонда «Улисс», свободно прошла сквозь астероидный пояс без случайных сближений или встреч с астероидами. А вот миссия «Галилео» сделала впервые фотоснимки астероидов Иды и Гаспры. После этого каждый космический аппарат, пролетающий через главный пояс астероидов, старается исследовать какое-либо тело. Так были получены изображения Матильды, Аннафранки, Штейнса, Лютеции.

27 сентября 2007 года к крупнейшим астероидам Весте и Церере была отправлена АМС «Рассвет».

В задачах колонизации Солнечной системы астероидам отводится важная роль источника сырья для строительства и промышленного производства. Предполагается даже организовать транспортировку наиболее ценных астероидов на земную орбиту, где к тому времени будут работать космические металлургические предприятия. Астероиды главного пояса могут быть ценными источниками водяного льда, из которого возможно получение кислорода для дыхания и водорода как топлива. Ну и конечно же, космические геологи будущего надеются найти под тонкой коркой спекшихся базальтов разные редкие минералы и металлы, включая никель, железо, кобальт, титан, платину, молибден, родий и др.

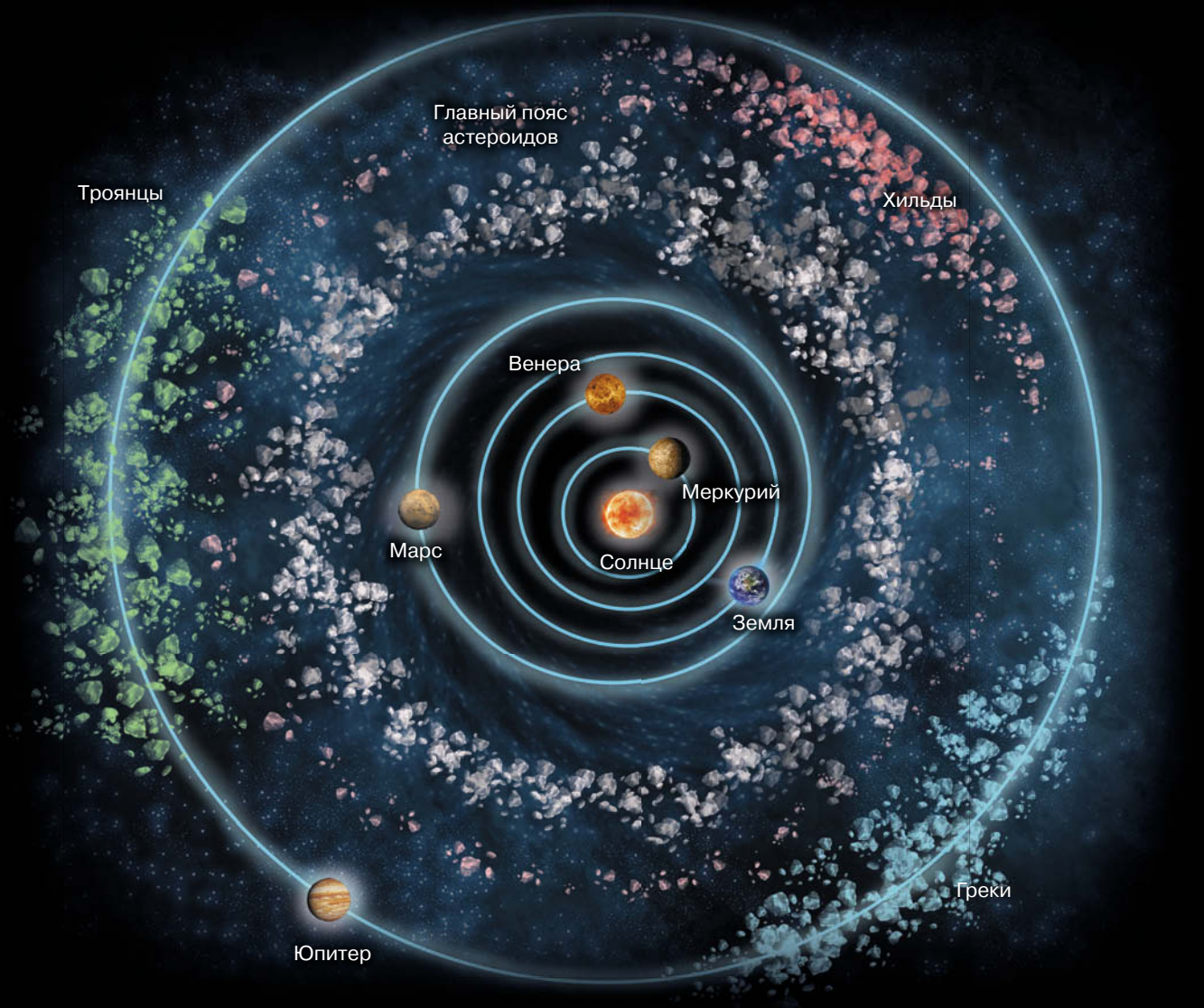
Астероиды — практически неисчерпаемые источники ресурсов, и всего лишь одно железоникелевое тело класса М километрового диаметра может содержать пару миллиардов тонн руды, в несколько раз превышая годовой объем добычи ископаемого на Земле. Еще более перспективно расположение металлургического производства в космосе с вакуумной плавкой и переплавом различной продукции космической инфраструктуры, необходимой для дальнейшего исследования и освоения ближнего и в перспективе дальнего космоса.



▲ АМС «Рассвет» («Dawn»)

Космический зонд «Рассвет» встретился с Вестой 16 июля 2011 года. Затем АМС направилась к Церере, которую планирует достигнуть в 2015 году. Впоследствии предполагается расширить миссию для исследования астероида Паллады.

▾ Расположение астероидов и метеоидов

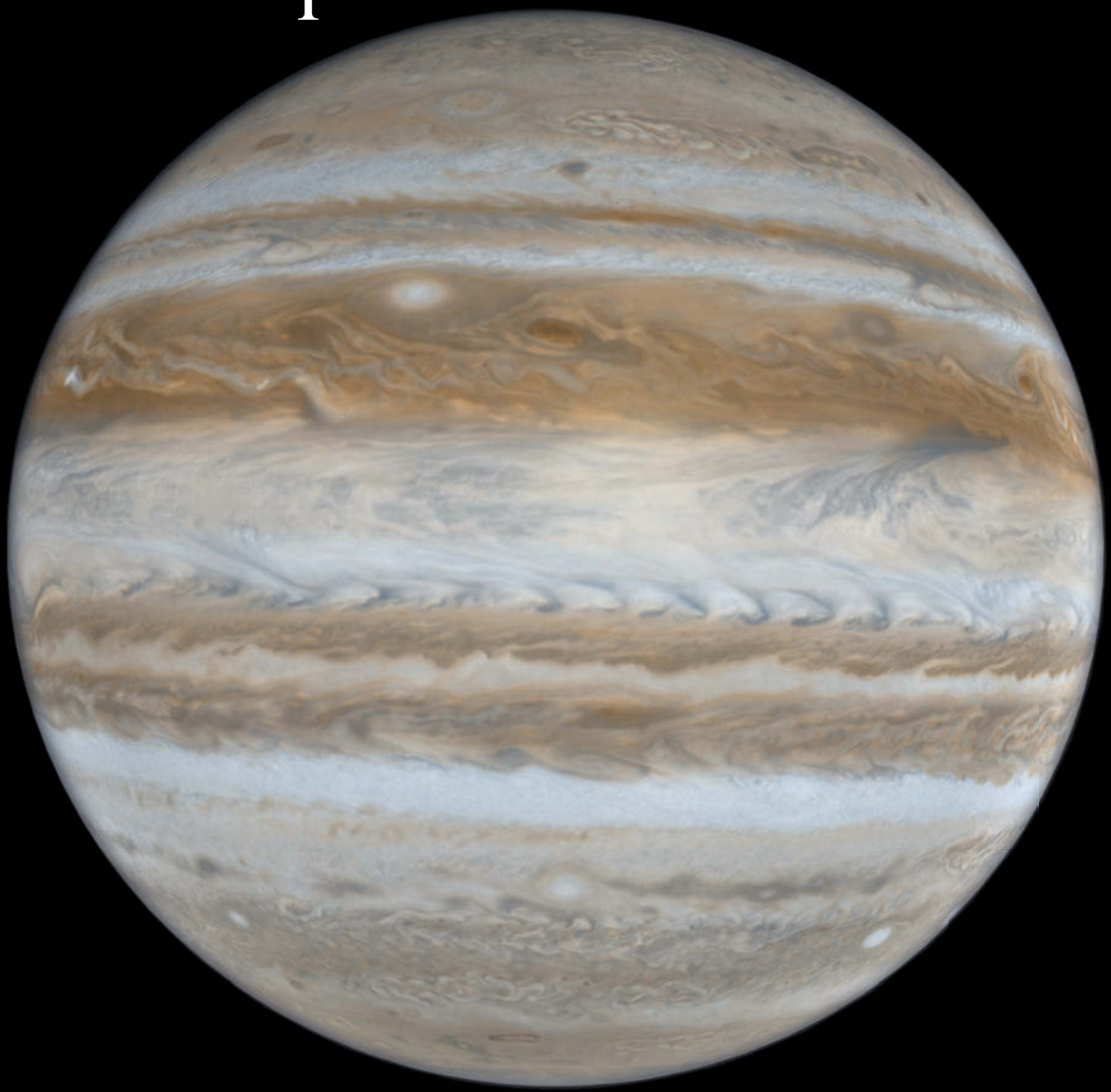


ЭТО ИНТЕРЕСНО

Несколько десятилетий назад нидерландский астроном Ван Фландерн сделал сенсационное заявление. Из его расчетов кометных орбит следовало, что всего лишь 5 млн лет назад в Солнечной системе произошла ужасная катастрофа. Некая планета размером с Сатурн, вращаясь между орбитами Марса и Юпитера, попала в узел гравитационных сил и разорвалась на мириады осколков. Часть их образовала главный пояс астероидов, а часть была выброшена притяжением газовых гигантов далеко за пределы Солнечной системы. Так возникло загадочное облако Оорта, о котором астрономы заговорили еще в середине XX века.

Этот сатурноподобный Фаэтон создал далекий склад комет и астероидов. Камнепадом своих обломков он мог уничтожить марсианскую атмосферу, испарив водоемы. Может быть, именно так и погибли ростки жизни на Красной планете…

Глава 8
Юпитер



«Выйдя за пределы орбиты Марса, мы попадаем в совершенно иные условия — в царство планет-гигантов или, как их еще называют, планет группы Юпитера. Это огромные миры, состоящие преимущественно из водорода и гелия с небольшими добавками богатых водородом газов, таких как метан, аммиак и водяные пары. Мы не видим у них твердой поверхности — только атмосферу и разноцветные облака. Это серьезные планеты, не шарики вроде Земли. Юпитер мог бы вместить в себя тысячи таких планет, как наша. Если комета или астероид упадет в атмосферу Юпитера, мы не увидим появления кратера — лишь кратковременный разрыв в облаках».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

▲ Олимпийский гигант Юпитер

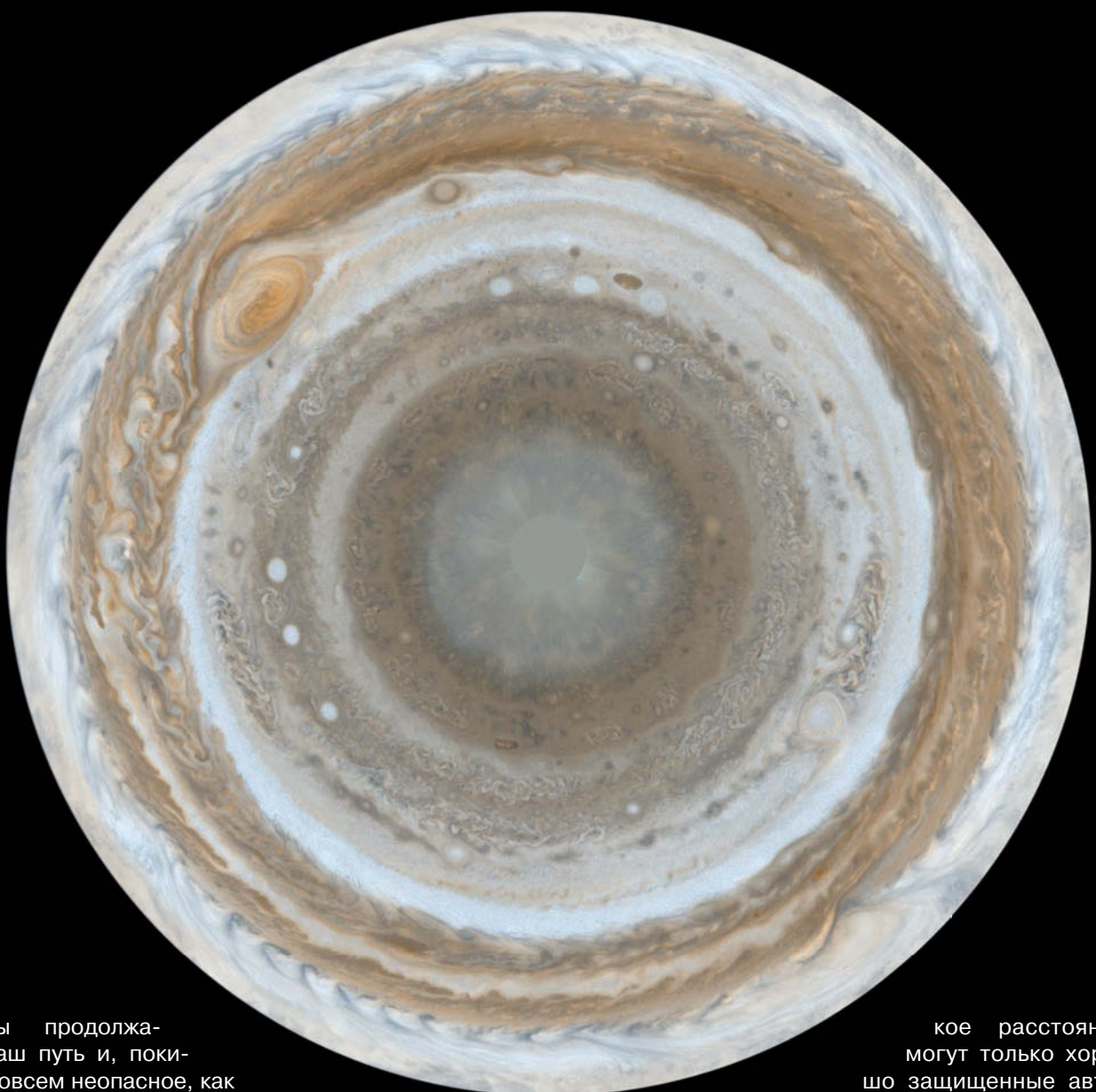
«Нас буквально гипнотизируют грандиозные атмосферные процессы в непрерывно меняющихся облаках Юпитера. Планета громадна. Она более чем вдвое массивнее всех остальных планет вместе взятых. Здесь нет гор, долин, вулканов, рек; нет границы между воздухом и землей — лишь огромный океан плотного газа и плывущие в нем облака, мир без поверхности. Все, что мы видим на Юпитере, плывет по его небу».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

▾ Погода на Юпитере — вид с южного полюса

«Погода на Юпитере остается захватывающим зрелищем. Эта грандиозная планета оборачивается вокруг своей оси менее чем за десять часов. Бурные атмосферные процессы вызываются этим быстрым вращением, солнечным светом и идущим из глубины теплом...
Мы внимательно наблюдаем за многоцветными поясами Юпитера. Белые пояса, вероятно, являются высотными облаками, состоящими из кристаллов аммиака; коричневатые цвета соответствуют более глубоким и горячим областям, где атмосферные потоки направлены вниз. Области синего цвета, по-видимому, представляют собой просветы в облаках, сквозь которые можно видеть чистое небо».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации



Мы продолжаем наш путь и, покидая совсем неопасное, как оказалось, для космоплавания пространство летающих скал главного пояса астероидов, оказываемся перед феерической картиной самой большой планеты Солнечной системы. Из черных космических глубин медленно выплывает величественный газовый гигант Юпитер, лишь волею обстоятельств не ставший вторым светилом после Солнца. Подлетать к нему на близкое расстояние могут только хорошо защищенные автоматы специальной конструкции. Ведь сильнейшее магнитное поле Юпитера захватывает излучение Солнца, создавая смертельный для всего живого поток заряженных частиц, намного более опасный, чем подобные радиационные пояса Земли и даже способный легко вывести из строя электронное оборудование и навигационные приборы.

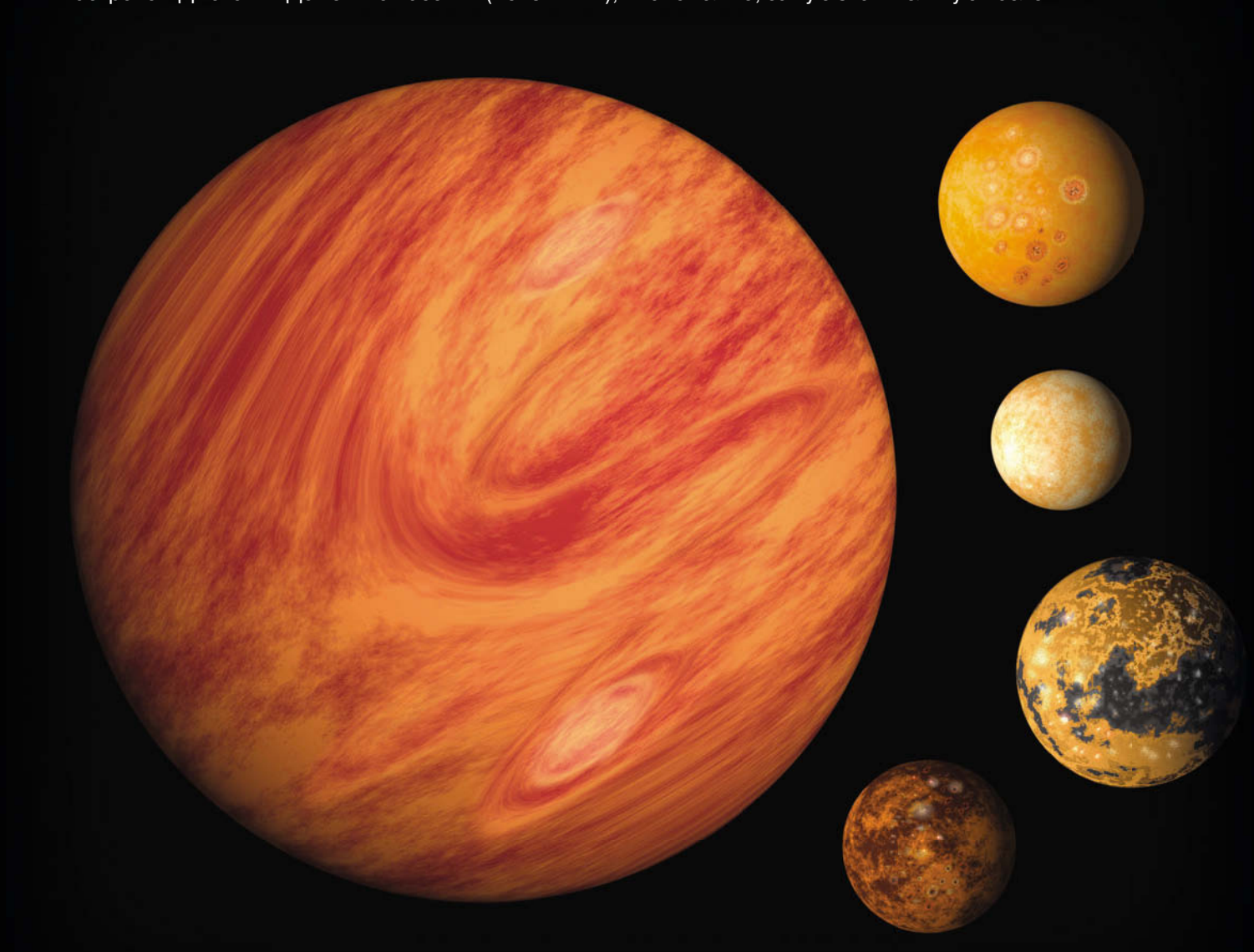
Свое название Юпитер получил в честь главы пантеона римских божеств, однако он хорошо был известен и звездочетам древности из Перу, Египта, Месопотамии и Китая. Ведь на ночном небе этот ярчайший объект, видный как желтоватая звезда, уступает в блеске только Луне, Венере и Марсу во время его великого противостояния.

Каждый народ по-своему называл эту планету: в Месопотамии это был Мулубаббар (означало «звезда-солнце»), в Вавилонии — Мардук (олицетворяли с верховным божественным покровителем), в Китае — Суй-син («звезда года»), а в Древней Греции — Фаэтон («излучающий»).

В XVII веке великий итальянский физик, астроном, математик и философ Галилео Галилей превратил подзорную трубу в телескоп и вскоре открыл четыре крупнейших спутника Юпитера, которые были названы галилеевыми. Телескопические наблюдения Юпитера продолжил итальянский и французский астроном Джованни Доменико Кассини (1625–1712), который открыл поверхностные пятна и полосы и смог по ним вычислить период обращения. Впоследствии он обнаружил, что Юпитер сжат у полюсов и его слои атмосферы вращаются по-разному. В Средние века выдающийся английский физик и астроном Роберт Гук и итальянский астроном и инженер Джованни Кассини открыли крупнейший атмосферный вихрь в Солнечной системе — Большое красное пятно (БКП) Юпитера.

В 1892 году американский астроном Эдвард Барнард обнаружил пятую юпитерианскую луну — Амальтею, в течение последующих 87 лет были открыты Гималия, Элара, Пасифе, Синопе, Лиситея, Карме, Ананке и Леда.

В 1930-х годах были получены изображения Юпитера в инфракрасном диапазоне, выявившие наличие в атмосфере аммиака и метана. Были обнаружены также три «белых пятна» долгоживущих антициклонов, через 60 лет слившихся в одну атмосферную аномалию, самую значительную после БКП.



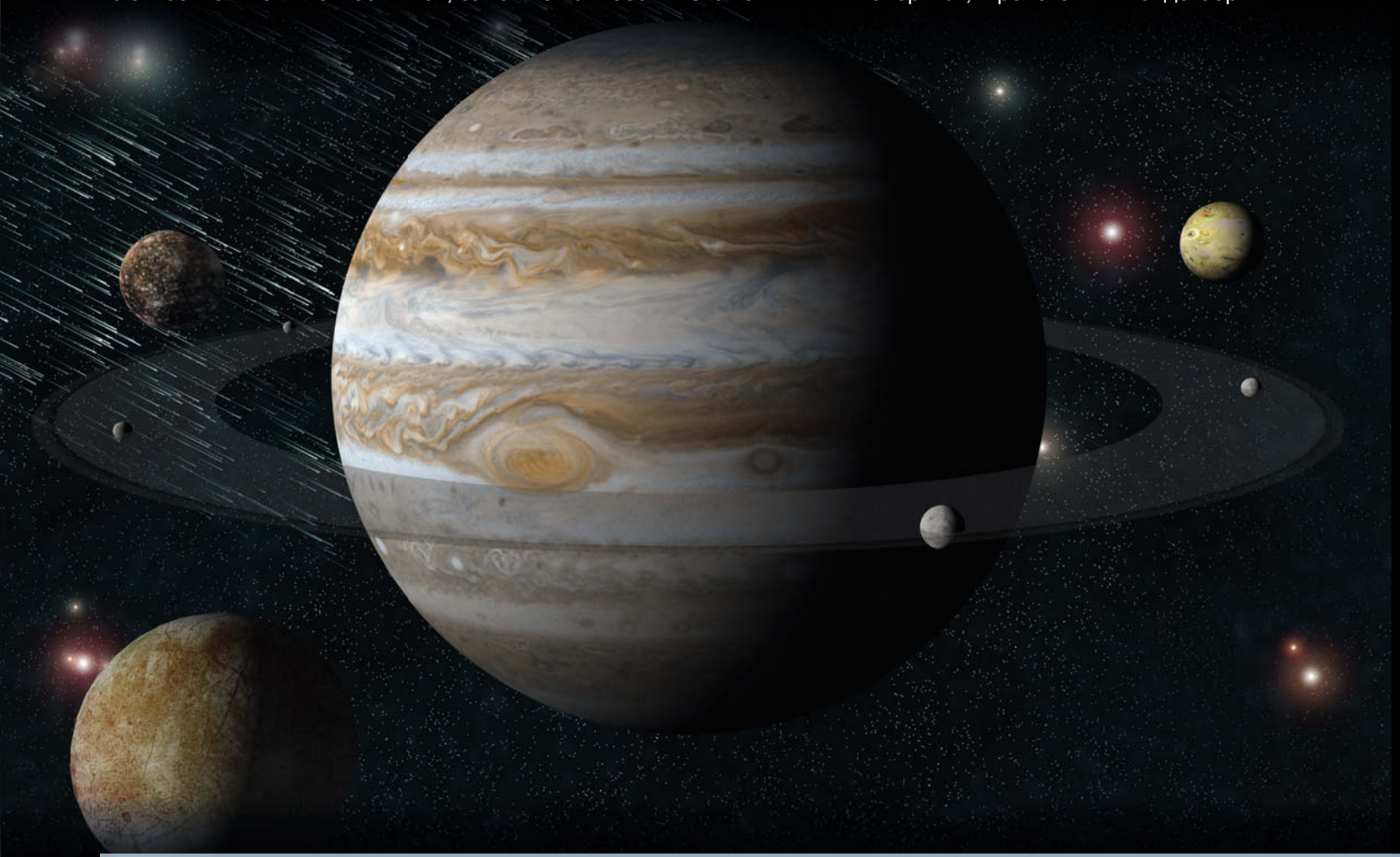
▲ Галилеевы спутники Юпитера

В середине 1950-х годов было открыто радиоизлучение планеты в диапазоне 22,2 МГц, состоящее из отдельных секундных L-всплесков и децисекундных (0,1 с) S-импульсов. В 1959 году обнаружили дециметровое радиоизлучение, связанное с тором пояса магнитосферной плазмы вокруг экватора планеты. Впоследствии было установлено, что на радиоизлучение влияют многочисленные спутники, например вулканы на Ио выбрасывают в окружающее космическое пространство довольно много проводящего вещества, которое под действием магнитосферы Юпитера излучает потоки дециметровых радиоволн.

Юпитер открывает группу газовых гигантов, в которую входят также Сатурн, Уран и Нептун. Эти планеты сильно превышают по размерам и массе своих землеподобных сестер, однако намного уступают им по относительной плотности. Так, самая легкая газовая планета Уран по массе в 14,5 раза больше Земли, но ее плотность меньше плотности воды, и если бы нашлась некая циклопическая космическая ванна, то газовые планеты плавали бы в ней, как мыльные пузыри.

Юпитер полностью оправдывает свое имя величайшего божества, фактически формирует миниатюрный аналог Солнечной системы, включающий более 60 спутников, причем некоторые по размерам превышают Луну, Плутон и Меркурий. Да и по своему химическому составу этот газовый гигант скорее походит на протозвезду, чем на планету, поэтому Юпитер часто называют несформировавшейся звездой, которой не хватило топлива для запуска в ядре термоядерных реакций.

В настоящее время окрестности Юпитера посетили восемь космических аппаратов. Первым был знаменитый «Пионер-10», пролетевший 3 декабря



▲ Юпитер и его спутники

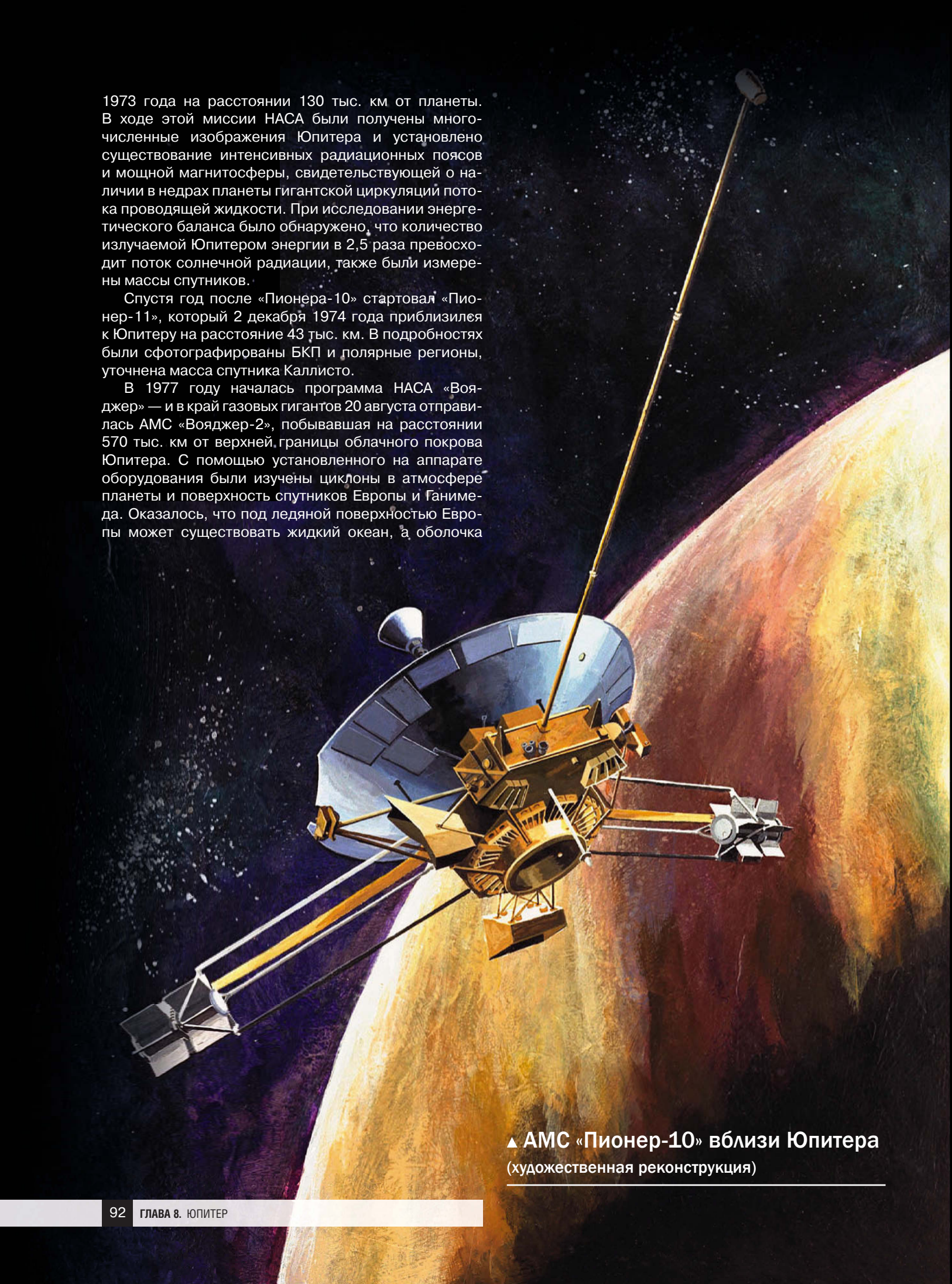
«Нам неизвестно, почему Юпитер окрашен в красновато-коричневые тона. Возможно, за это ответственны соединения фосфора или серы. А может быть, яркую окраску придают сложные органические молекулы, возникающие в результате объединения фрагментов, на которые ультрафиолетовое излучение Солнца расщепляет в атмосфере Юпитера молекулы метана, аммиака и воды. В таком случае цвета атмосферы Юпитера повествуют нам о химических процессах, которые четыре миллиарда лет назад привели к появлению жизни на Земле».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

1973 года на расстоянии 130 тыс. км от планеты. В ходе этой миссии НАСА были получены многочисленные изображения Юпитера и установлено существование интенсивных радиационных поясов и мощной магнитосферы, свидетельствующей о наличии в недрах планеты гигантской циркуляции потока проводящей жидкости. При исследовании энергетического баланса было обнаружено, что количество излучаемой Юпитером энергии в 2,5 раза превосходит поток солнечной радиации, также были измерены массы спутников.

Спустя год после «Пионера-10» стартовал «Пионер-11», который 2 декабря 1974 года приблизился к Юпитеру на расстояние 43 тыс. км. В подробностях были сфотографированы БКП и полярные регионы, уточнена масса спутника Каллисто.

В 1977 году началась программа НАСА «Вояджер» — и в край газовых гигантов 20 августа отправилась АМС «Вояджер-2», побывавшая на расстоянии 570 тыс. км от верхней границы облачного покрова Юпитера. С помощью установленного на аппарате оборудования были изучены циклоны в атмосфере планеты и поверхность спутников Европы и Ганимеда. Оказалось, что под ледяной поверхностью Европы может существовать жидкий океан, а оболочка



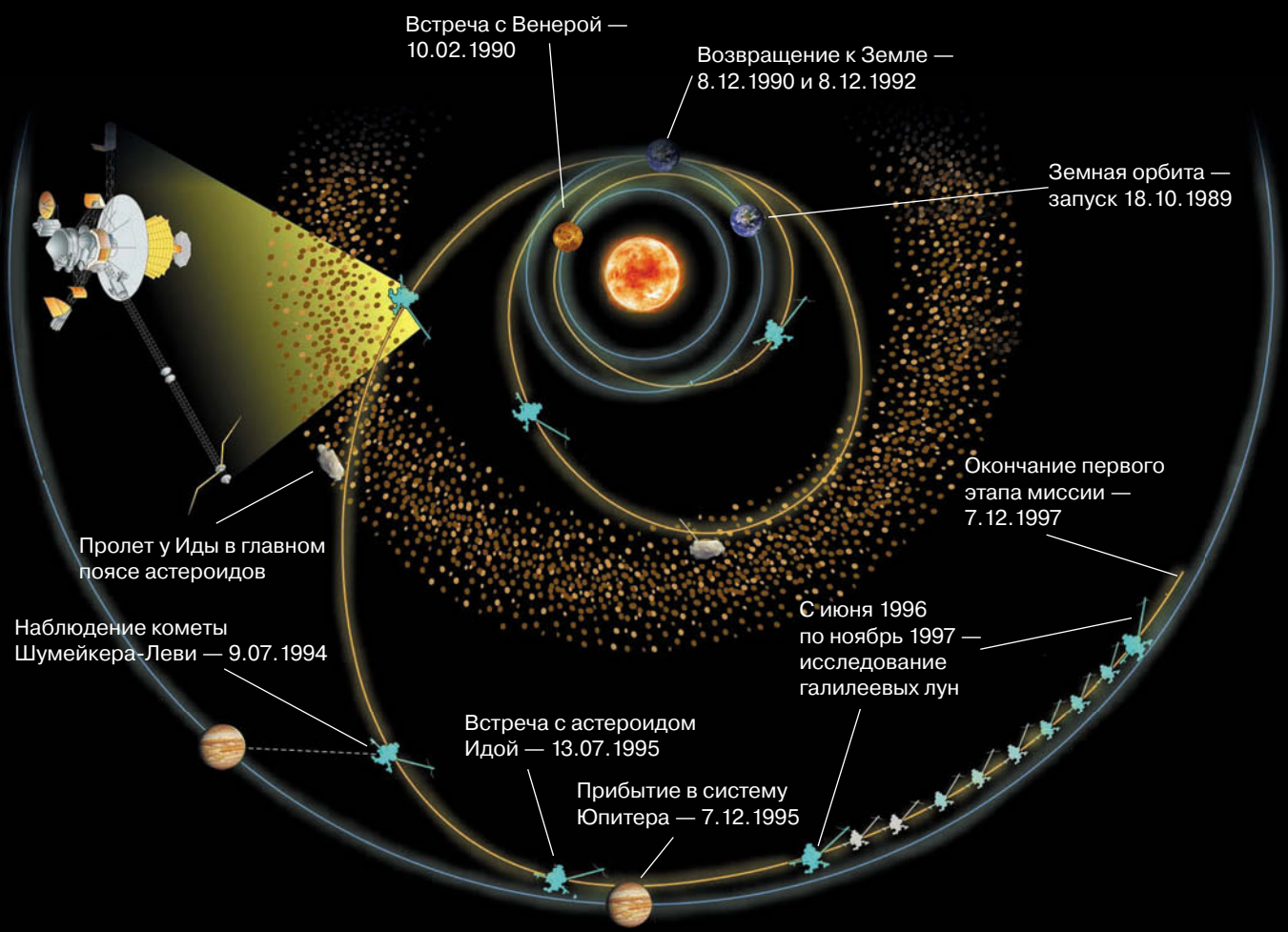
▲ **АМС «Пионер-10» вблизи Юпитера**
(художественная реконструкция)

Ганимеда состоит из грязного водяного льда. Вторым 5 сентября 1977 года был запущен «Вояджер-1», подлетевший к Юпитеру на расстояние 207 тыс. км и сделавший много детальных снимков его спутников. Кроме того, аппарату удалось собрать много данных о температуре и химическом составе атмосферы планеты.

18 октября 1989 года с борта многоразового транспортного корабля «Атлантис» стартовал космический аппарат «Галилео» с миссией изучения системы Юпитера. После долгого космического путешествия 7 декабря 1995 года в атмосферу газового гиганта на скорости 160 тыс. км/ч десантировался спускаемый зонд, который около часа передавал ценнейшие данные о давлении и температуре верхних слоев атмосферы Юпитера, которые «Галилео» ретранслировал на Землю. Анализ полученной информации позволил выяснить, что внешняя оболочка гиганта имеет температуру около –80 °С при давлении 1,6 атм, а на глубине 130 км температура повысилась до +150 °С при давлении 24 атм, что вызвало полное разрушение зонда.

Сама станция, несмотря на поломку главной антенны, сузившей канал передачи данных на 99 %, продолжила изучение атмосферы и высококачественное фотографирование облачного покрова в режиме искусственного спутника. За восемь лет нахождения на орбите аппарат сделал 35 оборотов вокруг Юпитера, передав свыше 14 тыс. фотографий и разнообразных телеметрических данных. Это позволило выяснить, что атмосфера планеты содержит некоторое количество водяного пара и в ней бушуют грозы с очень мощными электрическими разрядами, в тысячи раз превышающими земные молнии.

Шесть лет длилось путешествие космического аппарата: 10 февраля 1990 года он пролетел на расстоянии 16 тыс. км от Венеры, затем 8 октября того же года совершил гравитационный маневр возвращения к Земле, 29 октября 1991 года пролетел в 1,6 тыс. км от астероида Гаспра из главного пояса



▲ **Путешествие АМС «Галилео»**

▲ АМС «Галилео» исследует спутник Юпитера Ио
(художественная реконструкция)

астероидов, 8 декабря 1992 года опять возвратился к Земле, в июле 1995 года встретился с астероидом Идой и направился в систему Юпитера.

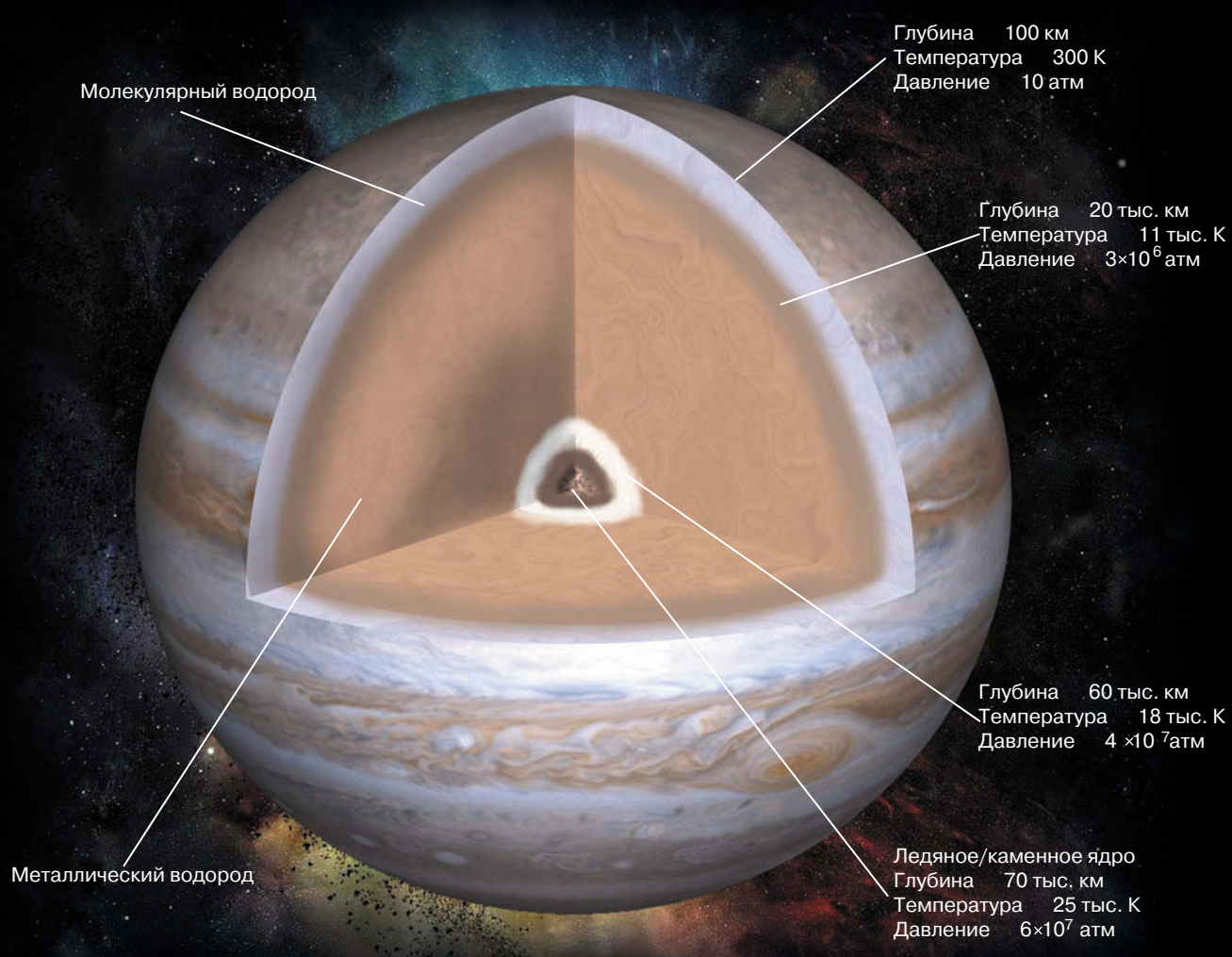
При исследовании юпитерианских лун (спутников) было обнаружено магнитное поле у Ио и обширный ледяной покров на поверхности Европы, возможно, скрывающий океан, так мастерски описанный Артуром Кларком в его космической «Одиссее». Наличие жидкой воды в глубине ледяных масс возможно и у Ганимеда с Каллисто. 21 сентября 2003 года экспедиция «Галилео» завершилась, и АМС со скоростью 50 км/с сгорела в верхних слоях газового гиганта.

8 февраля 1992 года в окрестностях Юпитера побывала АМС «Улисс», осуществив гравитационный маневр перед выходом на околосолнечную полярную орбиту и попутно исследовав магнитосферу планеты. 30 декабря 2000 года космический аппарат «Кассини-Гюгенс» совершил гравитационный разворот на расстоянии 10 млн км от поверхности Юпитера и передал снимки высокого разрешения, а также уникальные данные по измерению магнитного поля планеты. 28 февраля 2007 года АМС «Новые горизонты», лавируя в окрестностях Юпитера на пути к Плутону, передала множество высококачественных изображений планеты и ее спутников.

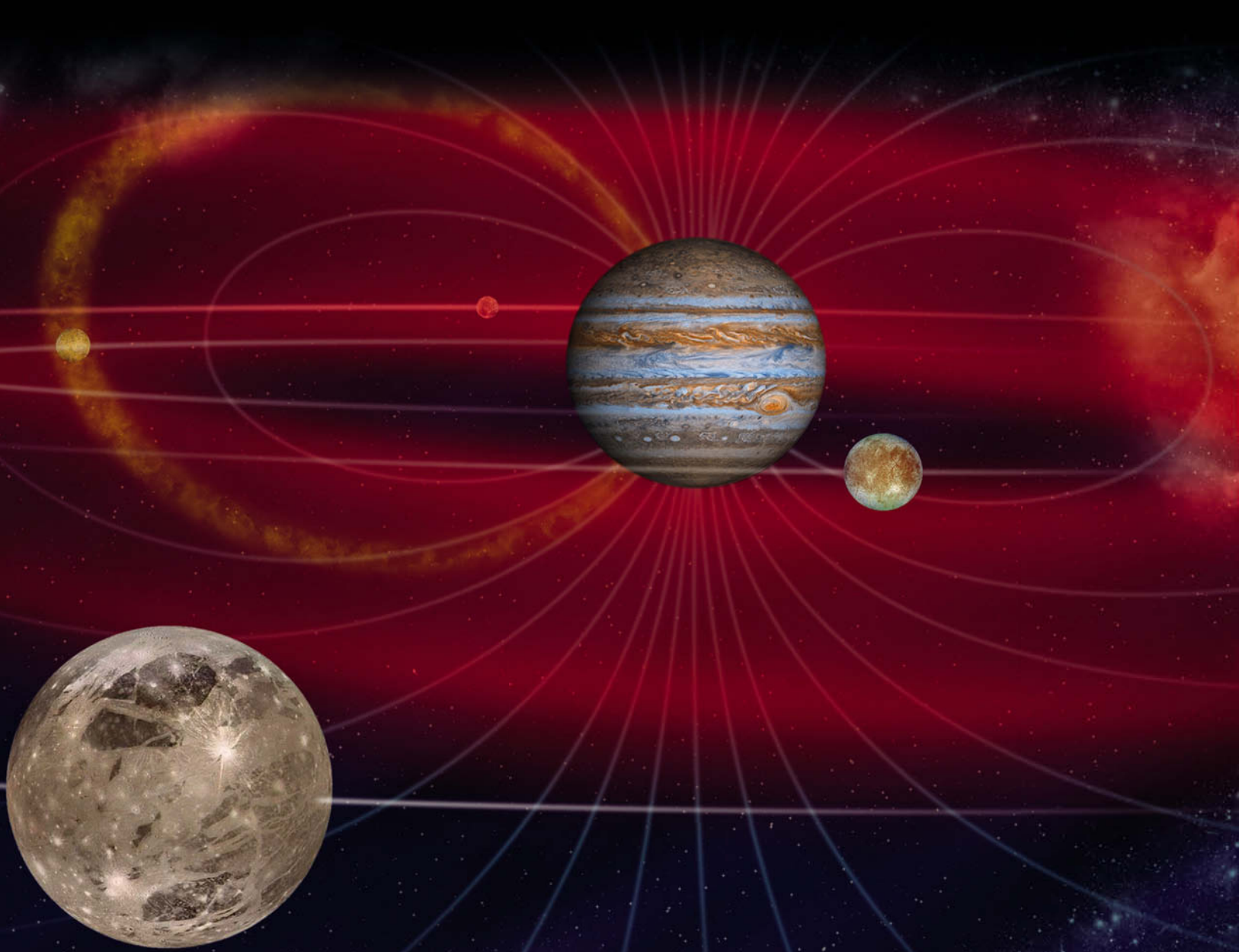
▲ АМС «Юнона» у Юпитера
(художественная реконструкция)

Изучает Юпитер и космический телескоп «Хаббл», первым сфотографировавший отблески полярных сияний и проследивший историю столкновения в верхней атмосфере газового гиганта фрагментов кометы Шумейкеров — Леви, а в июле 1994 года сделавший уникальные изображения атмосферных вихрей.

Как мы уже отмечали, Юпитер не имеет четкой твердой поверхности, и его размер указывают по радиусу верхней границы облачного покрова. Его масса в 317,8 раза превосходит массу Земли и составляет две трети от общей массы планет Солнечной системы. При колоссальной массе плотность планеты сравнительно невелика и в четыре раза меньше плотности Земли, что сравнимо с плотностью воды. Это связано с химическим составом газового гиганта, ведь если на Земле преобладают железо, кислород, кремний и магний, то на Юпитере — легчайшие газы: водород и гелий с небольшой примесью метана, воды, аммиака, ацетилена, двуокиси углерода и пропана. В атмосфере газового



▲ Строение Юпитера и характеристика атмосферы на разных глубинах



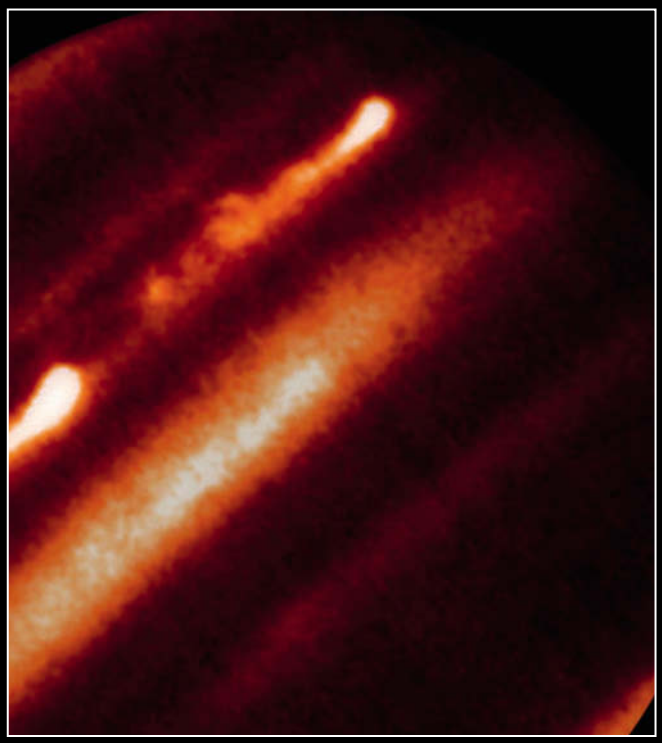
▲ Магнитосфера Юпитера

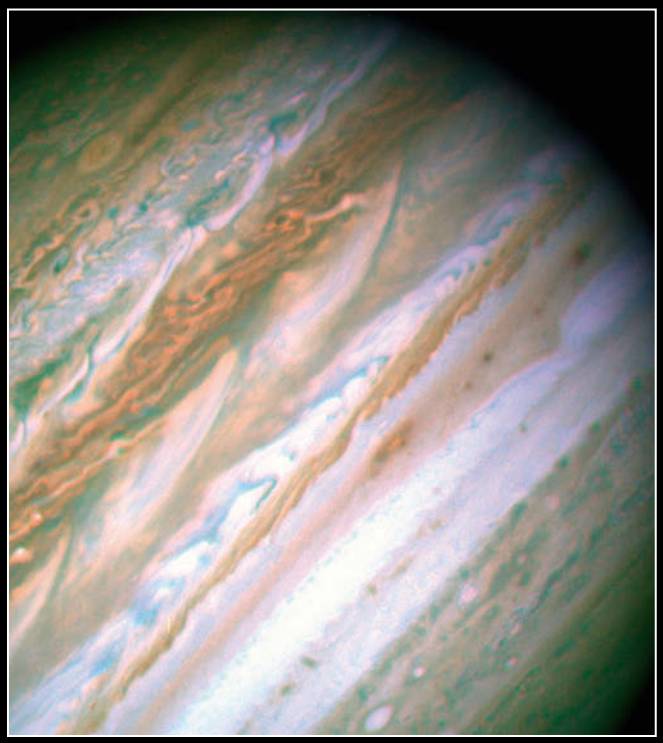
гиганта водород и гелий находятся в жидкообразном сверхкритическом состоянии и электропроводны. Предполагается, что еще ниже лежит слой жидкого молекулярного водорода толщиной около 10 тыс. км. Далее может следовать небольшое ядро из расплавленных металлосиликатов в окружении жидкой водно-аммиачной оболочки. По другой версии, на этой же глубине водород переходит в специфическое металлическое состояние, напоминая жидкий металл, а внутри него располагается компактное железосиликатное твердое ядро радиусом около 4 тыс. км, разогретое до температуры, близкой к 30 тыс. K.

Магнитосфера Юпитера в 1200 раз больше земной. Однако величина напряженности магнитного поля находится в обратной зависимости от радиуса планеты. А поскольку радиус Юпитера приблизительно в 11 раз превышает радиус Земли, то и напряженность магнитного поля Юпитера выше Земного всего в 5–6 раз.

Радиоизлучение Юпитера, обнаруженное в 1955 году, послужило первым признаком наличия у него сильного магнитного поля, которое в 4 тыс. раз сильнее земного. Следовательно, магнитосфера Юпитера в 100 раз больше земной.

На 750 млн км, чуть ли не до орбиты Сатурна, простирается магнитосфера Юпитера. Возникновение сверхмощного магнитного поля у газового гиганта чаще всего связывают с быстрым вращением центральных слоев планеты, содержащих электропроводящий металлический водород. Структура юпитерианской магнитосферы образовывается под действием солнечного ветра, который также формирует обширные радиационные пояса с потоками заряженных частиц. Одним из источников этих частиц служат вулканы Ио, выбрасывающие каждую секунду тонны ионизированного вещества. Газовый гигант также интенсивно радиоизлучает в дециметровом





▲ Зональные плоскости в атмосфере Юпитера (слева — инфракрасный диапазон, справа — видимый свет)

Поверхность Юпитера разделена на горизонтальные полосы, параллельные экватору. Темные полосы чередуются со светлыми. Считается, что в пределах светлых полос горячее вещество выходит на поверхность, в то время как на темных охлажденное вещество начинает спуск вниз.

диапазоне, при этом излучение сильно поляризовано и имеет спорадический характер, включая отдельные всплески разной интенсивности.

Природа мощного радиоизлучения Юпитера до сих пор полностью не раскрыта. Чаще всего высказываются мнения, что его источником могут служить мощные грозовые разряды, но их спектр радиоизлучения сильно отличается от аналогичных земных грозовых разрядов. В качестве еще одного механизма предлагаются колебания плазмы ионосферы планеты, но данная модель еще в целом не совсем ясна.

Полосатая структура Юпитера — следствие преимущественно параллельно-зональной ориентации направления атмосферных ветров, достигающих скорости 500 км/ч. Глубинное изучение атмосферы выявило, что ураганные ветры распространяются и в более низких слоях, до тысячекилометровой глубины. Отсюда следует, что их вызывают потоки внутреннего тепла, а не солнечная энергия, как на Земле. Разница в количестве тепла на полюсах и экваторе вызывает возникновение гидродинамических потоков, которые отклоняются в зональном направлении.

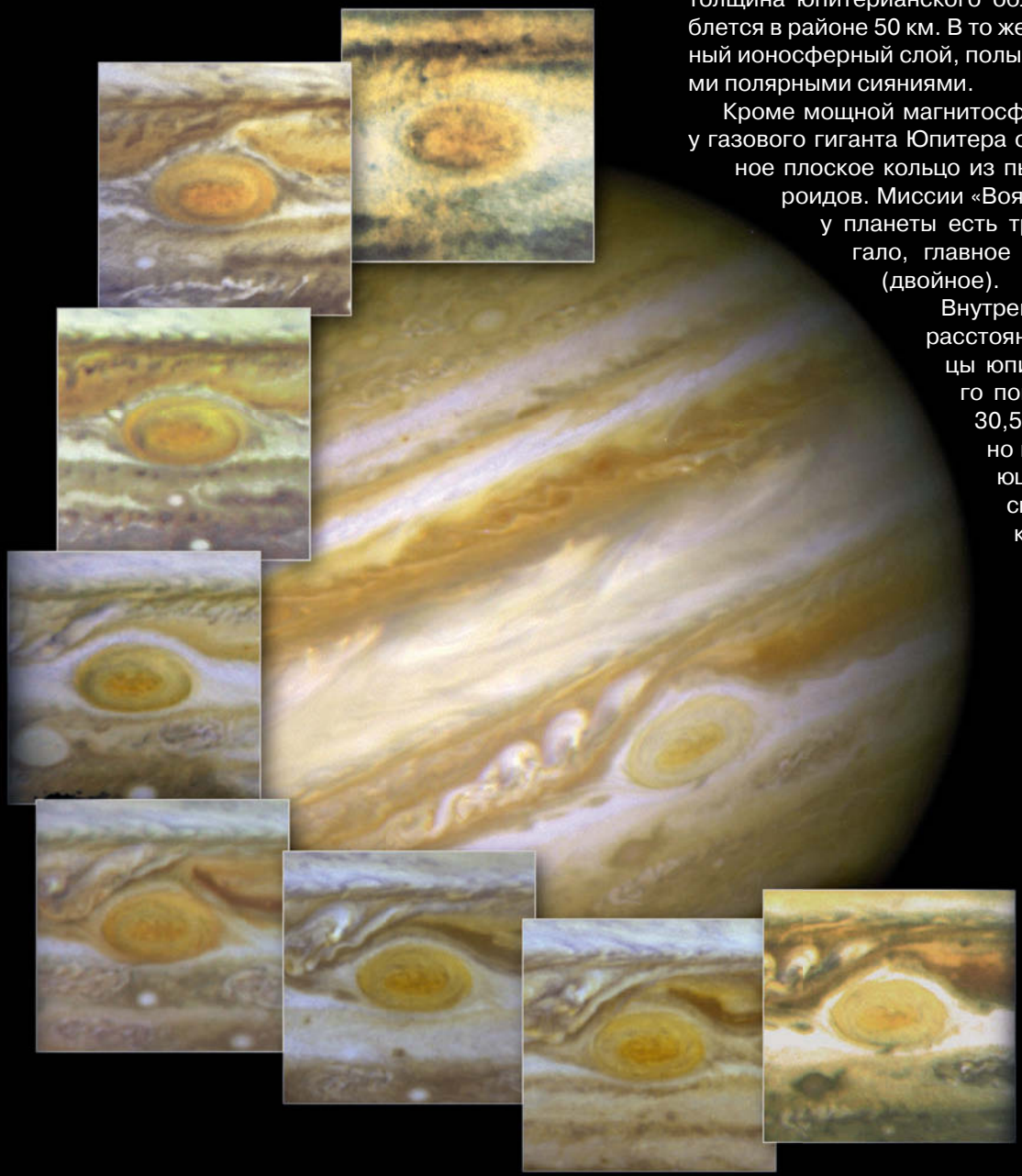
Быстрое вращение Юпитера выстраивает линии тока в направлении, параллельном экватору. Общая картина существенно усложняется всяческими конвективными движениями, которые выносят вверх красный фосфор с серой и, возможно, органические соединения. Интенсивную коричневую и оранжевую окраску темных полос обеспечивают конвективные движения мельчайших частиц аэрозольной природы. Белые полосы представляют собой высокие облака из ледяных кристаллов. Синеватые высокоширотные области объясняются неплотными облаками, через которые просматриваются юпитерианские глубины.

Кроме того, атмосферу планеты украшают поразительные структуры гирлянд, вихрей и громадных провалов — омутов всевозможных расцветок, окружающих насыщенное красно-оранжевое БКП. Рядом с ним расположены еще один атмосферный шторм гораздо меньшего масштаба и другие разноцветные пятна разного физического и химического составов.

Облачный покров Юпитера имеет довольно сложную структуру. Весь его верхний ярус формируется из мельчайших кристалликов аммиака, в нижней части располагаются облака из кристаллов льда, метана, аммония сероводорода и капелек воды. Общая толщина юпитерианского облачного покрова колеблется в районе 50 км. В то же время у планеты мощный ионосферный слой, полыхающий циклопическими полярными сияниями.

Кроме мощной магнитосферы и радиоизлучения у газового гиганта Юпитера обнаружено колоссальное плоское кольцо из пыли и небольших астероидов. Миссии «Вояджеров» выяснили, что у планеты есть три кольца: внутреннее гало, главное и внешнее паутинное (двойное).

Внутреннее кольцо лежит на расстоянии 92 тыс. км от границы юпитерианского облачного покрова и имеет ширину 30,5 тыс. км, сформировано из частичек пыли, падающей из внутреннего просвета главного кольца к поверхности Юпитера.

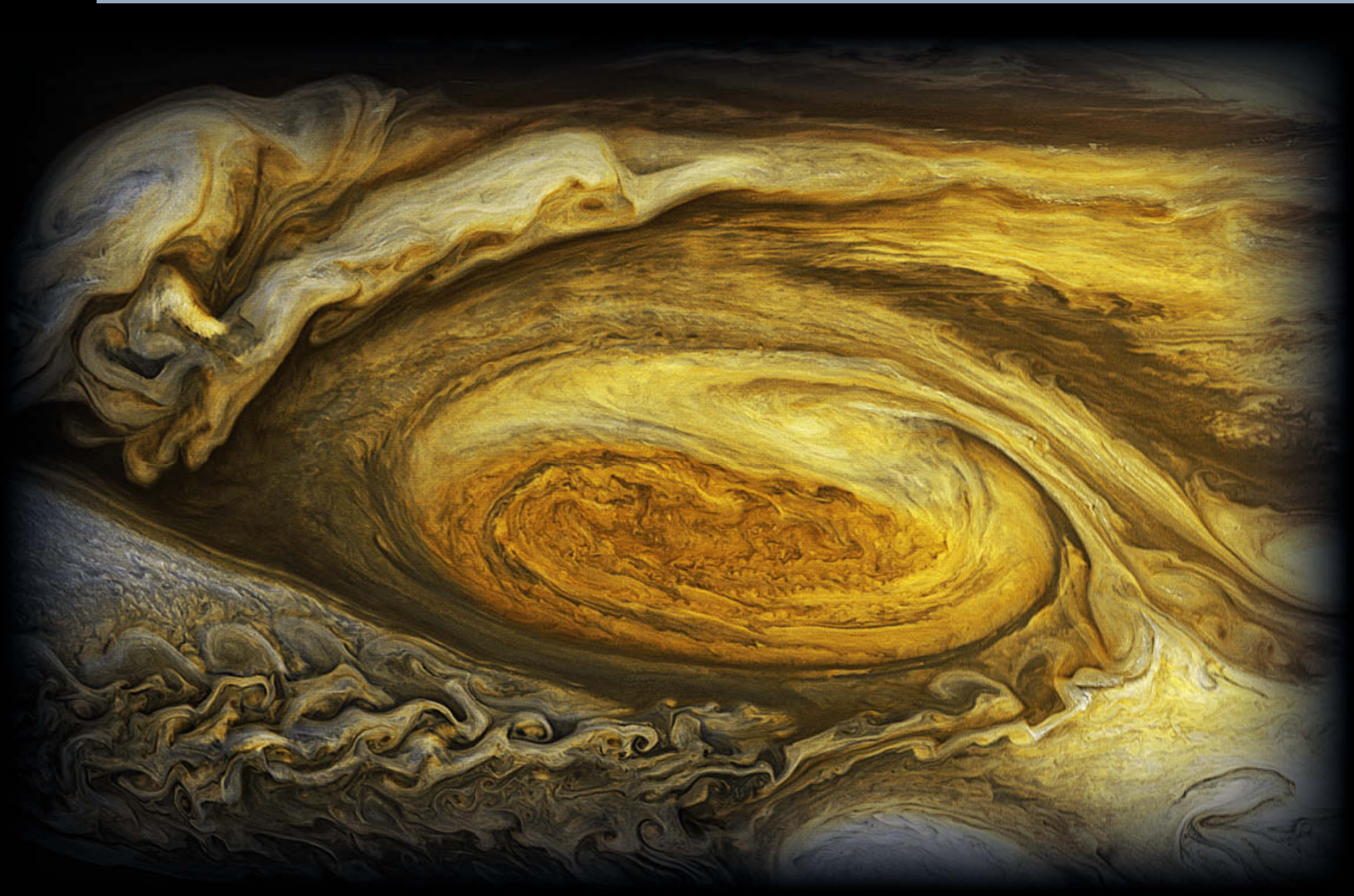


▲ БКП в космическом телескопе «Хаббл»

Юпитер состоит в основном из легчайших газов — водорода и гелия, и очень быстрое вращение существенно искажает форму планеты в так называемый сфероид, сплюснутый на полюсах и выпуклый на экваторе центробежными силами. Верхние слои атмосферы планеты разделены на вытянутые по широтам области, имеющие различные скорости вращения. Сталкиваясь, они порождают гигантские штормы и ураганы, самым заметным из которых является многосотлетнее БКП.

▾ Долгоживущий атмосферный вихрь — антициклон

По современным представлениям БКП — это долгоживущий антициклон в виде атмосферного вихря, вращающийся с большой скоростью против часовой стрелки. Причем скорость оборота внешней части составляет несколько дней, в то время как внутренние области гораздо медленнее обращаются в противоположном направлении.



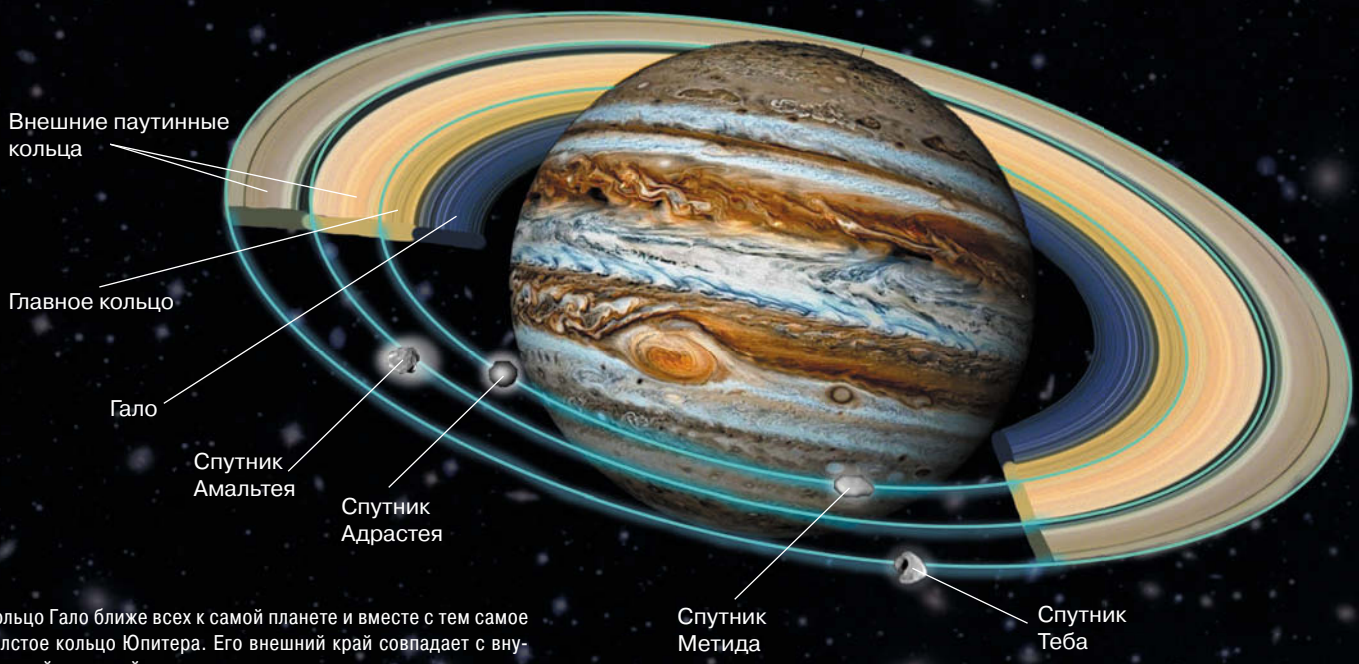
Главное кольцо простирается на 6,4 тыс. км с четкой внешней границей на высоте 129,2 тыс. км от поверхности Юпитера. Внутренняя граница главного кольца постепенно сливается с гало, формируя своеобразный ореол шириной 22,8 тыс. км. Главное кольцо состоит из микроскопических частиц пыли, время «оседлой жизни» которых из-за сильных гравитационных возмущений составляет около тысячи лет. Источником их постоянного пополнения являются два спутника планеты — Адрастея и Метида, обращающиеся в пределах главного кольца. Наполнение колец происходит при ударах микрометеоритов по поверхности спутников.

Сегодня система Юпитера кроме трех колец включает 67 спутников. Самый вулканически активный из них — Ио (вулканы каждую секунду выбрасывают более 100 тыс. т вещества, состав которого все еще полностью неизвестен). Вулканический расплав растекается по поверхности сателлита, заполняя все котлованы, трещины и метеоритные кратеры.

Планетологи, исследующие систему Юпитера, считают, что аномально высокая вулканическая активность Ио связана с приливным воздействием двух других ближайших сателлитов — Ганимеда и Европы, вызывающих стометровые приливные волны на поверхности Ио, разогревающие его недра и определяющие сверхинтенсивный вулканизм.

В систему Юпитера входит также Ганимед — самый большой спутник в Солнечной системе, превышающий по размерам Меркурий и карликовую планету Плутон, к тому же обладающий собственным магнитным полем. На поверхности Ганимеда не

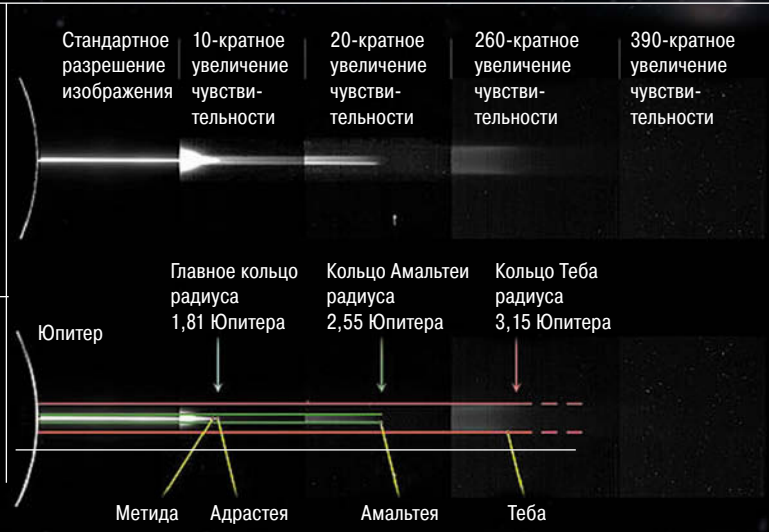
▾ Кольца Юпитера



Кольцо Гало ближе всех к самой планете и вместе с тем самое толстое кольцо Юпитера. Его внешний край совпадает с внутренней границей основного кольца на расстоянии примерно 122,5 тыс. км

Двойное паутинное кольцо Юпитера, шириной более 85 тыс. км, простирается от верхней границы главного кольца и орбиты спутника Адрастеи до орбиты другого спутника – Тебы. Оно очень слабое и широкое. Внутреннее кольцо – паутинное Амальтея – простирается от орбиты Адрастеи до орбиты Амальтеи на 52 тыс. км. Внешнее кольцо – паутинное Тебы – простирается от орбиты Амальтеи до орбиты Тебы, лежащей в 221,9 тыс. км от поверхности Юпитера. Источниками пополнения пылевых частиц, размер которых такой же, как и для главного кольца, для внутреннего паутинного кольца является Амальтея, для внешнего – Теба.

Кольцо Юпитера с «Пазом Метиды», третье кольцо, располагается вне орбиты Метиды, и яркость кольца значительно падает, создавая так называемый Паз Метиды. Кольцо состоит из двух частей: узкой внешней части, ширящейся от 128 тыс. до 129 тыс. км, которая непосредственно включает три кольца, разделенных зазорами, и более слабой внутренней части, простирающейся от 122,5 тыс. до 128 тыс. км; «Паз Метиды» служит им границей.

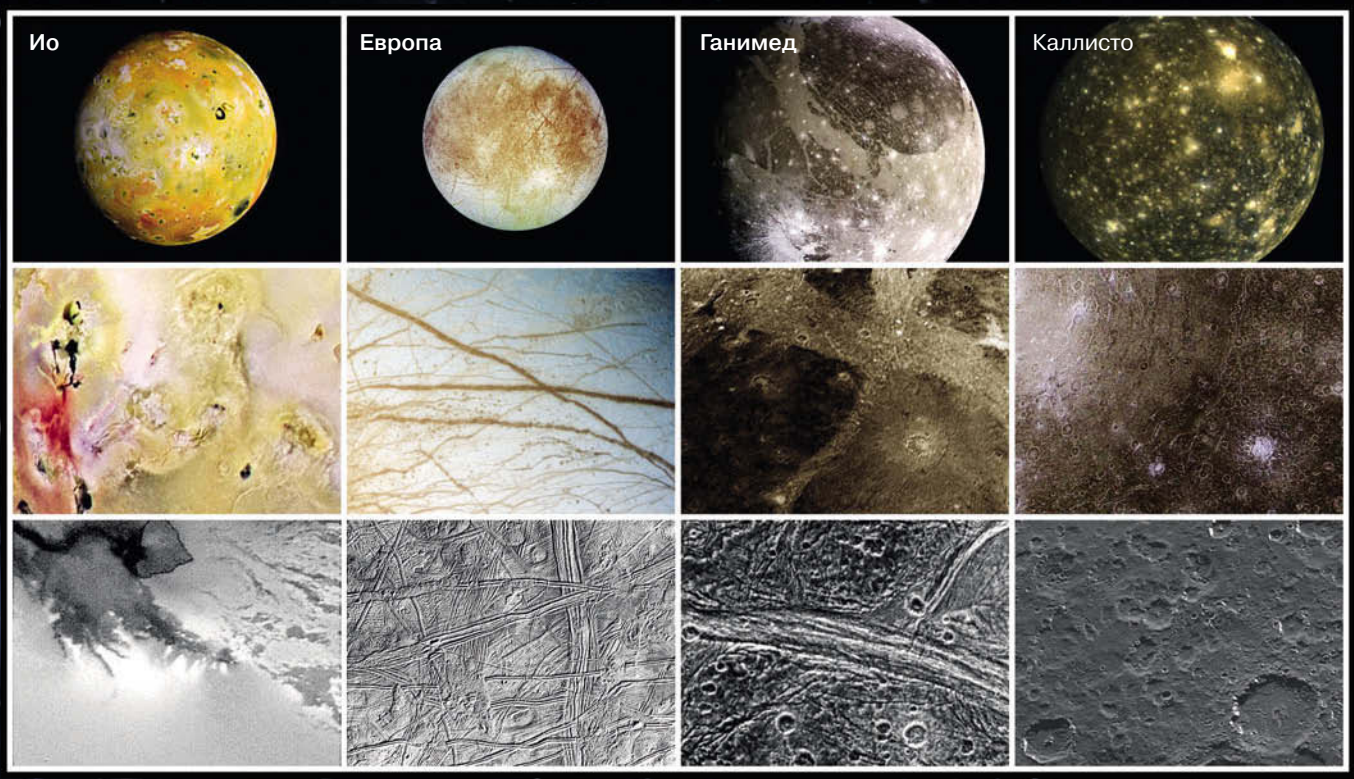


наблюдается выраженная тектоническая и вулканическая деятельность, но его ландшафт свидетельствует о давних катаклизмах, сформировавших тысячекилометровые горные хребты и лавовые плато. На Ганимеде, скорее всего, есть вода как в корке поверхностного льда, так и в жидком соленом океане на стокилометровой глубине (между слоями водяного льда).

На Ганимед похож и другой сателлит Юпитера — Европа, поверхность которой, судя по всему, покрыта толстым слоем льда, скрывающего водный океан глубиной до 50 км. Это подтверждают трещины в ледяной коре и незначительные перепады высот. Некоторые биологи даже предполагают, что подо льдом может существовать жизнь в гигантском водном океане, превышающем более чем в 2 раза Мировой океан Земли.

Самый далекий от Юпитера галилеев спутник — Каллисто — также весьма интересует планетологов. Поверхность его плотно покрыта ударными кратерами, но на ней отсутствуют вулканы и признаки тектонической активности. Астрономы предполагают, что поверхность этого юпитерианского спутника самая древняя в Солнечной системе (около 4 млрд лет).

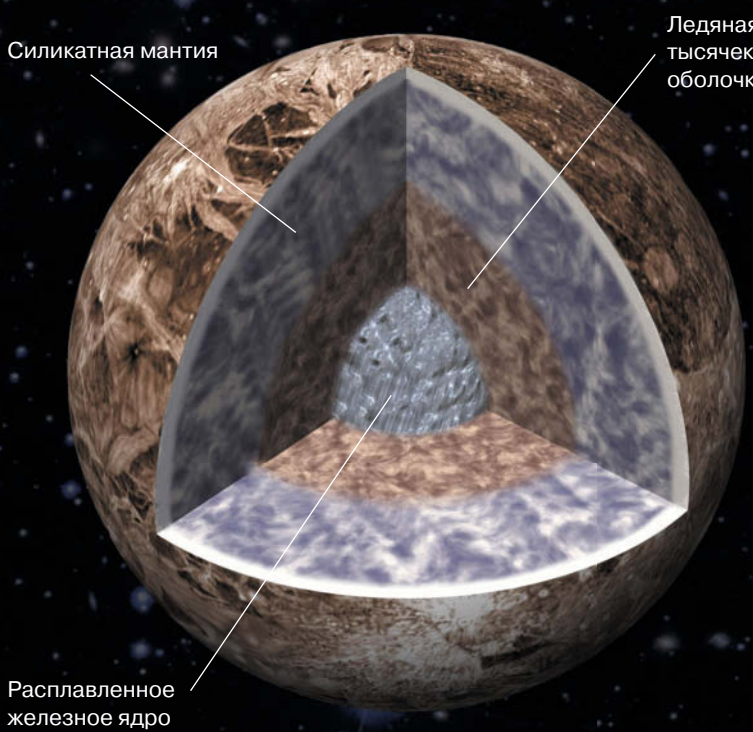
Строение галилеевых спутников напоминает планеты земной группы: у них можно выявить ядра, мантии и кору различного состава. Например, ядра Европы, Ио и Ганимеда, скорее всего, состоят из железа, а вот ядро Каллисто содержит скальные породы с примесью водяного льда. Поверхность металлических ядер Европы и Ио охватывает силикатная мантия, а вокруг ядер Ганимеда и Каллисто расположена мантия из водяного льда. Кору Ио образует смесь солей серы, а у остальных галилеевых спутников поверхность покрывает водный лед, причем на Ганимеде он содержит много скальных пород.



▲ Крупнейшие спутники Юпитера и элементы их поверхности

«Галилеевы спутники Юпитера сравнимы по размерам с планетой Меркурий. Мы можем определить их массы и таким образом вычислить плотность, которая кое-что говорит об их составе и внутреннем строении. Мы обнаруживаем, что два внутренних спутника, Ио и Европа, по плотности близки к камню. Два внешних, Ганимед и Каллисто, имеют гораздо меньшую плотность, среднюю между камнем и льдом».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и разума



◂ Строение Ганимеда

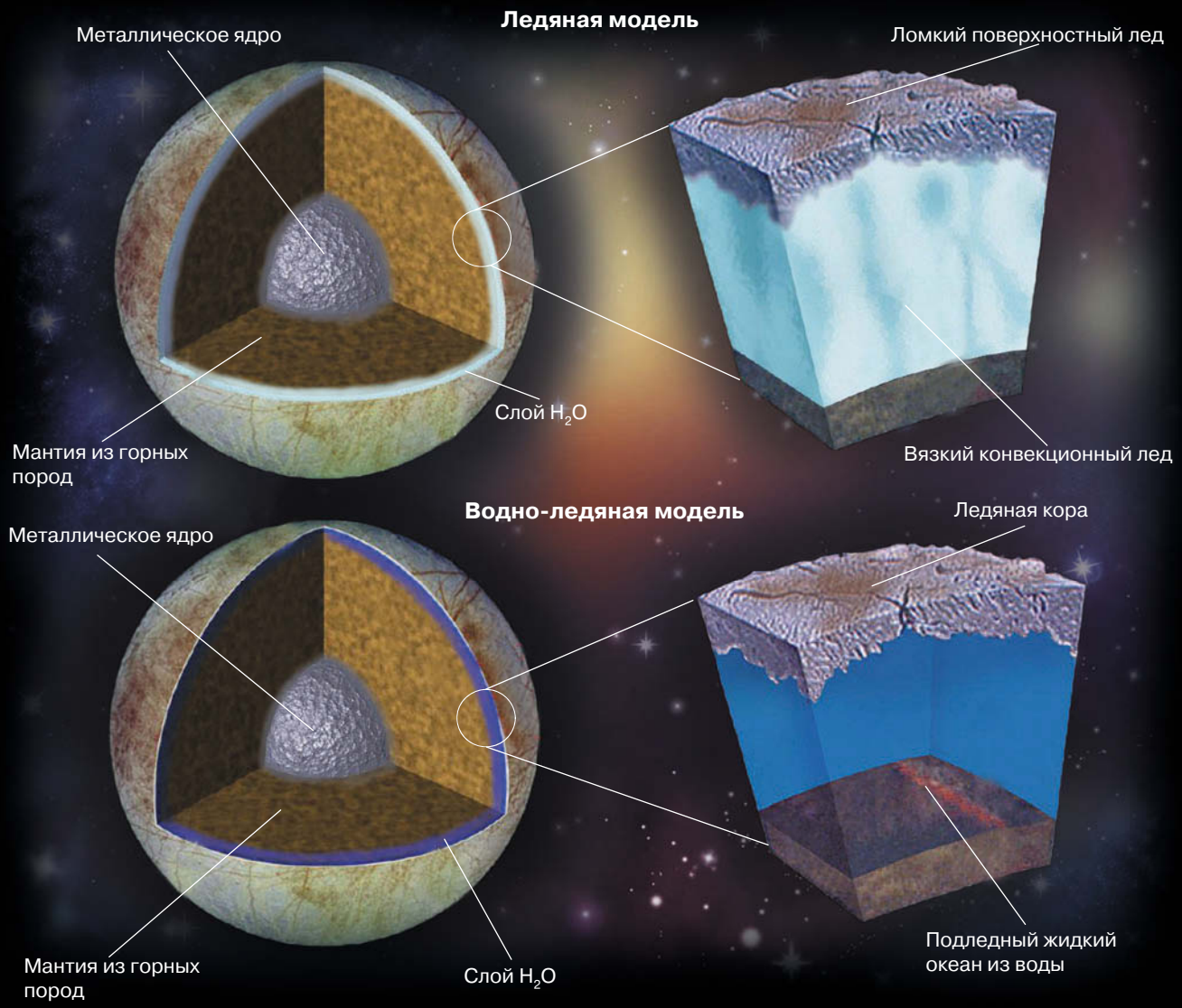
Во внутреннем строении Ганимеда выделяют три слоя: расплавленное железное ядро радиусом 700–900 км, что подтверждается наличием собственного магнитного поля у спутника, силикатную мантию и ледяную тысячекилометровую оболочку.

Толщина внешней ледяной оболочки Ганимеда составляет около 1000 км, включая мантию из силикатов. Наличие магнитного поля требует присутствия железного твердого ядра, схожего по структуре с земным. Компьютерные модели такого ядра предсказывают его радиус в 500 км и температуру 1700 K.

▾ Строение Европы

«На Европе мы наблюдаем поразительно сложную сеть пересекающихся прямых и искривленных линий. Что это? Горные хребты, то есть возвышенности? Или желоба, то есть углубления? Как они образовались? Не результат ли это глобальных тектонических движений, не разломы ли, порожденные расширением или сжатием планеты? Есть ли здесь что-то общее с тектоникой земных плит? Проливает ли это свет на природу других спутников в системе Юпитера? [...] Если бы не эта сеть линий, Европа выглядела бы гладкой, как бильярдный шар. Отсутствие ударных кратеров может объясняться пластичностью поверхностных льдов, приобретаемой благодаря выделяющейся при ударе теплоте».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и разума



Кроме крупных галилеевых спутников в число регулярных сателлитов Юпитера входят еще Фивы, Метида, Адрастея и Амальтея. Все они характеризуются сравнительно небольшими круговыми орбитами, лежащими в экваториальной плоскости планеты. Предполагают, что все они возникли в ранних этапах в протопланетном газопылевом диске вокруг Юпитера.

Подавляющее большинство юпитерианских спутников входят в разряд иррегулярных, сильно уступая в размерах регулярным и двигаясь по удаленным орбитам. Некоторые из них обращаются в обратном направлении вращению планеты. Предполагается, что это могут быть некогда захваченные газовым гигантом астероиды. Захват их можно было бы объяснить тем, что на ранних этапах эволюции Юпитер имел весьма обширную атмосферу, простирающуюся далеко за пределы настоящих границ. Попадая в такую атмосферу, астероиды и превращались в иррегулярные спутники.

Удаляясь от самого крупного газового гиганта в Солнечной системе, вспомним основные вопросы, которые

▾ Вид со спутника Юпитера (художественная реконструкция)

«При взгляде с Ио или с Европы этот громадный изменчивый мир будет заполнять большую часть неба, нависая сверху, не восходя и не заходя, поскольку почти все спутники в Солнечной системе, подобно нашей Луне, всегда повернуты к своим планетам одной и той же стороной. Для тех, кто в будущем станет осваивать луны Юпитера, эта гигантская планета послужит постоянным источником вдохновения, вечным вызовом».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и разума

оставили нам последние миссии в систему Юпитера:

Почему в атмосфере Юпитера так мало воды? Пока ученые считают, что просто зондировалась необычайно сухая область атмосферы, но окончательные выводы еще предстоит сделать.

На какую глубину проникают штормовые зональные ветры? Какой механизм их вызывает?

Почему БКП такое устойчивое? Существует сразу несколько теоретических моделей, в принципе проясняющих природу этого уникального феномена, но для выбора наиболее адекватной модели нужно еще много дополнительной информации.

Как же рассчитать внутреннее строение газового гиганта? Жидкий металлический водород был уже получен и в земных условиях, но многие его свойства все еще неизвестны.

Почему кольца Юпитера такие темные, в то время как у Сатурна (куда мы теперь и отправляемся) они намного ярче?

ЭТО ИНТЕРЕСНО

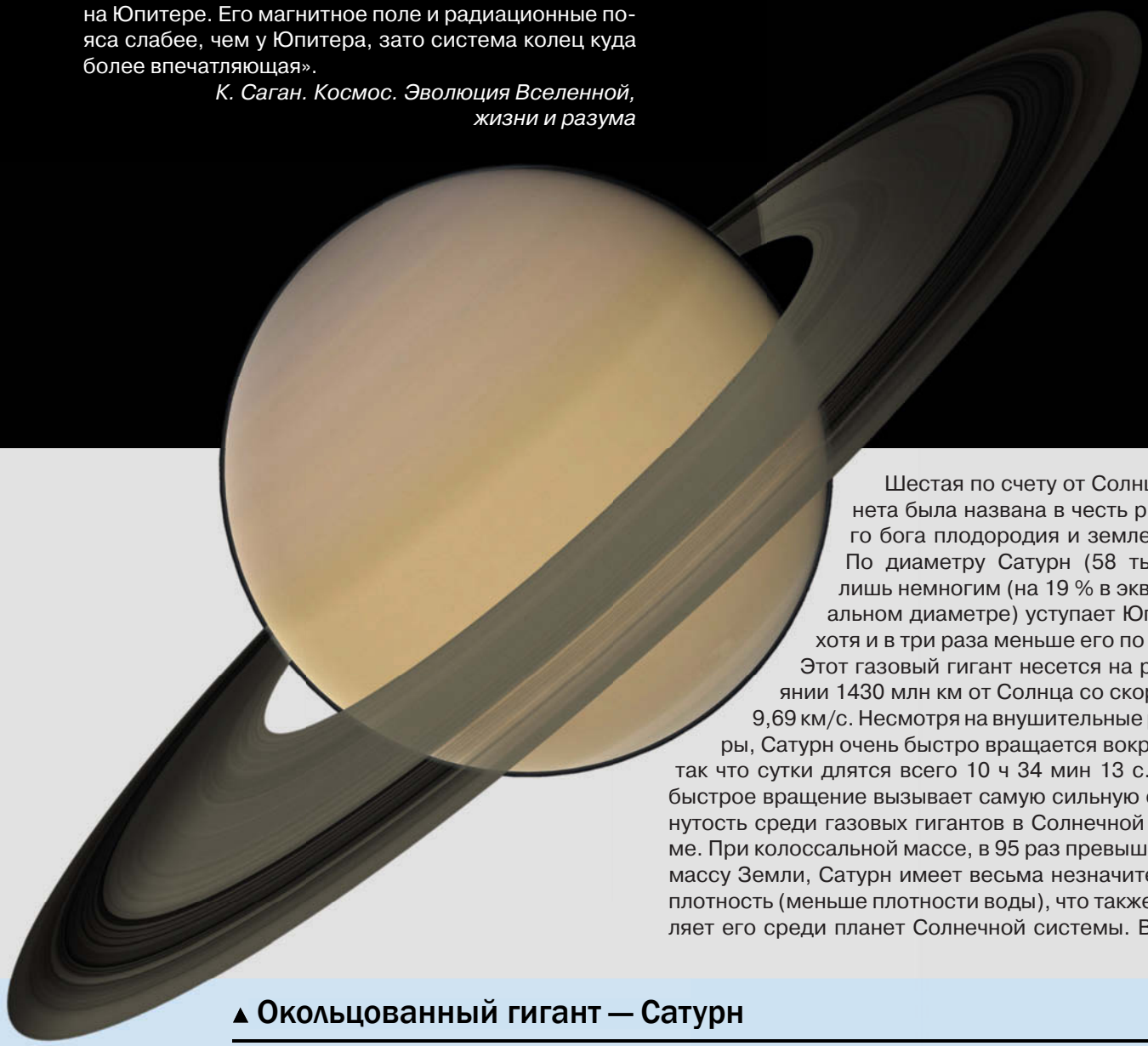
Сравнительно недавно планетологи наконец-то ответили на вопрос: что произойдет, если в атмосферу газового гиганта ворвется крупное небесное тело? Надо учитывать, что такие планеты не имеют четко выраженной твердой поверхности и в их атмосфере газовая среда постепенно сгущается под колоссальным внутренним давлением в жидкость, а затем, возможно, и в твердое состояние.

Когда в 1994 году комета Шумейкеров — Леви столкнулась с Юпитером, астрономов ожидало незабываемое зрелище распада кометного ядра в гравитационном поле газового гиганта с последующим поглощением фрагментов кометы его атмосферой. Была получена уникальная последовательность снимков, на которых хорошо видно, как осколки кометы погружаются в атмосферу, образовывая исчезающие темные следы. Под верхним облачным покровом планеты находится газовая среда с довольно высокой температурой, поэтому фрагменты кометы интенсивно плавились, не успев особенно глубоко проникнуть в юпитерианскую атмосферу. Поскольку Юпитер неизмеримо массивнее любой известной кометы, подобные соударения никак не могут повлиять на его внутреннее состояние и траекторию движения вокруг Солнца.

Глава 9
Сатурн

«Сатурн по своему строению и во многих других отношениях похож на Юпитер, хотя и меньше его по размерам. Совершая один оборот за десять часов, он тоже имеет разноцветные экваториальные облачные полосы, правда, не столь ярко выраженные, как на Юпитере. Его магнитное поле и радиационные пояса слабее, чем у Юпитера, зато система колец куда более впечатляющая».

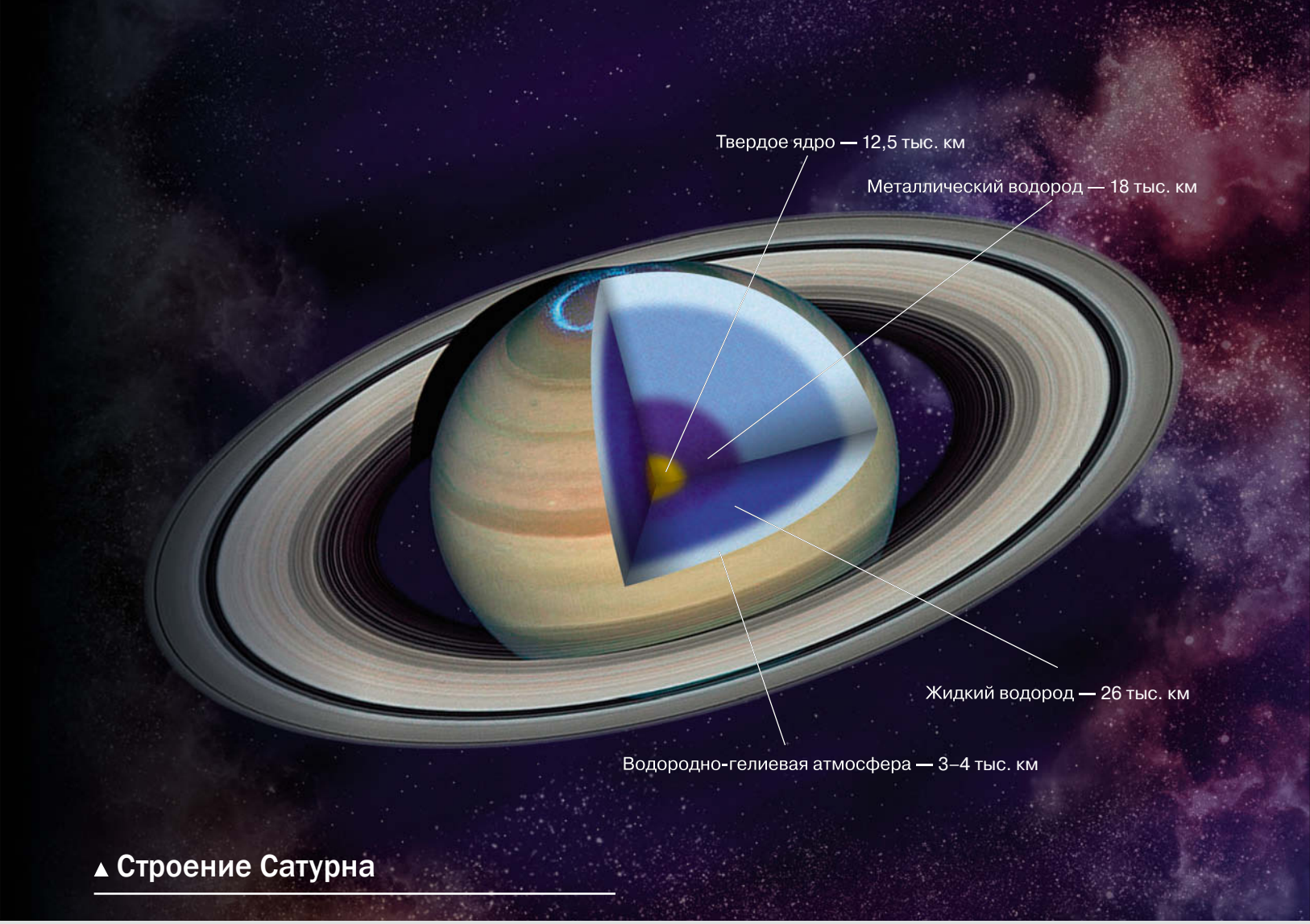
К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и разума



Шестая по счету от Солнца планета была названа в честь римского бога плодородия и земледелия. По диаметру Сатурн (58 тыс. км) лишь немногим (на 19 % в экваториальном диаметре) уступает Юпитеру, хотя и в три раза меньше его по массе. Этот газовый гигант несется на расстоянии 1430 млн км от Солнца со скоростью 9,69 км/с. Несмотря на внушительные размеры, Сатурн очень быстро вращается вокруг оси, так что сутки длятся всего 10 ч 34 мин 13 с. Столь быстрое вращение вызывает самую сильную сплюснутость среди газовых гигантов в Солнечной системе. При колоссальной массе, в 95 раз превышающей массу Земли, Сатурн имеет весьма незначительную плотность (меньше плотности воды), что также выделяет его среди планет Солнечной системы. В прин-

▲ Окольцованный гигант — Сатурн

В основном этот газовый гигант содержит водород и немного гелия, но встречаются еще и метан, аммиак и различные их соединения. В глубине мощнейшей атмосферы спрятано сравнительно небольшое ядро, состоящее из горных пород и льда, покрытое тонким слоем необычной субстанции — металлическим водородом.



▲ Строение Сатурна

ципе этот гигант вполне мог бы плыть в некой фантастической ванне, наполненной обычной водой!

Близкое знакомство со вторым газовым гигантом началось в 1979 году, когда АМС НАСА «Пионер-11» впервые приблизилась на расстояние 21,4 тыс. км к системе Сатурна. Были получены изображения планеты и его сателлитов. АМС пролетела над плоскостью колец газового гиганта и открыла тонкое кольцо F. Была также измерена температура поверхности спутника Титана.

В ноябре 1980 года в систему Сатурна вошла АМС НАСА «Вояджер-1». Во время этих миссий были получены изображения сатурнианских лун — Титана, Мимаса, Энцелада, Тефии, Дионы и Реи. Кроме того, было собрано много данных об атмосфере и температуре газового гиганта. Годом позже к Сатурну приблизился «Вояджер-2», продолжил исследование атмосферы планеты и подтвердил наличие магнитосферы и чудовищные штормы в атмосфере. Были также получены детальные снимки структуры колец, выяснен их состав и открыто несколько новых спутников.

В 1997 году к Сатурну отправилась АМС «Кассини-Гюйгенс», которая в июле 2004 года вышла на орбиту газового гиганта, пройдя мимо сателлита Феба. Были получены изображения больших метановых озер, гор и островов Титана. Затем специальный зонд «Гюйгенс» на парашюте спустился на поверхность Титана и выяснил, что верхняя часть облаков состоит из метанового льда, а нижняя — из жидких метана и азота. Собранная информация позволила открыть новые кольца планеты.

В 2009 году стартовал совместный американо-европейский проект «Titan Saturn System Mission», ставящий своей целью изучение Сатурна и его спутников Титана и Энцелада. Предполагается, что в ходе этого проекта АМС облетит Сатурн и станет спутником Титана, а затем с нее десантируются шар-зонд в атмосферу Титана и посадочный модуль на его поверхность.

В космическом пространстве между Юпитером и Сатурном расположен очередной пояс астероидов, в котором обращаются тысячи сравнительно небольших (диаметром от метров до километров) скальных и ледяных тел. Эти объекты чаще всего имеют неправильную форму и по химическому составу напоминают Луну и своих собратьев из главного пояса астероидов. Многие астероидные орбиты очень вытянуты, и все они летят вокруг Солнца в том же направлении, что и планеты.

С ростом давления в глубине атмосферы Сатурна водород плавно переходит в жидкость на глубинах около 30 тыс. км и становится металлическим при давлении в 3 млн атм. Токи, циркулирующие в металлическом водороде, создают магнитное поле и, соответственно, магнитосферу, правда, гораздо менее

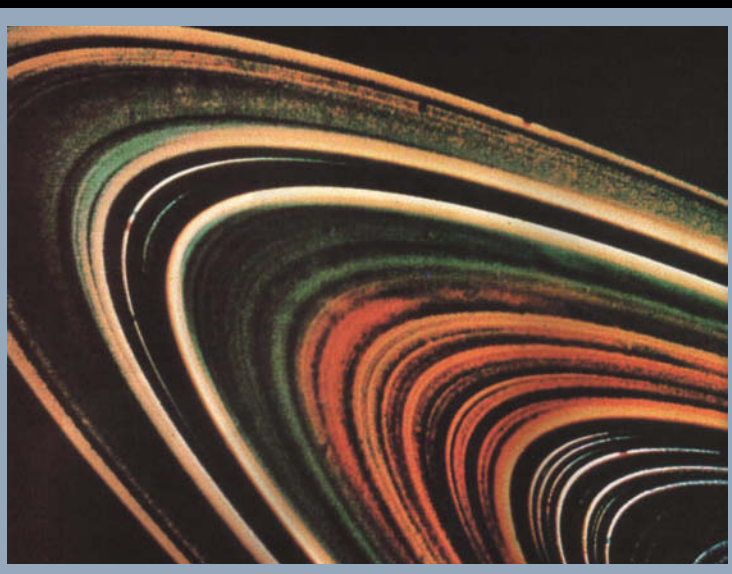
▾ Внутри колец газового гиганта

(художественная реконструкция)

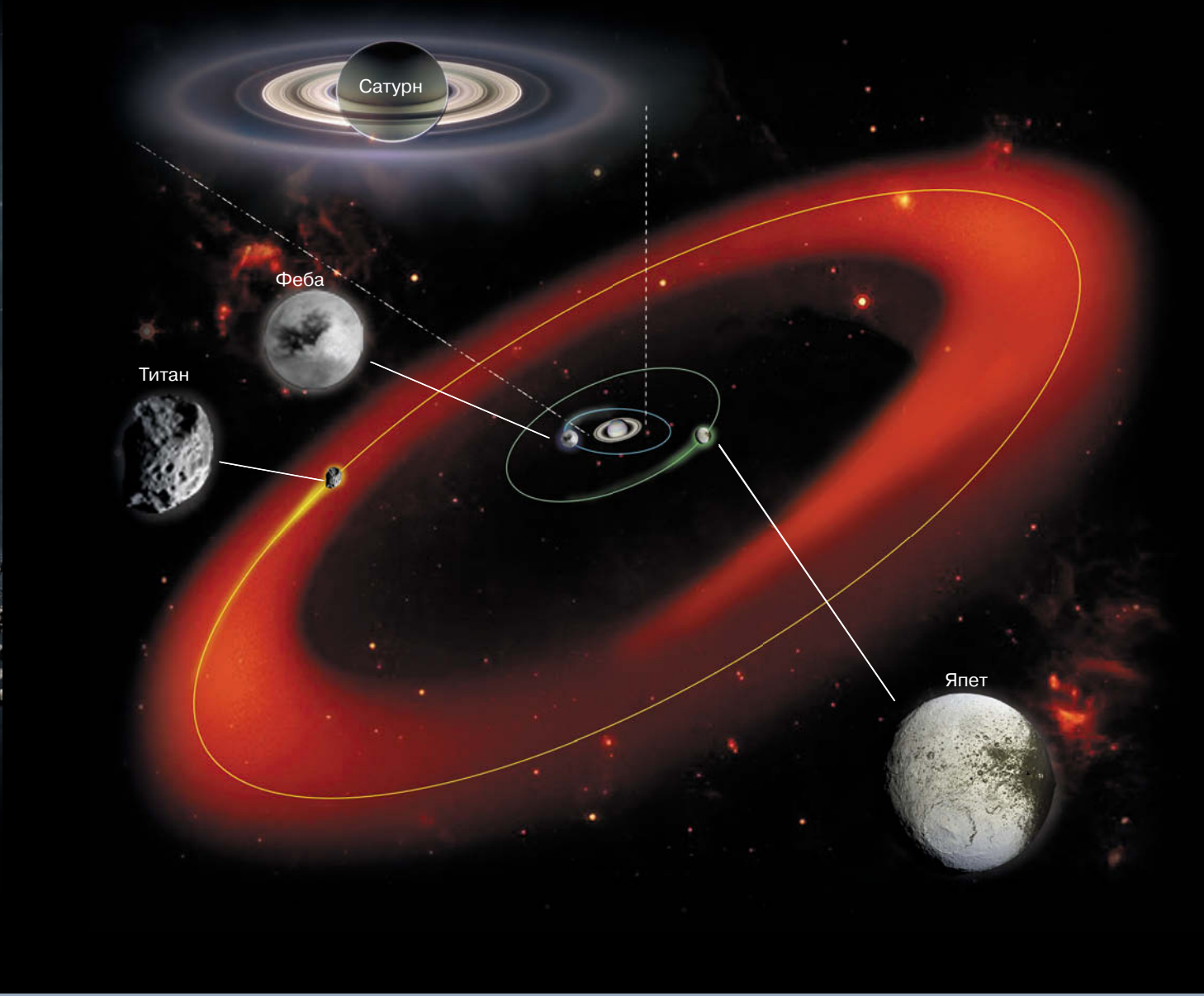
протяженную и мощную, чем у Юпитера. В центре Сатурна находится массивное железокаменное ядро диаметром 25 тыс. км (два десятка земных масс). Температура ядра достигает 11,7 тыс. °С, причем излучаемая им энергия в 2,5 раза превышает энергию, получаемую планетой от Солнца. Большая часть ее возникает при сжатии водорода, а другая часть тепла создается за счет конденсации и последующего падения капель гелия через слой водорода. В результате наблюдается переход потенциальной энергии этих капель в тепловую.

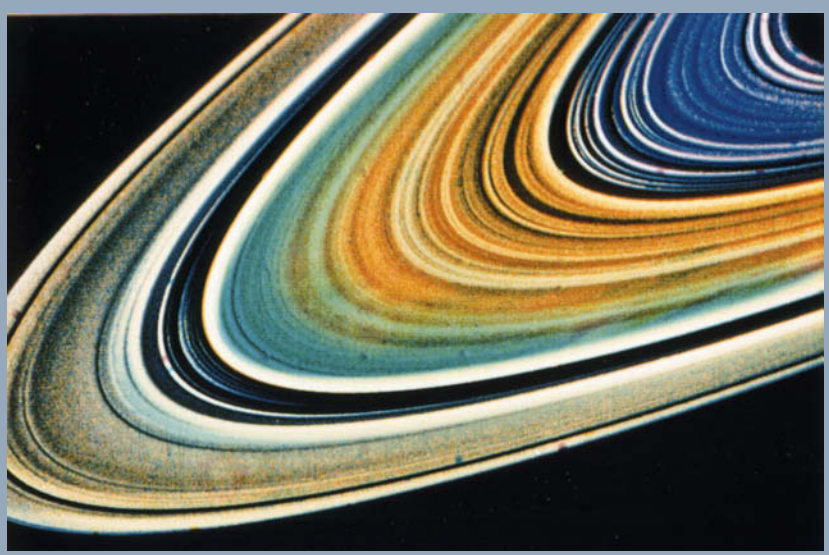
В атмосфере Сатурна дуют ураганные ветры, достигая скорости 1800 км/ч, что значительно превышает бури на Юпитере. Главная достопримечательность Сатурна, которую открыл еще Галилей, — внушительная система колец, охватывающая планету. Эти удивительные образования в основном состоят из частичек льда, крупинок горных пород и пыли. Вместе с кольцами вокруг Сатурна обращается более 60 лун. В основном это небольшие объекты, но некоторые из них, подобно крупнейшему Титану (второму по размеру сателлиту Солнечной системы после юпитерианского Ганимеда), сравнимы с Меркурием и даже обладают собственной атмосферой.

Сатурн подобно Юпитеру состоит в основном из той же водородно-гелиевой смеси легчайших газов, вот только пропорции ее иные и гелия меньше, при этом он более равномерно распределен по всему объему планеты. К тому же атмосфера Сатурна несколько глубже, ведь сила тяжести на нем существенно уступает, еще одно отличие — более мощные перистые облачные системы светлого цвета, заполняющие верхние слои атмосферы.



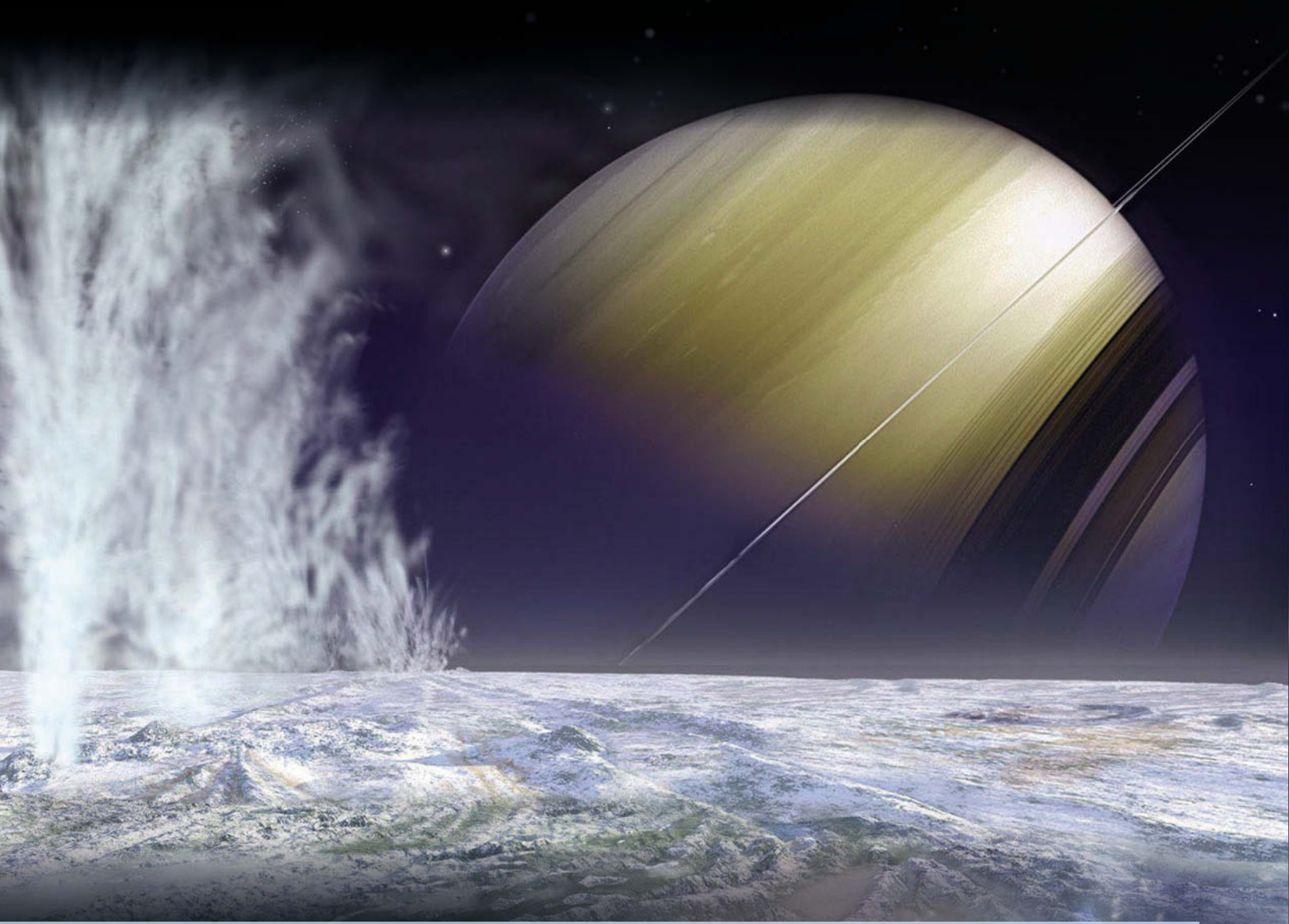
▾ Гигантское кольцо Сатурна





◂ Структура колец Сатурна

Система колец газового гиганта включает три основных кольца и более тонкое четвертое. Все они вместе блистают отраженным светом сильнее, чем поверхность диска самого Сатурна. Для основных колец приняты обозначения в виде первых букв латинского алфавита. Так, кольцо B — центральное, самое яркое и широкое, разделяется 4000-километровой щелью Кассини (с тончайшими полупрозрачными кольцами) от внешнего кольца A. Кольцо A содержит свою тонкую щель — разделительную полосу Энке.

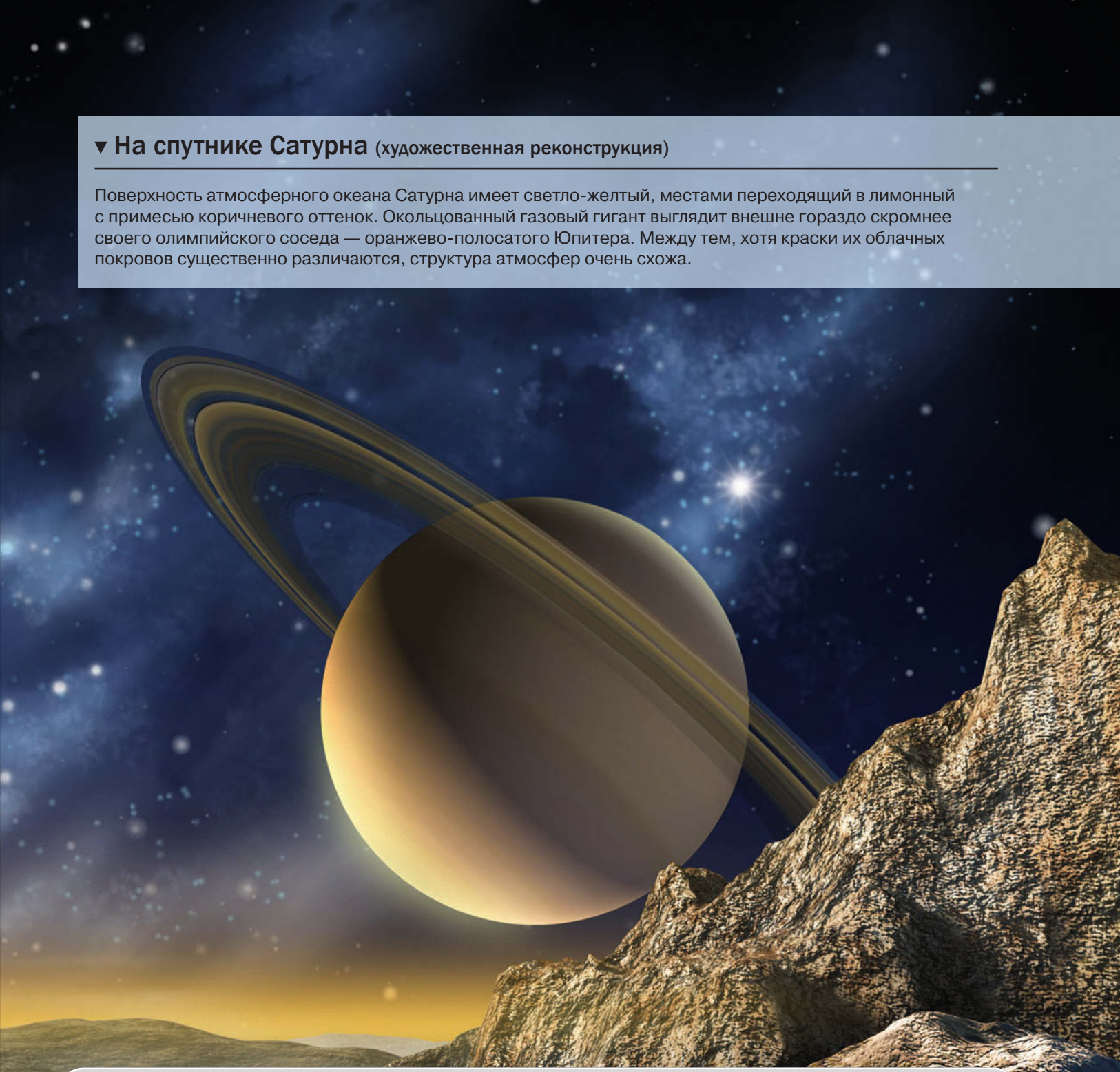


▲ Ледяные вулканы на Энцеладе

Энцелад знаменит среди других сателлитов газовых гигантов своими уникальными ледяными вулканами. Периодически они выбрасывают стокилометровые фонтаны мгновенно замерзающего водяного пара, каждую секунду превращающегося в килограмм мелких льдинок. Некоторое время спустя пар, ставший кристалликами льда, стремительно падает на поверхность со скоростью 1,3 тыс. км/ч, полируя неровности древних кратеров. Часть ледяных выбросов под действием притяжения Сатурна пополняет его ближайшее кольцо.

На экваторе планеты стремительно закручиваются гигантские атмосферные вихри, достигающие ширины в десятки тысяч километров. Эти сверхураганные ветры, не встречающиеся на других планетах, распространяются вширь и вглубь со скоростью 2 тыс. км/ч, медленно затихая на тысячекилометровой глубине. Основные ветры дуют в восточном направлении, поскольку Сатурн, как и большинство планет, вращается с запада на восток. Сила этих вихрей постепенно ослабевает при продвижении от экватора в высокие широты, где появляются и альтернативные западные течения.

Когда-то считалось, что кольца Сатурна — уникальное явление в Солнечной системе, но путешествие к следующим газовым гигантам показывает, что окольцованными могут быть многие крупные планеты с сильным полем тяготения.



▾ На спутнике Сатурна (художественная реконструкция)

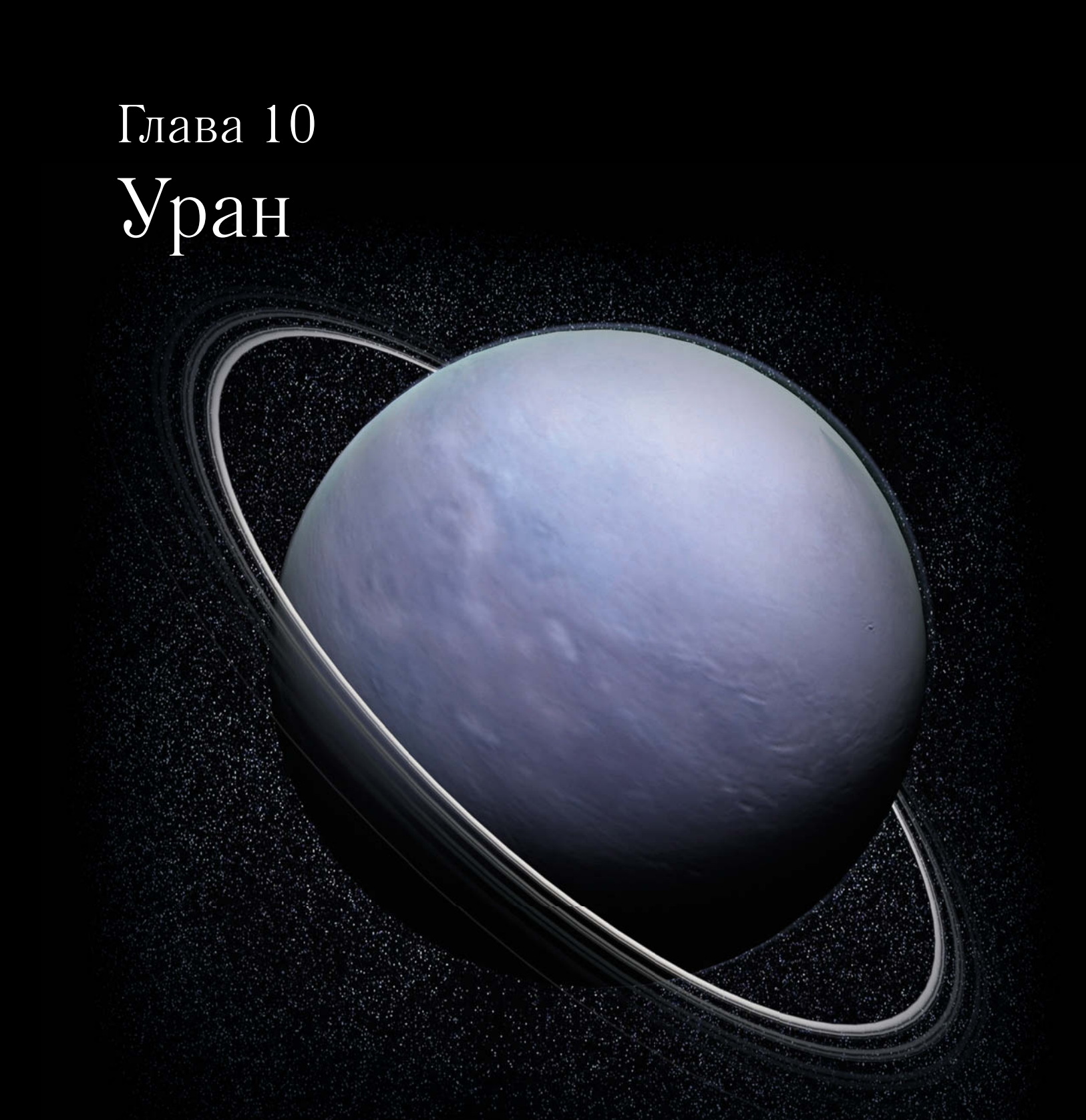
Поверхность атмосферного океана Сатурна имеет светло-желтый, местами переходящий в лимонный с примесью коричневого оттенок. Окольцованный газовый гигант выглядит внешне гораздо скромнее своего олимпийского соседа — оранжево-полосатого Юпитера. Между тем, хотя краски их облачных покровов существенно различаются, структура атмосфер очень схожа.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Не так давно «Властелин колец», как часто называют Сатурн, преподнес еще один сюрприз астрономам-планетологам. Наблюдения, выполненные на инфракрасном космическом телескопе «Спитцер», показали, что систему газового гиганта охватывает еще одно циклопическое кольцо, способное вместить миллиард планет, подобных Земле. Начинается оно на расстоянии около 6 млн км от Сатурна и простирается на 12 млн км. Толщина нового кольца впечатляет и своими размерами — 1,2 млн км. Это выглядит тем более парадоксально на фоне толщины главного из известных колец — от 5 до 15 км.

Новое открытое кольцо практически невозможно наблюдать визуально, даже находясь внутри его поверхности, поскольку составляющие его мельчайшие пылинки и частицы льда рассеяны и далеко отстоят друг от друга. Тем не менее данное образование вполне реально и невидимо лишь по причине того, что плохо отражает солнечный свет. Пыле-ледяная составляющая нового кольца разогревается до 80 K, излучая инфракрасный свет.

Глава 10
Уран



▲ Лежащая на боку голубая планета Уран

Как и другие газовые гиганты, Уран обладает мощной водородно-гелиевой атмосферой с примесью метана, придающего ей голубоватый оттенок. Между тем в основном эта планета состоит из горных пород и льда. Над полюсами Урана можно наблюдать мощные слои надоблачной дымки, состоящей из мельчайших кристалликов аммиака. Как и Сатурн, Уран имеет внешнее кольцо, но оно намного тоньше, и поэтому было открыто только сравнительно недавно. Как и у Венеры, ось вращения Урана сильно наклонена к плоскости орбиты и временами она бывает направлена прямо на Солнце, так что планета как бы катится по орбите.

«Я искал комету или туманную звезду, и оказалось, что это комета, поскольку она поменяла положение…

Я не знаю, как это назвать. Это может быть как обычной планетой, вращающейся вокруг Солнца по почти круговой орбите, так и кометой, движущейся по очень вытянутому эллипсу. Я пока не заметил ни головы, ни кометного хвоста».

У. Гершель. Дневник астрономических наблюдений

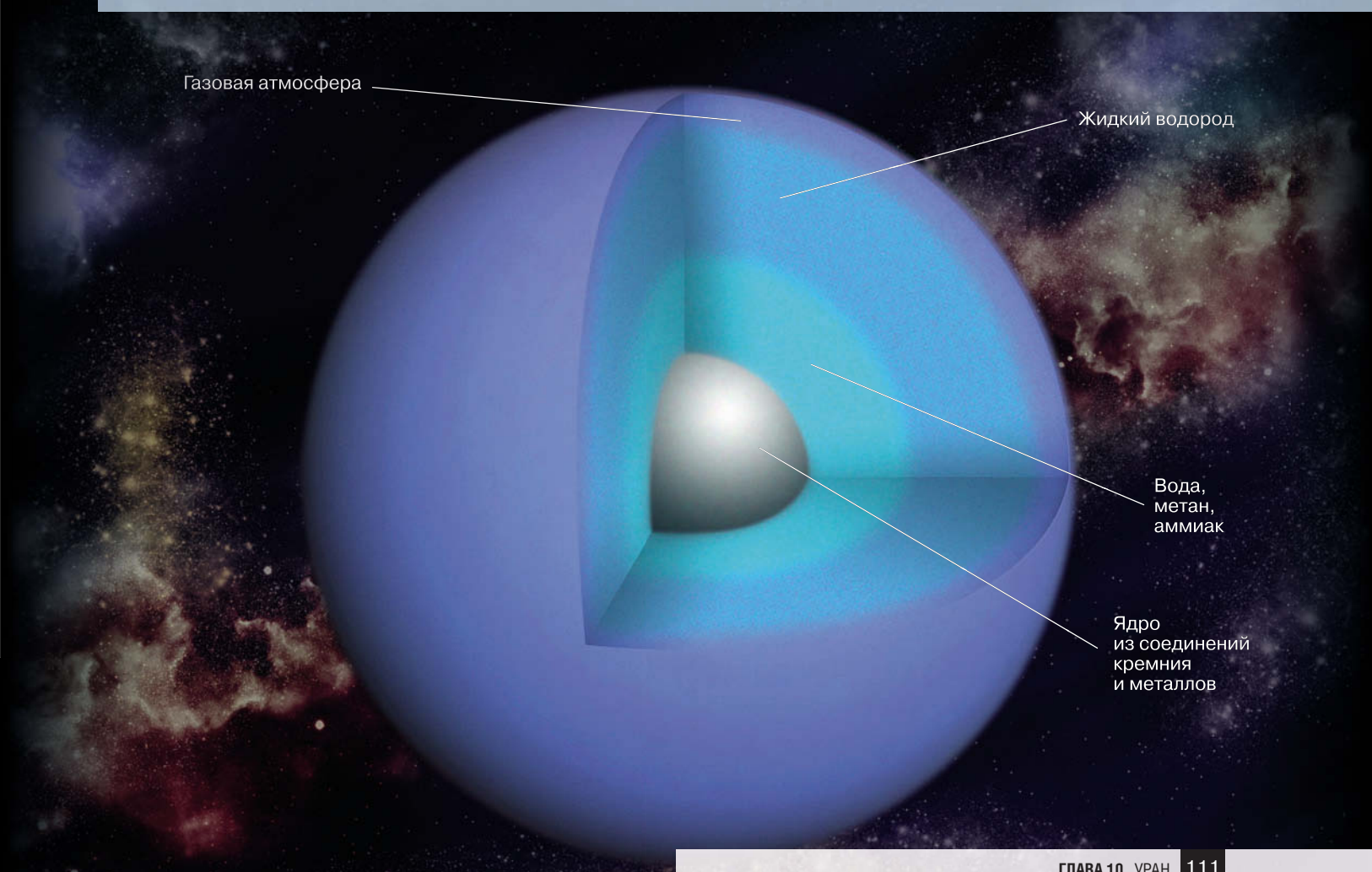
Путешествуя по стране газовых гигантов, мы приближаемся к Урану — седьмой по счету планете от Солнца, немного напоминающей расцветкой далекую Землю.

Долгое время Уран из-за дальности расстояния принимали за звезду, и только в 1781 году выдающийся британский астроном немецкого происхождения Уильям Гершель (1738–1822) открыл этот газовый гигант. Уран оказался не просто огромным небесным телом, но и целой спутниковой системой, дополненной несколькими темными кольцами, обнаруженными только в 1977 году.

Уран самый легкий из череды планет-гигантов, хотя его масса в 14,5 раза превышает земную. Благодаря своему необычному внутреннему строению Уран открывает новую подкатегорию ледяных гигантов. В его недрах нет металлического водорода, как у Юпитера и Сатурна, но много разных высокотемпературных видов льда. Атмосфера ледяного гиганта самая холодная в Солнечной системе (49 K). Планета имеет сложный слоистый облачный покров из верхнего слоя метана и нижнего — воды.

▾ Внутренняя структура Урана

Планетарная модель предполагает наличие относительно небольшого железно-каменного ядра (20 % от радиуса) в 7 земных масс, ледяной мантии (60 % от радиуса) в 13,5 земной массы и водородно-гелиевой атмосферы (20 % от радиуса) в 0,5–1,5 земной массы. Температура на границе ядра и мантии при колоссальном давлении может достигать 5 тыс. K. Выше лежит магма из плотной и горячей жидкости, представляющей собой смесь воды, аммиака и метана. Этот океан водного аммиака должен обладать высокой электропроводностью. По своему внутреннему строению Уран существенно отличается от Юпитера и Сатурна и благодаря преобладанию льдов над газами входит в подкатегорию ледяных гигантов.



Уран — очень необычная планета хотя бы потому, что вращается «лежа на боку», ведь ось вращения наклонена на 98˚ к плоскости орбиты. Существует гипотеза, что однажды планета столкнулась с каким-то очень крупным телом, «опрокинувшим ее на бок».

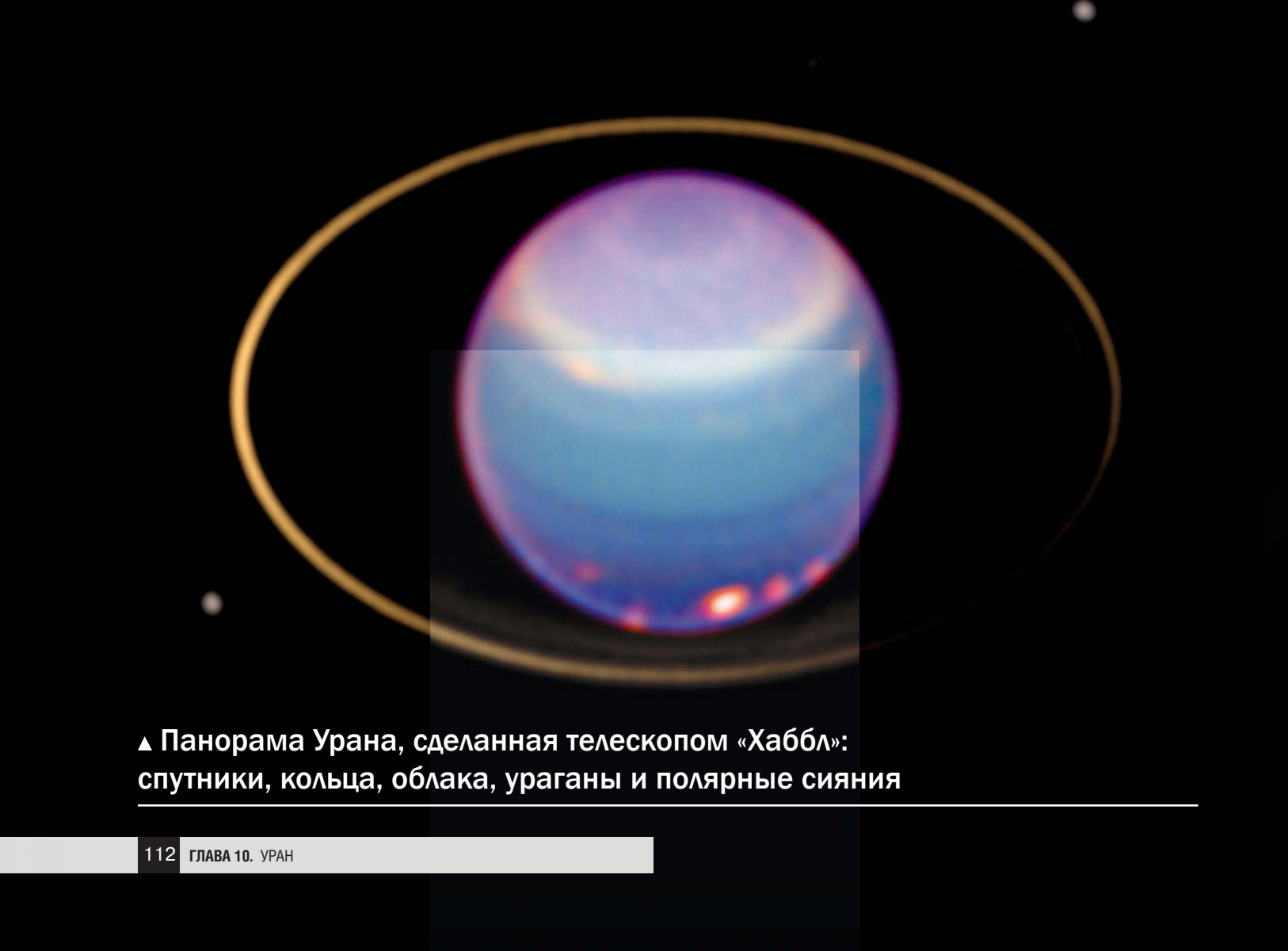
Поскольку Уран расположен на краю Солнечной системы, падающий на его поверхность поток солнечного света в 400 раз меньше, чем на нашей планете, а приносимой им энергии в 140 раз меньше. Благодаря аномальному наклону оси вращения полярные области ледяного гиганта получают в течение года больше солнечной энергии, чем экваториальные. Тем не менее Уран теплее на экваторе, чем вблизи полюсов, и причины такого энергетического баланса пока неизвестны, но есть версия, что часть своего внутреннего тепла планета выплеснула при каком-то столкновении.

В холодной атмосфере ледяного гиганта дуют очень сильные ветры, скорость которых достигает 240 м/с. Основное направление этих стремительных атмосферных потоков лежит параллельно экватору планеты.

Из-за необычного расположения планетарного магнитодинамо (проводящих слоев) в стороне от ядра магнитное поле Урана может формироваться на относительно малых глубинах в океане жидкого аммиака, окружающего внутреннюю часть стабильной слоистой структуры. Таким образом, Уран обладает весьма специфичным магнитным полем, направление которого наклонено на 59˚ относительно планетарной оси вращения. Кроме того, у ледяного гиганта можно насчитать целых четыре магнитных полюса: два основных и два второстепенных. Необычное магнитное поле образует ассиметричную магнитосферу, сильно искаженную потоком солнечного ветра. Магнитный хвост тянется за планетой чуть ли не на 10 млн км по направлению к орбите Нептуна и закручен в спираль.

Экспедиция «Вояджера-2» в 1986 году и последующие наблюдения космического телескопа «Хаббл» открыли свыше дюжины колец. Более-менее крупных на сегодняшний день насчитывается 13, но между ними находятся еще и неполные дуги с пыльными полосами. Кольца ледяного гиганта состоят из довольно крупных для данных образований фрагментов водяного льда размером от нескольких сантиметров до десятков метров и в большинстве непрозрачные.

Самое обширное и дальнее кольцо имеет толщину всего лишь несколько километров при радиусе 98 тыс. км. Его возраст насчитывает около 600 миллионолетий, что совсем немного по космическим масштабам. Предполагается, что система колец Урана возникла в результате периодических столкновений нескольких его спутников. Сейчас у ледя-



▲ Панорама Урана, сделанная телескопом «Хаббл»: спутники, кольца, облака, ураганы и полярные сияния

◂ Ариэль

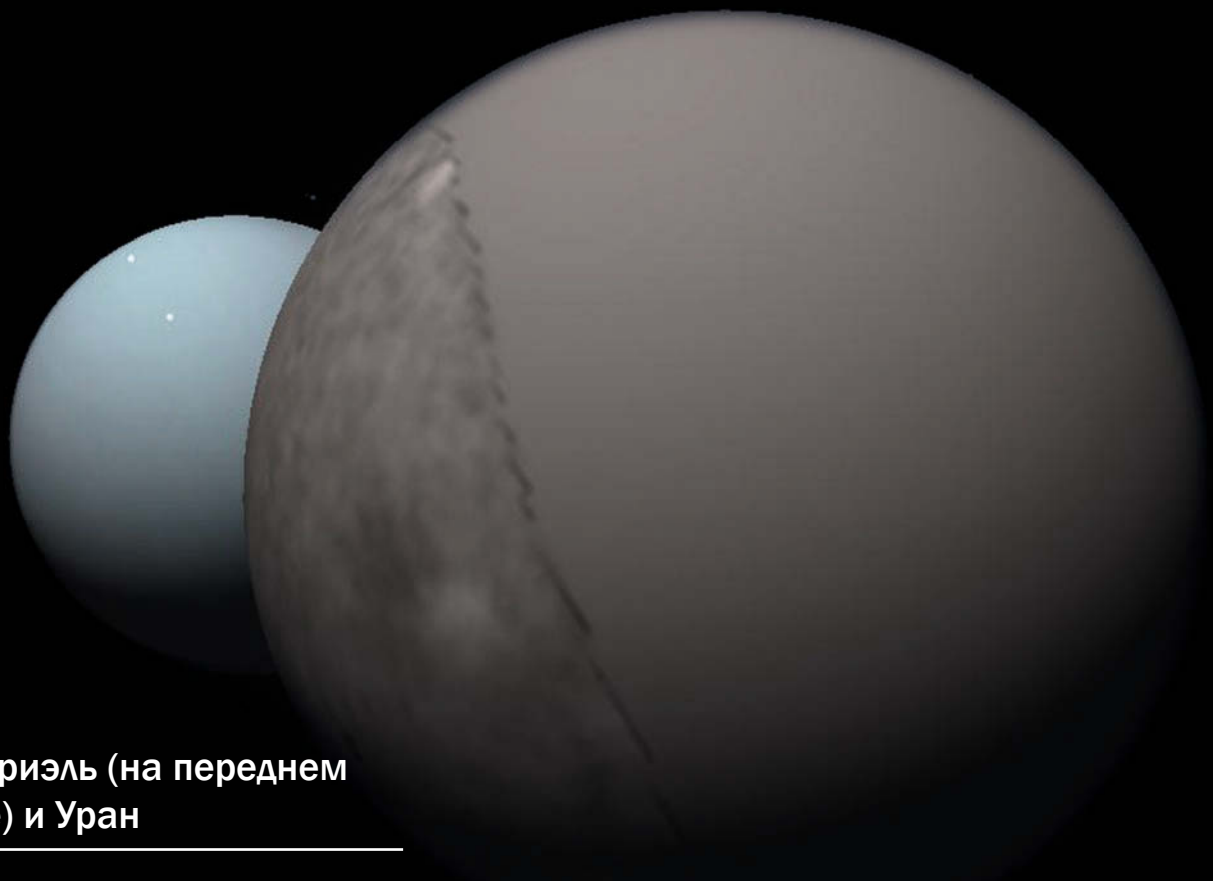
ного гиганта 27 естественных сателлитов. По традиции они все названы в честь различных персонажей Уильяма Шекспира и Александра Поупа.

Самые крупные из них — Миранда, Ариэль, Умбриэль, Титания и Оберон. Спутниковая система Урана самая маломассивная среди всех газовых и ледяных гигантов. Достаточно сказать, что общая масса всех крупных урановых сателлитов меньше половины массы спутника Нептуна Тритона. Самый крупный спутник Урана, Титания, имеет радиус вполовину меньше лунного (788,9 км). Сателлиты Урана в основном состоят из горных пород и льда с включениями пыли, аммиака и углекислого газа. Самым молодым спутником считается Ариэль, а самым старым — Умбриэль (возраст их определяют по степени кратерированности, то есть по количеству ударных кратеров).

Самый интересный ландшафт, пожалуй, у Миранды. Это наименьший и самый близкий из пяти крупных спутников планеты, на нем можно встретить каньоны и террасы в окружении скал.

Более детально рассмотреть Миранду удалось в 1986 году во время пролета АМС «Вояджер-2». Аппарат прошел довольно близко и сделал много поразительных снимков ее поверхности с высоким разрешением. Весь спутник оказался изрыт

▲ Спутники Урана, на переднем плане Миранда (коллаж из снимков космического телескопа «Хаббл»)



▲ Умбриэль (на переднем плане) и Уран

каньонами, глубина которых достигает 20 км. Это притом что средний радиус самого спутника невелик — всего лишь 235 км.

По словам очевидцев, первое, что бросилось в глаза, — горные хребты Миранды с зубьями тысячеметровых пиков, белеющих на черном горизонте. Среди них разбросаны странные детали рельефа в виде темных и светлых прямоугольников и метеоритные кратеры, напоминающие лунные цирки.

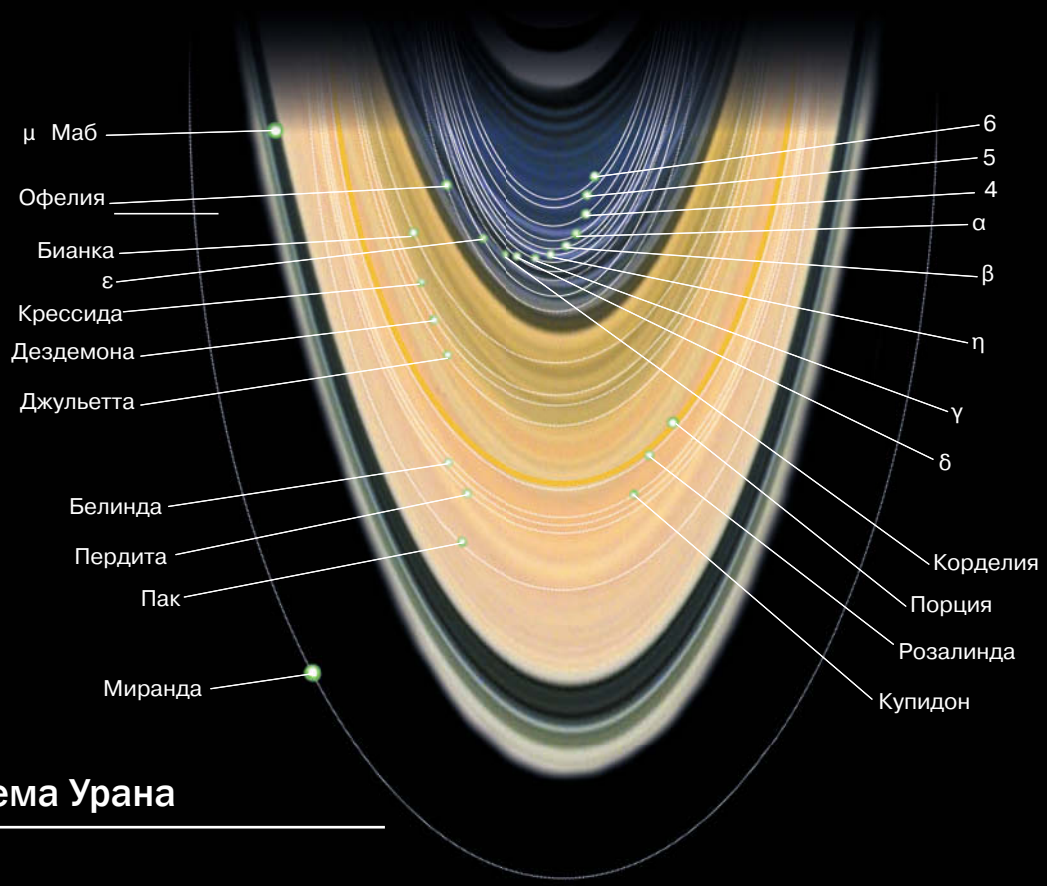
Все это стало своеобразной научной сенсацией, ведь Миранда считалась слишком малой для наличия каких-то геологических процессов. Тем не менее на спутнике явно присутствовал весьма своеобразный рельеф, имеющий черты сразу нескольких планетарных образований.

Все это породило гипотезу о том, что Миранда когда-то была полностью разрушена, но потом под воздействием силы гравитации фрагменты ее вновь собрались в одно целое. Здесь, конечно же, требуются дополнительные исследования, и астрономам остается только надеяться на будущие космические экспедиции в систему Урана.

Как уже говорилось, единственным космическим аппаратом, исследовавшим систему Урана в 1986 году, был зонд НАСА «Вояджер-2», который пересек орбиту ледяного гиганта на расстоянии 81,5 тыс. км от него. Аппарат провел изучение состава, структуры и погоды в атмосфере Урана, открыл десять новых спутников, сфотографировав пять самых крупных, исследовал систему колец, обнаружив два новых, магнитное поле и строение магнитосферы с необычным закрученным «магнитным хвостом».

Сегодня НАСА разрабатывает миссию «Uranus Pathfinder» с запуском АМС «Uranus orbiter and probe» в 2020-х годах нынешнего столетия. По сообщениям НАСА, это космическое путешествие предполагает исследование гигантских неизвестных областей в краю газовых и ледяных гигантов, и конечной целью будет Уран, для которого АМС станет первым искусственным спутником. В ходе данной миссии планируется изучить уникальный химический состав атмосферы планеты, ее спутники и кольца, чтобы разрешить множество накопившихся загадок. Предполагается, что экспедиция может занять от 8 до 15 лет.

▲ Титания



▲ Система Урана

▲ Сравнительные размеры и яркость пяти самых крупных спутников Урана

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Что произойдет, если спрыгнуть с самой высокой скалы в Солнечной системе?

Вполне возможно, что вы даже не повредите свой скафандр, используя обычную автомобильную подушку безопасности. На знаменитом среди планетологов сателлите Урана Миранде возвышается скала Верона Рупес с перепадом высот более чем 20 км, что в 10 раз больше глубины земного Гранд-Каньона в США. Поскольку гравитация на Миранде довольно незначительна, то в далеком будущем космические туристы наверняка будут прыгать с вершины скалы-рекордсмена, находясь в свободном падении не менее 12 мин. При этом скорость достигнет где-то 200 км/ч, на что и рассчитаны современные автоподушки безопасности. Изображение скалы Верона Рупес было впервые получено с борта «Вояджера-2», и до сих пор планетологи спорят о ее происхождении. Некоторые считают, что это результат катастрофического столкновения, иные отдают предпочтение тектонической активности.

Глава 11
Нептун

▲ Панорама морского гиганта с его спутника Тритона
(художественная реконструкция)

Сегодня Нептун считается последней — восьмой — и самой удаленной от Солнца планетой (раньше такой считалась карликовая планета Плутон). Этот газовый гигант четвертый по размерам и третий по массе среди планет Солнечной системы и в 17 раз массивнее Земли. Немного превышая массу соседнего Урана, Нептун близок к нему по составу, в то же время они оба существенно отличаются от своих больших собратьев — Юпитера и Сатурна, их даже зачисляют в отдельный раздел ледяных гигантов.
Грозный «морской бог» бушует не меньше других своих газовых собратьев, и пролетающие мимо космические аппараты зафиксировали на этой тусклой, внешне холодной планете сильные импульсы молниевого радиоизлучения, исходящие из мощнейшей зональной структуры облаков. Есть у Нептуна и свое «родимое пятно» в виде циклопической штормовой системы, названной Большим темным пятном. В нем непрерывно вращаются ураганные вихри колоссального торнадо, закручивающего атмосферные потоки со скоростью до 2,5 тыс. км/ч. Пожалуй, это самые сильные ветры из наблюдаемых на планетах Солнечной системы.

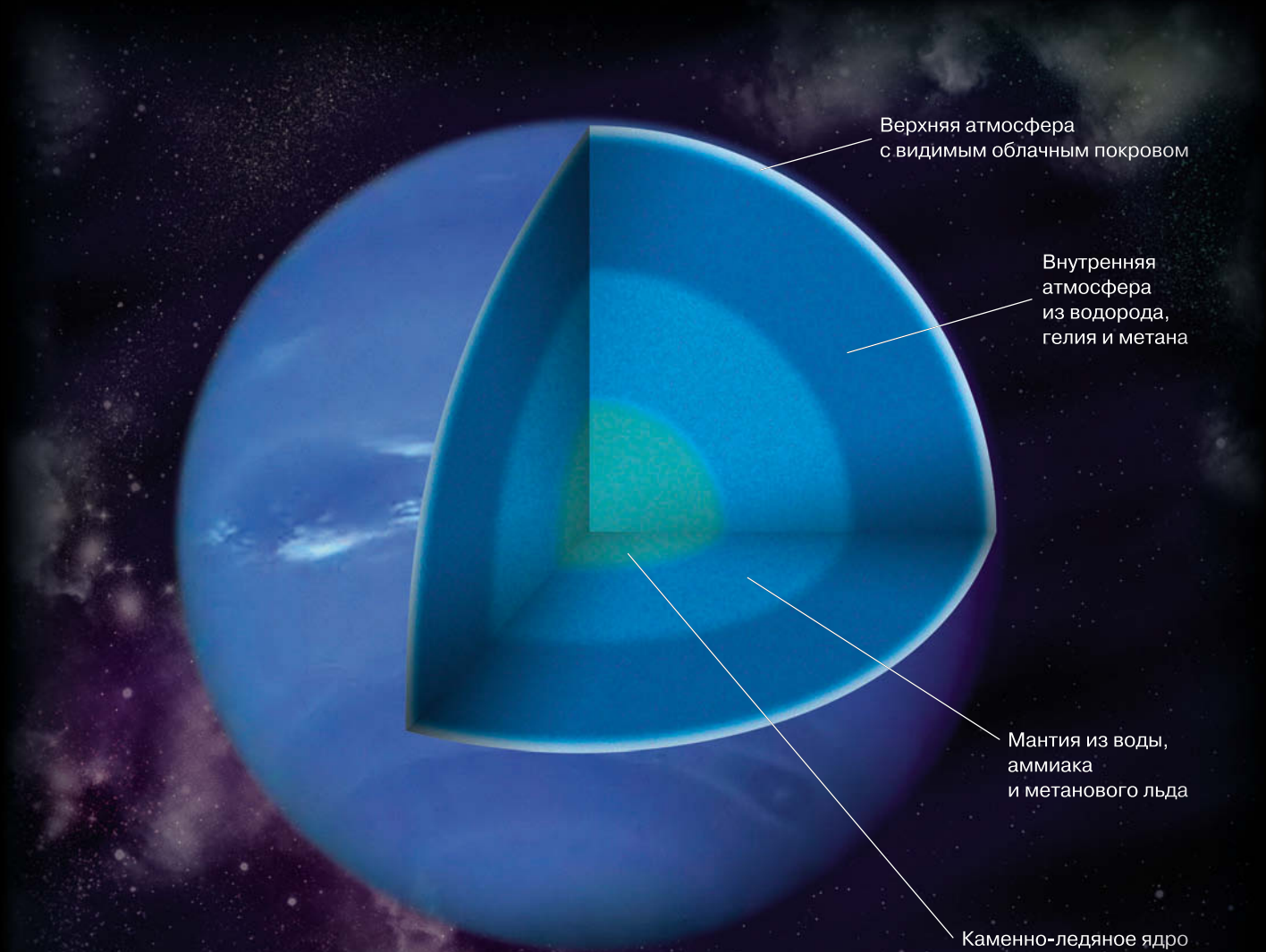
«С открытием Нептуна — далекой трансурановой планеты — границы Солнечной системы раздвинулись для человечества почти вдвое. Сам собой на повестку дня встал следующий вопрос: а нельзя ли еще больше раздвинуть эти границы? Разве открытие Нептуна кладет конец надежде обнаружить еще более далекие — транснептуновые планеты? Откуда может возникнуть уверенность, будто Нептун и есть крайняя, последняя планета Солнечной системы?»

А. А. Гурштейн. Извечные тайны неба

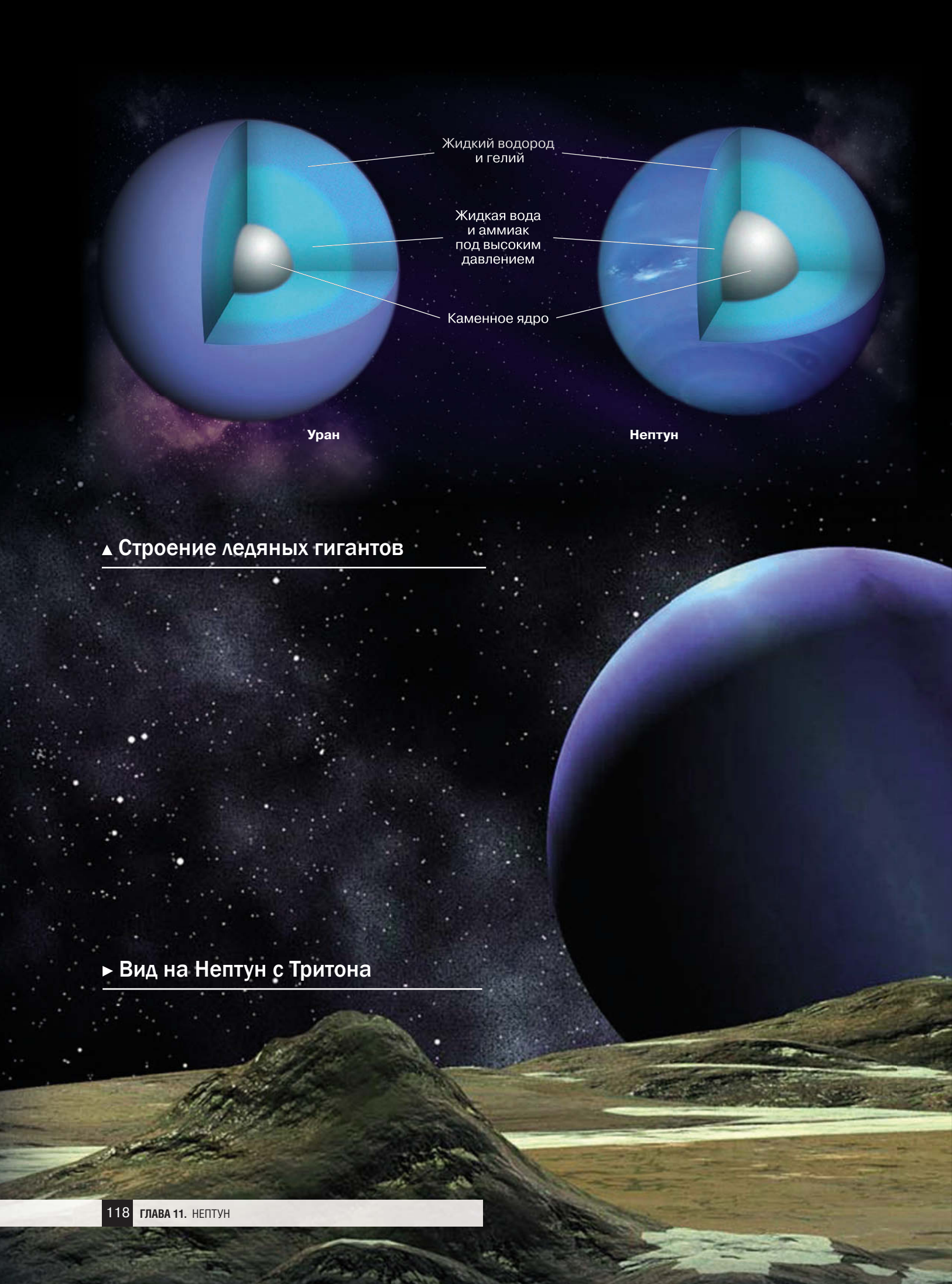
Следующий пункт нашего космического путешествия — спутниковая система четвертого газового гиганта Нептуна. Это самая далекая от Солнца из планет-гигантов, она находится в 30 а. е. от нашего светила, следовательно, средний радиус ее орбиты в 30 раз превышает расстояние от Солнца до Земли.

Нептун был открыт 23 сентября 1846 года «на кончике пера» и стал первой планетой, найденной благодаря теоретическим расчетам, а не регулярным астрономическим наблюдениям. Обнаружение непредвиденных гравитационных возмущений в орбитальном движении соседнего Урана породило гипотезу о наличии незнакомой планеты, и практически одновременно гипотетические координаты неизвестного небесного тела указали британский математик и астроном Джон Адамс (1819–1892) и сотрудник Парижской обсерватории Урбен Леверье (1811–1877). Так что вскоре новая планета была найдена в пределах предсказанного положения кембриджскими и парижскими астрономами. Затем был открыт и сателлит Нептуна Тритон, но остальные 12 спутников оставались неизвестными до XX века.

Неожиданности начинаются уже в начале знакомства с планетой, названной в честь античного бога морей и океанов. Оказывается, Нептун излучает вдвое больше энергии, чем составляет его мизерная солнечная порция (3 % от того, что получает Юпитер от Солнца). Этот парадокс породил



▲ **Предположительное строение Нептуна**



▲ Строение ледяных гигантов

▶ Вид на Нептун с Тритона

несколько далеко идущих теоретических моделей, в которых под мощным облачным покровом в условиях высочайшего давления и тысячеградусной температуры бурно плавится и кипит твердое ядро планеты. Некоторые планетологи даже предсказывают, что в таких условиях могут образовываться алмазоподобные минералы. Ядро Нептуна, как и Урана, состоит в основном из льда и горных пород, . Своим красивым голубовато-серым цветом Нептун обязан метану в атмосфере, которую раздувают самые ураганные ветры в Солнечной системе, достигающие скорости более 2 тыс. км/ч. Температура верхних слоев атмосферы приближается к –18 °С, а ядро планеты раскалено до 7 тыс. °С, что вполне сопоставимо с температурой на Солнце. У Нептуна есть слабо видимые кольца, а также много мелких спутников.

Нептун обладает достаточно выраженной магнитосферой и существенным, сильно наклоненным к оси вращения планеты магнитным полем, распространяющимся более чем на половину ее радиуса (приблизительно 13,5 тыс. км). Необычная ориентация магнитосферы может быть вызвана приливами проводящей жидкости в недрах планеты. Например, это могут быть гигантские конвективные течения электропроводящей смеси из аммиака, метана и воды, запускающие в действие гидромагнитное динамо в виде эффекта самогенерации магнитного поля.

Погода на Нептуне неустойчивая: с постоянно дующими ураганными ветрами, достигающими порывами скорости звука — 400 м/с. Постоянные штормы несколько утихают в приполярных районах, где скорость ветра падает до 250 м/с, при этом перемещение воздушных масс происходит в направлении, обратном вращению планеты, причем высокоширотные ветры дуют по направлению вращения, а низкоширотные — в противоположную сторону.

Недавно в верхней тропосфере южного полюса ледяного гиганта был открыт аномальный термоэффект, выражающийся в том, что температура верхних слоев на 10 °С выше остальной части, где она колеблется в районе –200 °С. Этой температурной разницы вполне достаточно, чтобы превратить полярные области в метановый инжектор, выбрасывающий размороженный газ в космическое пространство.

▲ Спутник Тритон

Нептун посетила только одна АМС «Вояджер-2» (25 августа 1989 года), пролетевшая на расстоянии 4,4 тыс. км. В тот же день аппарат перемещался и вблизи Тритона.

«Вояджер-2» подтвердил наличие магнитосферы сателлита, ориентированной так же, как и магнитосфера Урана. При этом был точно измерен период вращения планеты и выявлена необычно активная погодная система. Кроме того, были открыты шесть сателлитов и несколько колец.

Около 2016 года НАСА планирует начать новую миссию к Нептуну — запустить АМС «Нептун Орбитер».

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Ни один астроном на протяжении своей жизни не сможет наблюдать смену всех времен года на Нептуне, ведь годовой цикл этого ледяного гиганта захватывает 165 земных лет. Так, в 1960-х годах в южное полушарие планеты пришла весна, в 2005 году здесь началось астрономическое нептунское лето. Наблюдения телескопа «Хаббл» показывают, что поверхность планеты стала заметно ярче. Вместе с тем резко возросла концентрация ярко-белых облаков в южном полушарии и существенно повысилась грозовая активность, породившая новые атмосферные штормы и циклоны. Это доказывает, что погода на Нептуне, так же как и на нашей планете, определяется сезонными изменениями, несмотря на то что освещенность его светом Солнца в 900 раз слабее, чем освещенность Земли.

Глава 12
Карликовая планета Плутон

▲ Экс-планета бога подземного царства Плутона

Эта бывшая девятая планета в череде небесных тел, обращающихся вокруг Солнца, а ныне карликовая планета занимает второе место по размерам после Эриды, недавно открытой в поясе Койпера.

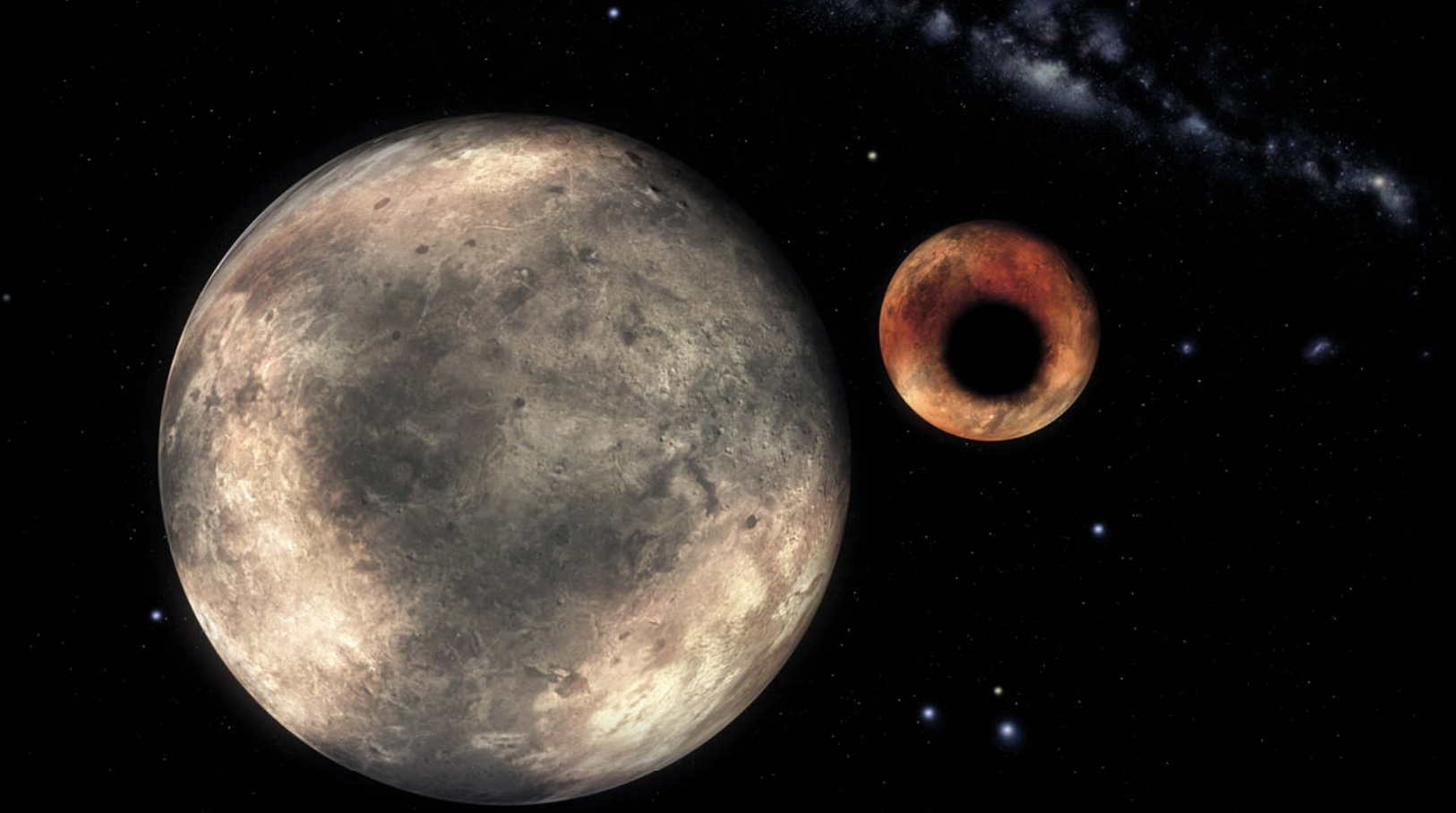
«Кроме того, есть все основания считать, что вовсе не орбита Плутона отмечает границу владений Солнца. Это не значит, что мы должны предполагать существование еще не открытых более далеких планет (хотя отнюдь не исключена возможность, что такие маленькие и очень далекие планеты действительно существуют. Имеются уже известные небесные тела, которые время от времени очень легко увидеть и которые, без сомнения, уходят от Солнца гораздо дальше, чем Плутон на самой удаленной точке своей орбиты».

А. Азимов. Вселенная. От плоской Земли до квазаров

Только удалившись от системы Нептуна, путешественники начинают осознавать, что за кормой космического корабля осталась официальная граница Солнечной системы в виде орбиты последнего из ледяных гигантов. Такое решение принял Международный астрономический союз (МАС) 24 августа 2006 года, впервые дав исчерпывающее определение термина «планета». После этого небесное тело с названием Плутон, со времени своего открытия в 1930 году считавшееся девятой планетой Солнечной системы, мгновенно превратилось в карликовую планету 134340 Pluto. Этому предшествовала череда открытий во внешней части Солнечной системы множества объектов (теперь они называются трансплутоновыми), среди которых выделялись Квавар, Седна и особенно Эрида, которая на 27 % массивнее Плутона. После этого МАС и причислил Плутон к новой категории карликовых планет наряду с Эридой и Цererой. Согласно новым взглядам, Плутон как крупнейший трансплутоновый объект представляет собой зародыш так и не сформировавшейся планеты или же, наоборот, осколок какого-то крупного объекта с окраин Солнечной системы. Правда, некоторые астрономы до сих пор оспаривают данное решение МАС и считают, что Плутон должен быть возвращен в разряд истинных планет.

Плутон действительно особый случай. По размерам это небесное тело вполне сопоставимо с земной группой, хотя представляет собой всего лишь гигантский массив льда различных летучих элементов и горных пород. Плутон долгое время считался не то странным природным феноменом, не то совершенно инородным телом, неизвестно как попавшим в Солнечную систему. Однако после открытия вдалеке за Плутоном скопления астероидов и карликовых планет, получивших название пояса Койпера, планетологи резко пересмотрели свои взгляды. В первую очередь это было связано с тем, что многие обитатели нового астероидного пояса оказались вполне сравнимыми по своим габаритам и массе с Плутоном. Все эти тела движутся по сильно вытянутым, а иногда и «неправильным» орбитам, являясь неиссякаемым источником комет, изредка залетающих в окрестности Солнца.

Масса Плутона в 5 раз меньше Луны, а объем — в 3 раза. Плутон и его спутник Харон часто рассматриваются в качестве двойной планеты, поэтому после понижения в ранге его можно считать даже не отдельной малой планетой, а кратной системой карликовых планет Плутон — Харон, поскольку их центр тяжести лежит в космосе на соединяющей их линии. У Плутона есть еще три меньших спутника — Никта, Гидра и не имеющий пока названия P4.



▲ Система карликовых планет Плутон — Харон

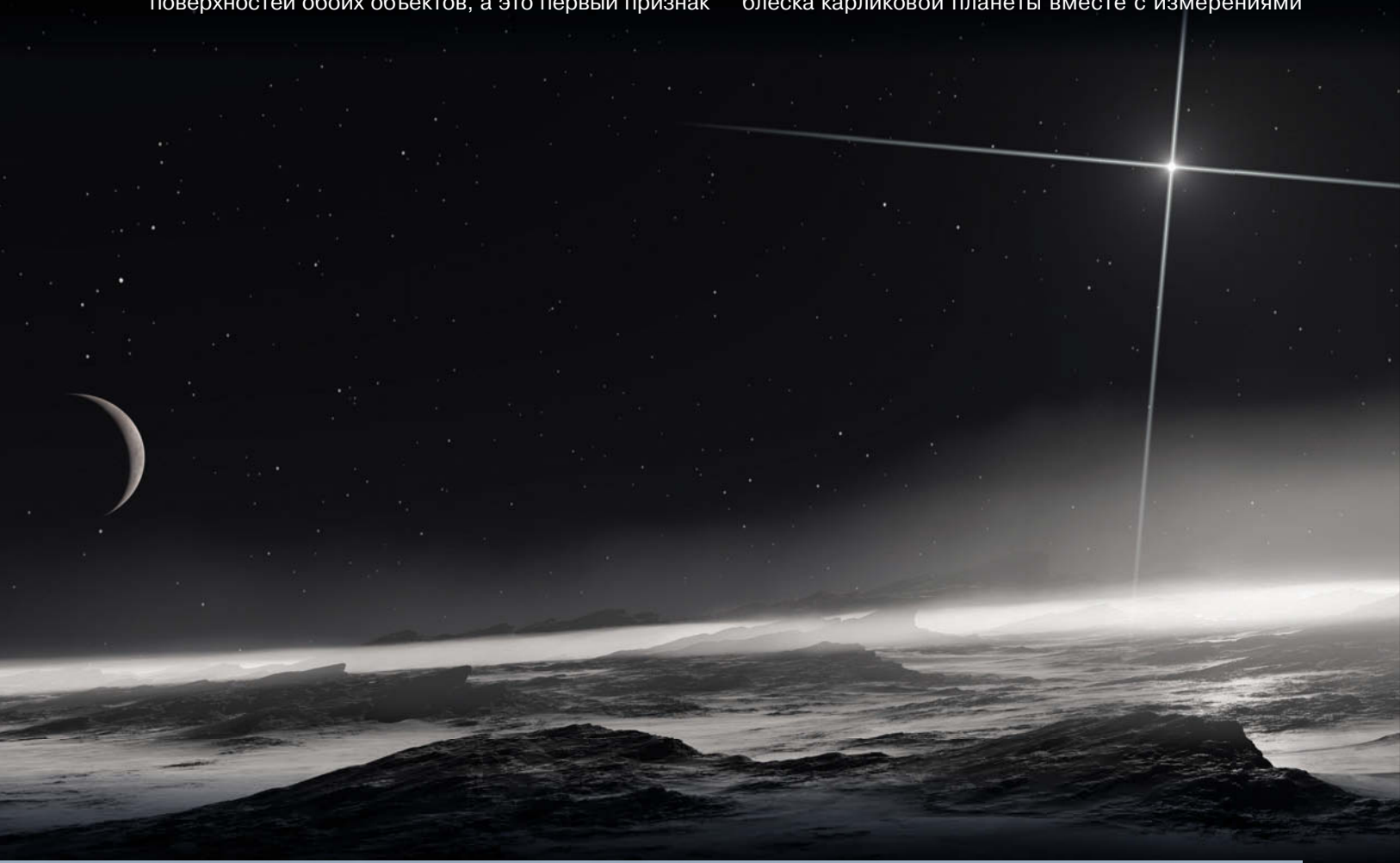
(художественная реконструкция)

Плутон с атмосферой из тяжелых газов больше напоминает спутник газовых гигантов, уступая некоторым из них по массе и диаметру. В то же время плотность Плутона в 2 раза превышает плотность воды.

Орбита Плутона выделяется среди других орбит планет Солнечной системы своей вытянутостью и большим наклоном к плоскости эклиптики (более чем на 17°), поэтому эта карликовая планета изредка приближается к Солнцу на расстояние в 4,4 млрд км (29,6 а. е.) и оказывается к нему ближе Нептуна. К счастью, из-за большого наклона орбиты столкновение Плутона с Нептуном полностью исключено, и эти небесные тела не сближаются менее чем на 17 а. е.

Кроме самого Плутона переклассификации ожидает и его крупнейший спутник Харон, ведь их общий центр тяжести, как мы уже говорили, находится вне поверхностей обоих объектов, а это первый признак двойной системы. Вообще говоря, МАС заявил о намерении дать формальное определение для двойных карликовых планет, а до этого момента Харон все еще остается спутником карликовой планеты.

При максимально доступном увеличении Плутон предстает светло-коричневым диском со слабым оттенком желтоватого цвета. Анализ поверхности показывает, что он практически полностью (более чем на 98 %) состоит из азотного льда с очень малыми добавками метана и окиси углерода. Сегодня даже на изображениях, полученных космическим телескопом «Хаббл», можно различить лишь самые общие детали поверхности карликовой планеты. На приблизительных картах, составленных по данным телескопических наблюдений, видно, что поверхность крайне неоднородна. Об этом свидетельствует и изменение блеска карликовой планеты вместе с измерениями



▲ Вид с поверхности Плутона на Солнце и Харон
(художественная реконструкция)

Свет от Солнца идет до Плутона около 5 ч, соответственно, столько же требуется и радиоволнам, чтобы долететь от Земли до космического аппарата, находящегося в системе планеты. Рядом виден спутник-партнер Харон в виде призрачного полумесяца на фоне звезд. Над горизонтом — обширное уплощенное облако из зодиакальной пыли. Рельеф Плутона реконструирован на основе астрономических наблюдений крупнейшего сателлита Нептуна Тритона, которого считают близким аналогом Плутона. Кратеры предполагают метеоритную бомбардировку с окраин Солнечной системы.

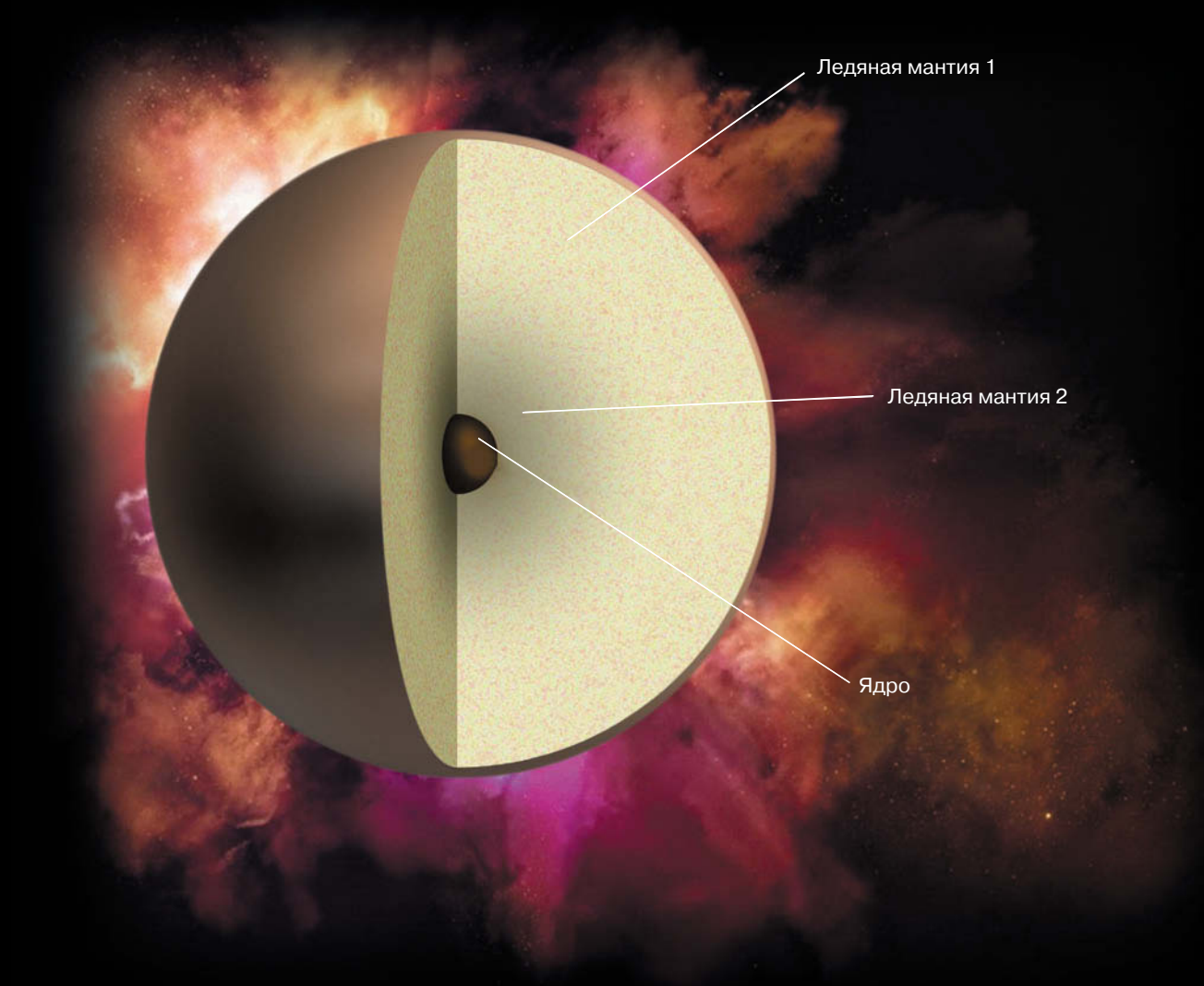
▼ Вид с поверхности Харона на Плутон
(художественная реконструкция)

в его инфракрасном спектре. Любопытно, что поверхность, обращенная к Харону, содержит метановый лед, в то время как противоположная — лед из азота и окиси углерода. Эту загадку еще предстоит решить будущим космическим миссиям.

По последним данным, полученным с помощью космического телескопа, атмосфера карликовой планеты представляет собой тонкую азотную оболочку с примесью метана и оксида углерода, испаряющихся с ледяной поверхности. По мере смены годичных сезонов, которые длятся здесь долгие десятилетия, атмосфера значительно меняет свой вид за счет изменения скорости сублимации поверхностных льдов. Так, на рубеже нашего века она простиралась только на 100–135 км над поверхностью, а сегодня ее высота увеличилась почти на 3 тыс. км, что составляет около четверти расстояния до Харона.

Собранные на сегодняшний день планетологами данные позволяют предположить, что внутреннюю структуру Плутона составляют на 50–70 % горные породы и на 50–30 % — лед. Точный состав льда не известен, потому как в условиях системы Плутона может существовать и водяной лед, и замерзший азот, и оксид углерода, и метан. Поскольку за миллиарды лет радиоактивный распад минералов должен был бы прогреть сердцевину карликовой планеты, следует ожидать, что там льды отделились от горных пород и внутренняя структура выглядит как плотное ядро из горных пород в окружении ледяной мантии толщиной где-то 300 км. Возможно, внутренняя теплота даже растопила часть льда и в толще карликовой планеты есть обширные каверны, заполненные жидкой водой.

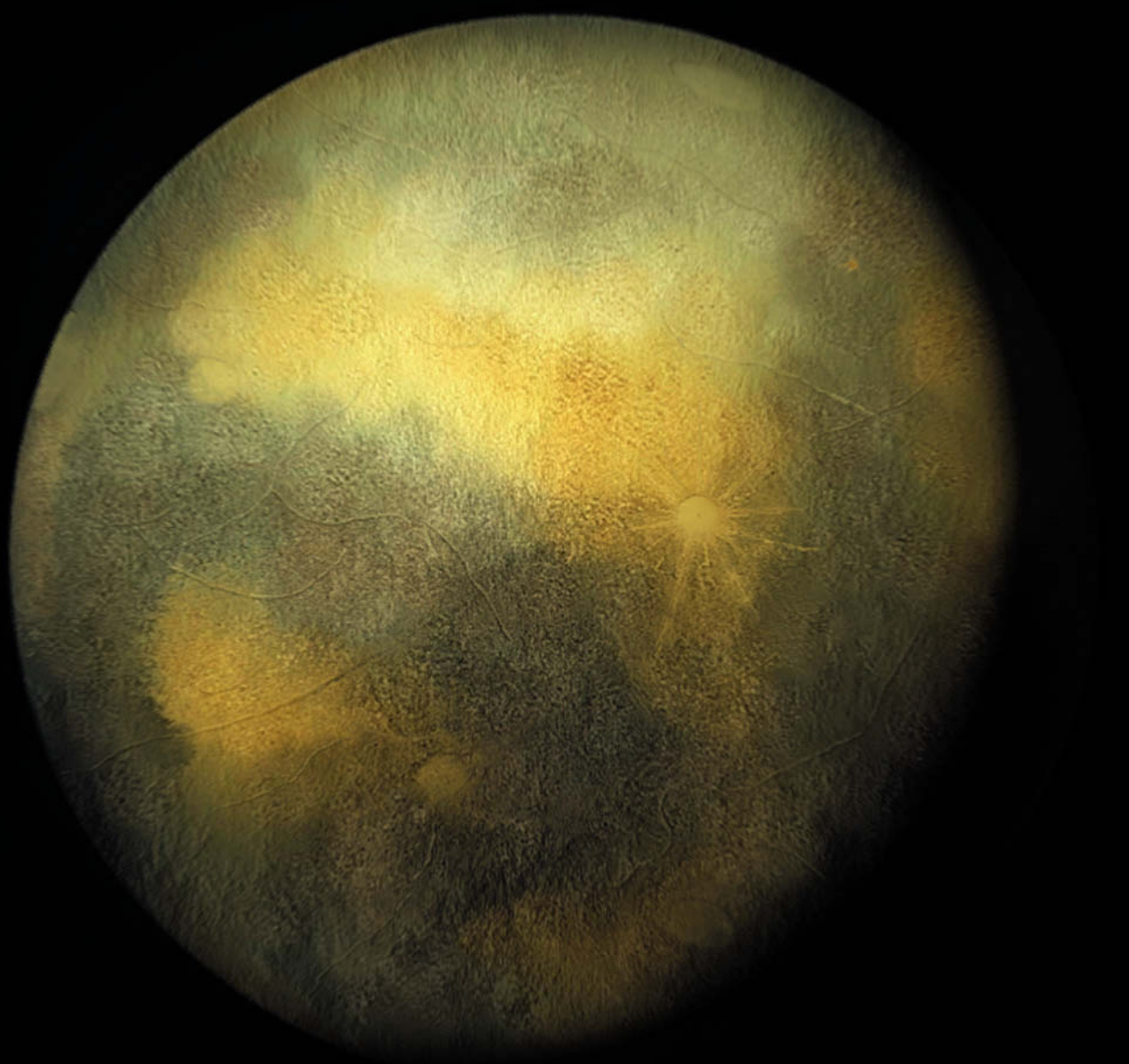
Большая удаленность карликовой планеты делает трудными экспедиции космических аппаратов в ее



▲ Структура Плутона

▾ Атмосфера Плутона по наблюдениям космического телескопа «Хаббл»

За 248 земных лет своего годичного обращения вокруг Солнца Плутон то обретает, то практически теряет азотную атмосферу. При отдалении от светила его атмосфера постепенно замораживается и оседает на поверхности. При приближении к Солнцу температура на Плутоне существенно повышается и позволяет сублимировать льды, превращая их в газы.



окрестности. Поэтому и первая АМС, побывавшая на окраинах планетарной Солнечной системы («Вояджер-1»), не посетила Плутон, а пролетела вблизи Титана — спутника Сатурна. Не было возможности приблизиться к карликовой планете и у «Вояджера-2». Уже в нашем столетии стал разрабатываться проект полета к Плутону и поясу Койпера «Pluto Kuiper Express», вылившийся в миссию НАСА «Новые горизонты», успешно стартовавшую 19 января 2006 года. В торжественной обстановке на АМС была помещена ампула с прахом первооткрывателя Плутона Клайда Уильяма Томбо (1906–1997). Сближение аппарата «Новые горизонты» с Плутоном запланировано на 14 июля 2015 года, а научные наблюдения должны начаться за пять месяцев до этого и продолжаться месяц после прибытия в систему Плутона.

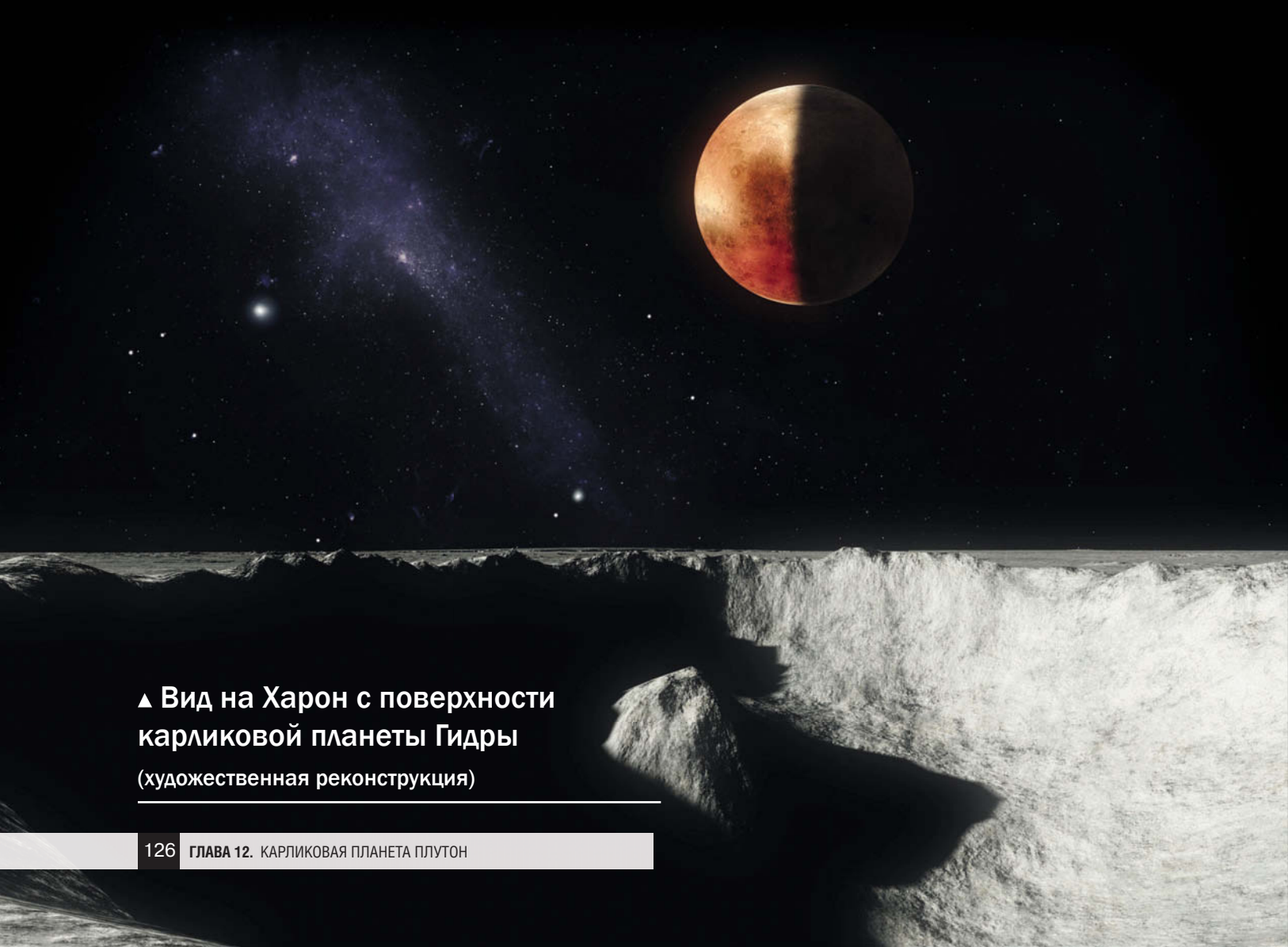
Уже сравнительно скоро после своего старта в конце сентября 2006 года станция «Новые горизонты», тестируя фотокамеру LORRI, получила первое изображение Плутона с расстояния 4,2 млрд км (28 а. е.),

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Персиваль Лоуэлл, американский бизнесмен, востоковед, астроном и математик, основавший в 1894 году собственную обсерваторию, в 1906 году начал поиски девятой планеты X Солнечной системы. Несмотря на теоретические расчеты возможных небесных координат для планеты X, все попытки найти ее вплоть до кончины Лоуэлла в 1916 году не принесли результата. Впоследствии выяснилось, что 19 марта 1915 года Лоуэлл все же получил два очень слабых изображения Плутона, но не смог их выделить на фоне других звезд.

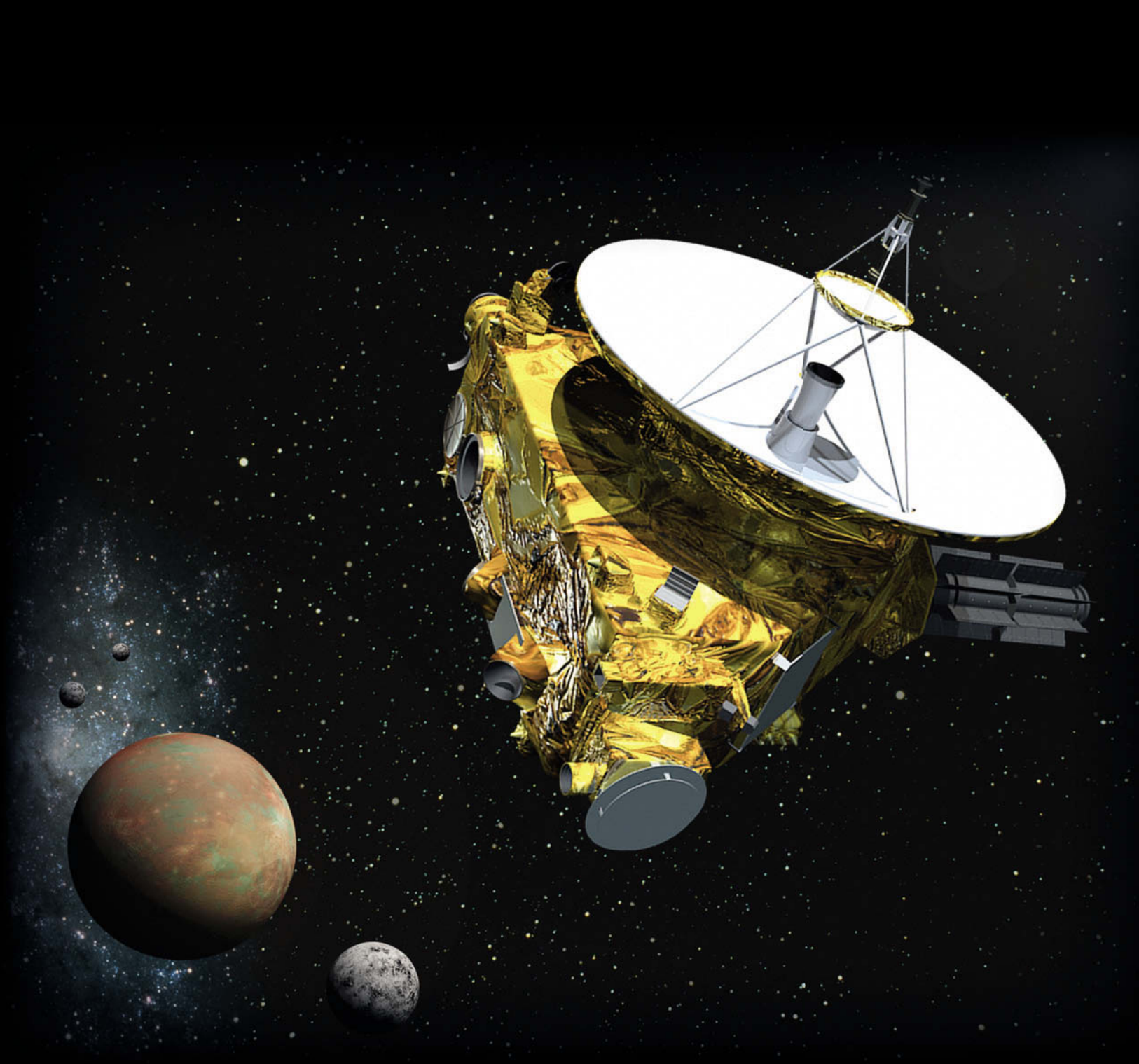
И только 18 февраля 1930 года астроном Клайд Томбо после двух лет напряженных наблюдений обнаружил признаки нового небесного тела — Плутона. За это открытие в 1931 году он был награжден золотой медалью Королевского Астрономического общества. Но и после открытия Томбо неразличимость тусклого диска Плутона долгое время вызывали дискуссии о том, является ли это небесное тело той самой планетой X, которую искал Лоуэлл. В дальнейшем масса Плутона постоянно пересматривалась в сторону уменьшения. Это продолжалось до того времени, как открытие в 1978 году спутника Харона не выявило, что искомая масса составляет около 0,2 % земной. В свое время Лоуэлл строил расчеты местоположения планеты X на гравитационных искажениях орбиты Урана, но уточнения массы Нептуна при пролете в 1989 году «Вояджера-2» показало, что совместное притяжение Нептуна и Плутона на Уран не дают тех несоответствий в его орбите, на которые опирался Лоуэлл в своих поисках планеты X.

Сегодняшние поиски планеты X считаются ошибочными, а предсказание в 1915 году Лоуэллом координат этого гипотетического небесного тела, оказавшегося близким к фактическому положению Плутона, — случайным совпадением.



▲ **Вид на Харон с поверхности карликовой планеты Гидры**

(художественная реконструкция)



▲ Миссия исследовательской АМС «Новые горизонты» вблизи Плутона

что подтвердило способность АМС отслеживать навигационные цели при маневрах на пути к окрестностям Солнечной системы.

«Новые горизонты» несет множество разнообразнейшей научной аппаратуры, начиная от уникальных спектроскопов и фотокамер и заканчивая мощной радиостанцией дальней связи. В ходе миссии ученые НАСА надеются получить достаточно изображений поверхностей Плутона и Харона для создания их качественных атласов. Кроме того, АМС должна провести спектрографическое исследование их рельефов для изучения геологии и морфологии ландшафтов, а также уточнить данные об атмосфере Плутона.

Есть и определенные опасности в таком путешествии, ведь после открытия спутников Гидры и Никты была выдвинута гипотеза, что вблизи системы Плутон — Харон могут существовать обширные кольца из пыли, льда и обломков скальных пород, способные повредить АМС.

Глава 13

Пояс Койпера и облако Оорта

▲ В поясе Койпера (художественная реконструкция)

Это трансплутоновое скопление карликовых планет, астероидов и кометных ядер названо именем Джерарда Койпера, видного американского астронома-планетолога голландского происхождения, предсказавшего его существование, основываясь на теории происхождения планетных систем. Намного раньше об этом со схожей аргументацией говорил и ирландский писатель-популяризатор Кеннет Эджворт.

«Весь горизонт впереди представлял собой облако туманной белой дымки — не сплошной, а испещренной темными сгустками, пересеченной светящимися полосами, ярко пылающими струями и потоками огня, исходящими из одной точки. При существовавшем увеличении ядро кометы едва виднелось вдали как крошечное черное пятнышко, и тем не менее было очевидно, что именно оно является источником всего, что происходило вокруг».

А. Кларк. 2061: Одиссея три

Что встретим мы в окрестностях Солнечной системы за орбитой Плутона, некогда бывшей последней, самой удаленной планетой?

Лишь сравнительно недавно, в начале 1990-х годов, астрономы с помощью высокочувствительного оборудования смогли открыть первые после Плутона и его спутника Харона трансплутоновые объекты. Ими оказались ледяные и каменные астероиды, некоторые из них настолько велики, что, как Ирида, превышают диаметр Плутона и заслуживают ранга карликовой планеты. Большинство этих гигантских астероидов принадлежит так называемому поясу Койпера, названому в честь астронома Джерарда Койпера, предсказавшего его существование еще в 1951 году. По своей форме пояс Койпера напоминает геометрическую фигуру тор, простирается на расстояние от 30 до 50 а. е. от Солнца.

Первым доказательством существования пояса Койпера стало открытие в 1992 году астрономами Дэвидом Джюитом и Джейном Лу из Гавайского университета с помощью новых мощных телескопов довольно слабого объекта в виде 200-километрового ледяного шара, вращающегося вокруг Солнца на расстоянии около 50 а. е. (7,5 млрд км). В течение следующих лет обнаружили еще несколько сотен подобных объектов, что сыграло свою роль в понижении планетного статуса Плутона и отнесении его к сообществу малых планет пояса Койпера. После ввода в строй гигантских наземных и космических телескопов астрономические открытия пошли непрерывным потоком, и сегодня в поясе Койпера обнаружены тысячи самых разных объектов. Большинство планетоидов расположено на удалении от 7 до 10 млрд км от Солнца, но встречаются и отдаленные астероиды, которых отделяет от нашего светила более 50 млрд км!

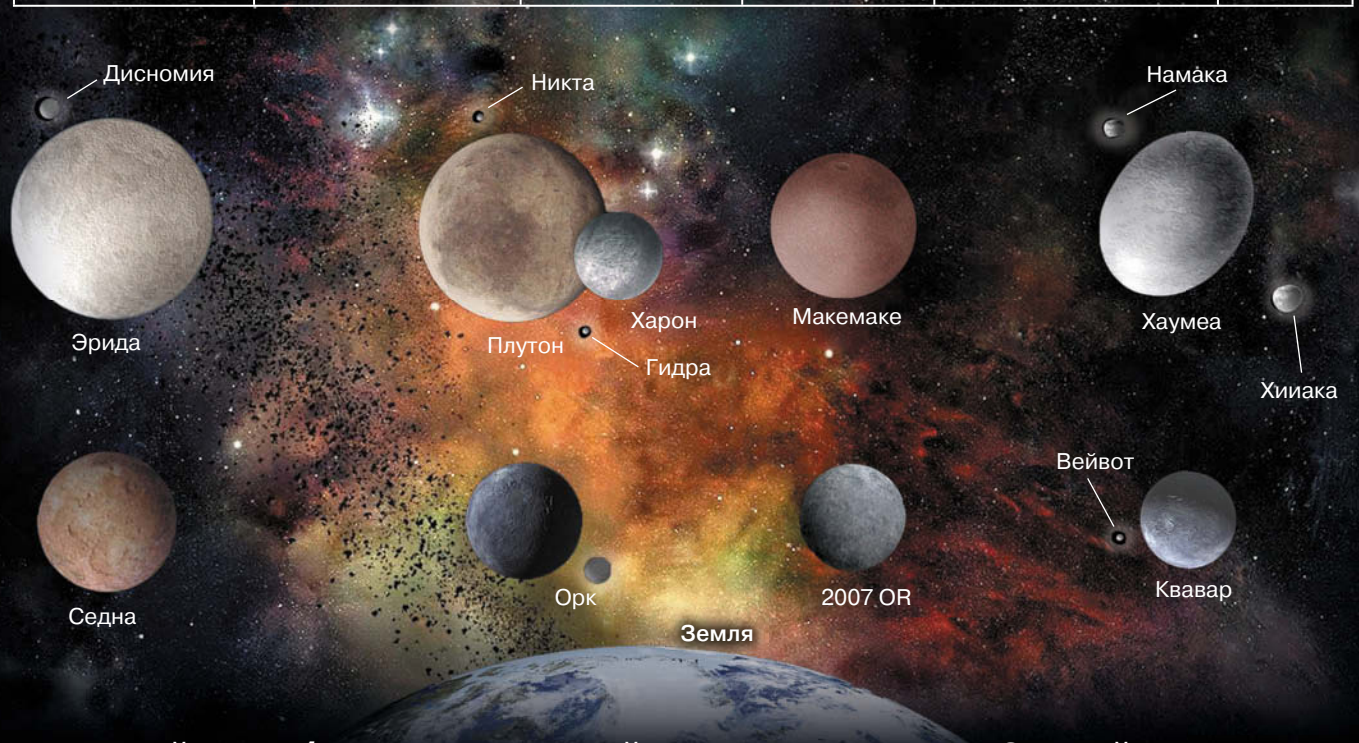
▲ **Пояс Койпера**

Что же населяет эти далекие уголки нашего солнечного дома? Еще до открытия пояса Койпера ряд астрономов высказывали предположение, что далеко за границей орбиты Плутона (тогда эта планета считалась последней и самой далекой от Солнца) существует особое скопление далеких трансплутоновых объектов. Эта гипотеза долго не находила надежного подтверждения, ведь единственными выходцами из тех темных далей являются кометы с очень вытянутыми орбитами, которые астрономы называют долгопериодическими. Причем сопоставить, одна ли это космическая странница или их несколько, довольно трудно, ведь, например, ярчайшая комета Хейла-Боппа посетит нас снова лишь через четыре тысячелетия.

Далекие транснептуновые объекты вне планетарных границ Солнечной системы пока еще трудно отнести к какому-либо классу малых тел, таким как астероиды или ядра комет. Известно только, что наблюдаемые объекты имеют диаметр от 100 до 800 км и темно-красную с коричневатым оттенком поверхность, свидетельствующую о ее солидном возрасте в сотни миллионов, а может быть — и в миллиарды лет. Существуют версии, что подобным цветом транснептуновые тела обязаны неким неизвестным органическим соединениям. Сегодня крупное население пояса Койпера составляют 50–100 тыс. стокилометровых карликовых планет, что делает это скопление малых тел в сотни раз массивнее главного пояса астероидов. Гипотетически пояс Койпера мо-

Характеристика крупнейших обитателей пояса Койпера

Название	Экваториальный диаметр, км	Перигелий, а. е.	Афелий, а. е.	Период обращения вокруг Солнца, лет	Открыт, год
Эрида	2330	38,16	97,52	559	2003
Плутон	2390	29,57	49,32	248	1930
Макемаке	1500	38,22	52,75	307	2005
Хаумеа	~1500	34,83	51,55	284	2005
Харон	1207	29,57	49,32	248	1978
2007 OR	875–1400	33,60	101,0	553	2007
Квавар	~1100	41,93	45,29	288	2002
Орк	946,3	30,39	48,05	246	2004
2002 AW	940	41,0	53,3	323	2002
Варуна	874	40,48	45,13	280	2000
Иксион	822	30,04	49,36	250	2001
2002 UX	681	36,7	48,6	278	2002



▲ **Крупнейшие обитатели пояса Койпера в сравнении с Землей**

▲ Транснептуновые объекты вблизи Плутона

Вполне может быть, что существенную часть пояса Койпера составляют кометные ядра из смеси пыли и замерзших газов, по виду похожие на гигантские грязные снежки. По мере приближения к Солнцу поверхность кометных ядер начинает нагреваться и с нее испаряются газы, светясь под солнечными лучами. Так возникает кометный хвост, направленный от Солнца, поскольку его отбрасывает прочь солнечный ветер. Обычно размеры и массы комет близки к средним астероидам, а их орбиты могут иметь самую различную конфигурацию, причем движутся они вокруг Солнца и в прямом, и в обратном направлении.

жет быть сохранившимся остатком протопланетного газопылевого облака, из которого возникла Солнечная система.

Выйдя из пояса трансплутоновых тел, окинем еще раз мысленным взором все солнечное семейство и попытаемся понять некоторые общие правила поведения его членов. Первое, что бросается в глаза, — это то, что все без исключения планеты летят по своим орбитам в одном направлении, совпадающем с вращением Солнца вокруг своей оси. Для землян это будет направление против часовой стрелки, если они будут рассматривать Солнечную систему с Северного полюса. Вторая особенность связана с суточным движением, которое для большинства планет также происходит в прямом направлении с запада на восток, лишь Уран и Плутон вращаются, будто лежа на боку, в обратном направлении, как и Венера. В-третьих, плоскости орбит планет почти без исключений расположены вблизи плоскости солнечного экватора. Исключение (и то не полное) составляет только орбита Плутона, отклоняющаяся более чем на 15° от среднего уровня. Да еще Меркурий в своем движении имеет наклон орбиты менее 7°, для остальных планет этот параметр меньше 5°. Меркурий и Плутон, таким образом, имеют самые наклоненные орбиты по отношению к некоторой усредненной плоскости, за которую в астрономии условно принимается плоскость

орбиты Земли. Для землян эта плоскость совпадает с плоскостью годового пути Солнца по небу — эклиптики, по сути дела являющейся следствием вращения Земли вокруг Солнца.

Пролетая вблизи нашего светила, эти космические странники, а вернее, их ядра, переходят в активное состояние. При этом астрономы наблюдают у них несколько различных составных частей.

Самая известная из комет Солнечной системы — это, несомненно, комета Галлея. Она сыграла в истории астрономии, да и небесной механики, большую роль и тесно связанна с открытием закона всемирного тяготения. Дело в том, что коллега и друг Исаака Ньютона астроном и математик Эдмунд Галлей был автором первого каталога по всем ранее наблюдавшимся кометам. Обрабатывая данные, Галлей обратил внимание на странную закономерность: три кометы возникали с четкой периодичностью в 76 лет, двигаясь практически по одной и той же траектории. Естественно, его тут же осенила мысль, что это могло

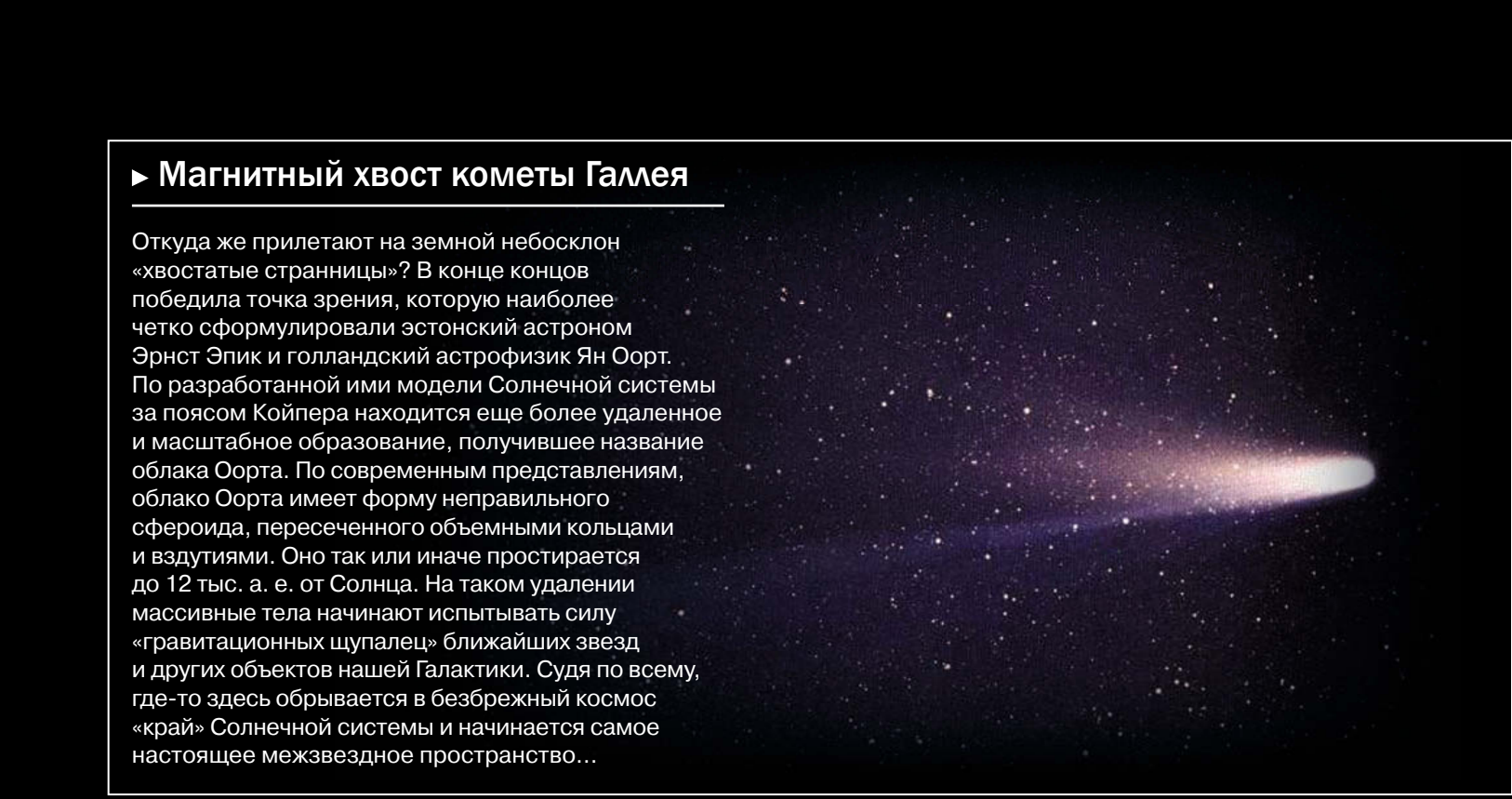
▲ **Самая знаменитая «хвостатая звезда» в Солнечной системе — комета Галлея**

«Здесь же, на комете Галлея, не было ничего старше тысячи лет; земные пирамиды были намного древнее этого ландшафта. Всякий раз, когда комета огибала Солнце, его гигантские факелы заново формовали — и уменьшали — ее ядро... Действительно, все указывало на то, что, совершив еще несколько оборотов вокруг Солнца, комета Галлея может расколоться на две примерно равные части, как это уже случилось, к изумлению астрономов 1846 года, с кометой Биэлы.
Необычность ландшафта еще более усиливалась из-за почти полного отсутствия гравитации. Повсюду виднелись тончайшие паутинообразные формации, напоминающие фантазии художника-сюрреалиста, и неправдоподобно наклоненные груды скал, которым не удалось бы продержаться дольше нескольких минут даже на Луне».

А. Кларк. 2061: Одиссея три

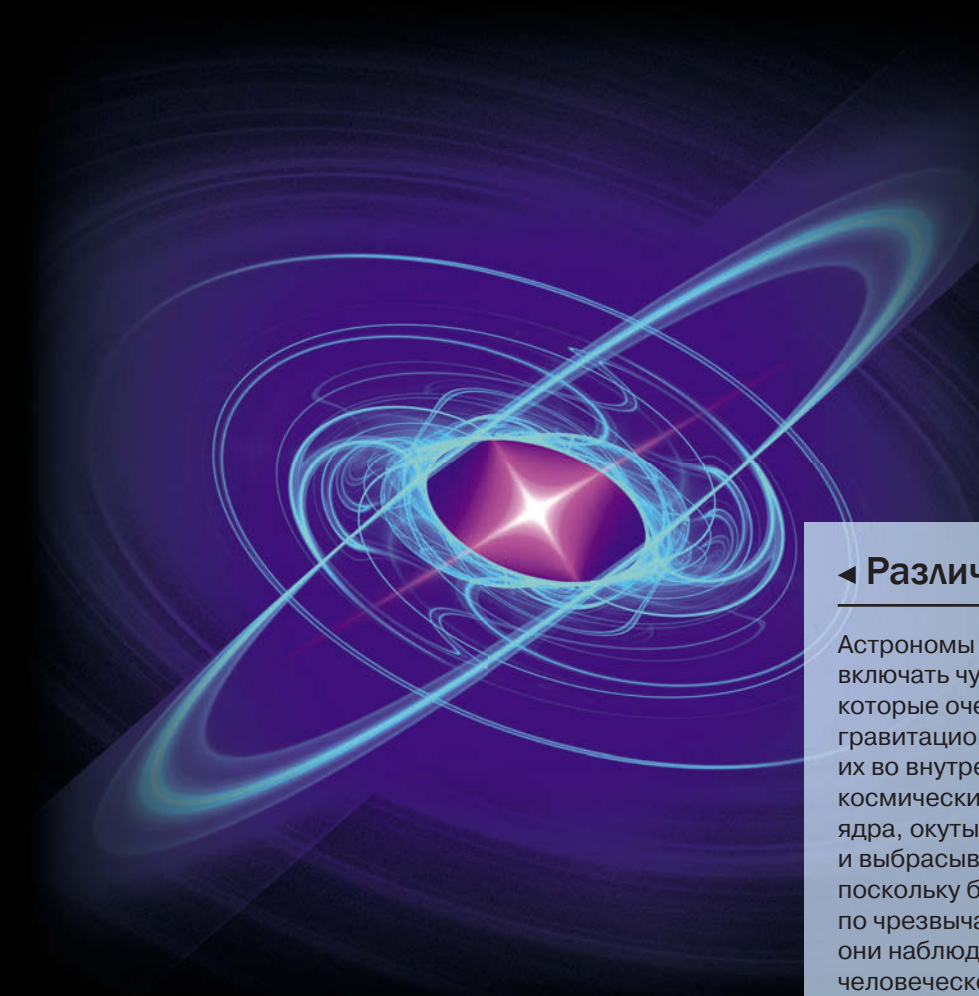
▸ Магнитный хвост кометы Галлея

Откуда же прилетают на земной небосклон «хвостатые странницы»? В конце концов победила точка зрения, которую наиболее четко сформулировали эстонский астроном Эрнст Эпик и голландский астрофизик Ян Оорт. По разработанной ими модели Солнечной системы за поясом Койпера находится еще более удаленное и масштабное образование, получившее название облака Оорта. По современным представлениям, облако Оорта имеет форму неправильного сфероида, пересеченного объемными кольцами и вздутиями. Оно так или иначе простирается до 12 тыс. а. е. от Солнца. На таком удалении массивные тела начинают испытывать силу «гравитационных щупалец» ближайших звезд и других объектов нашей Галактики. Судя по всему, где-то здесь обрывается в безбрежный космос «край» Солнечной системы и начинается самое настоящее межзвездное пространство…



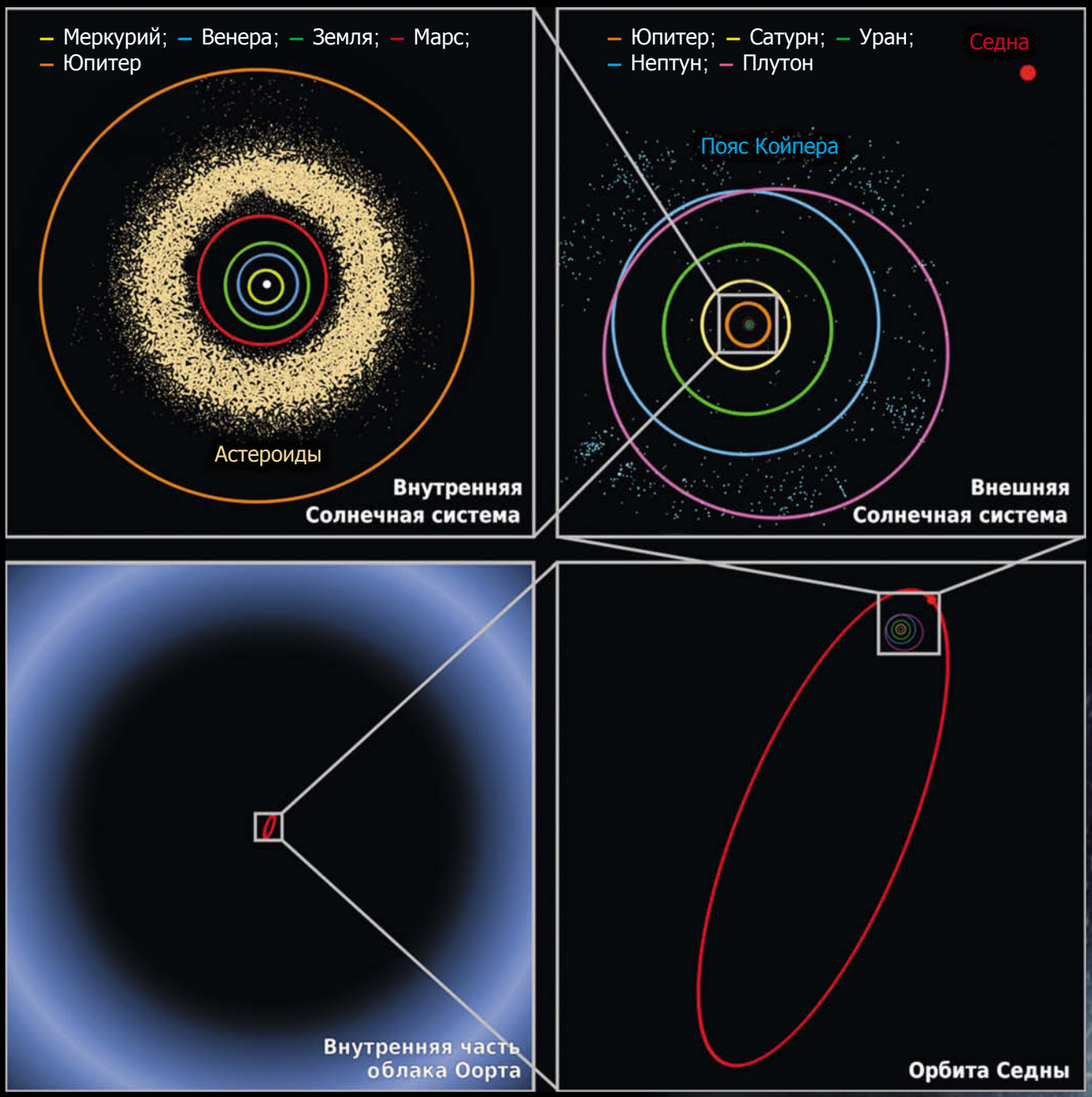
быть одно и то же небесное тело. На основании своей гипотезы Галлей предсказал следующее появление странной планеты — и не ошибся, а Ньютон использовал его расчеты для построения своей теории гравитации, впоследствии получившей название закона всемирного тяготения.

Сейчас по хроникам и документам определено ровно 30 прохождений кометы вблизи Солнца вплоть до 240 года до н. э. В последний раз она наблюдалась в 1986 году, а следующее ее появление следует ожидать в середине 2061 года.



◂ Различные модели облака Оорта

Астрономы полагают, что облако Оорта должно включать чуть ли не миллиарды ледяных тел, которые очень чувствительны к постороннему гравитационному воздействию, выталкивающему их во внутреннюю часть Солнечной системы. Там космические айсберги превращаются в кометные ядра, окутываются слабой газовой оболочкой и выбрасывают феерический хвост. Правда, поскольку большинство таких комет движутся по чрезвычайно большой вытянутой орбите, они наблюдались всего лишь раз в истории человеческой цивилизации.



▲ Сравнительные параметры облака Оорта

Именно из этой протяженной сферической оболочки, содержащей колоссальный рой кометных ядер, к нам и прибывают «хвостатые звезды». Размеры этого скопления гигантских снежков из грязного льда и пыли с вкраплениями каменных глыб более чем впечатляет, ведь имеет форму сложной сферической фигуры радиусом от 5 тыс. до 100 тыс. а. е.

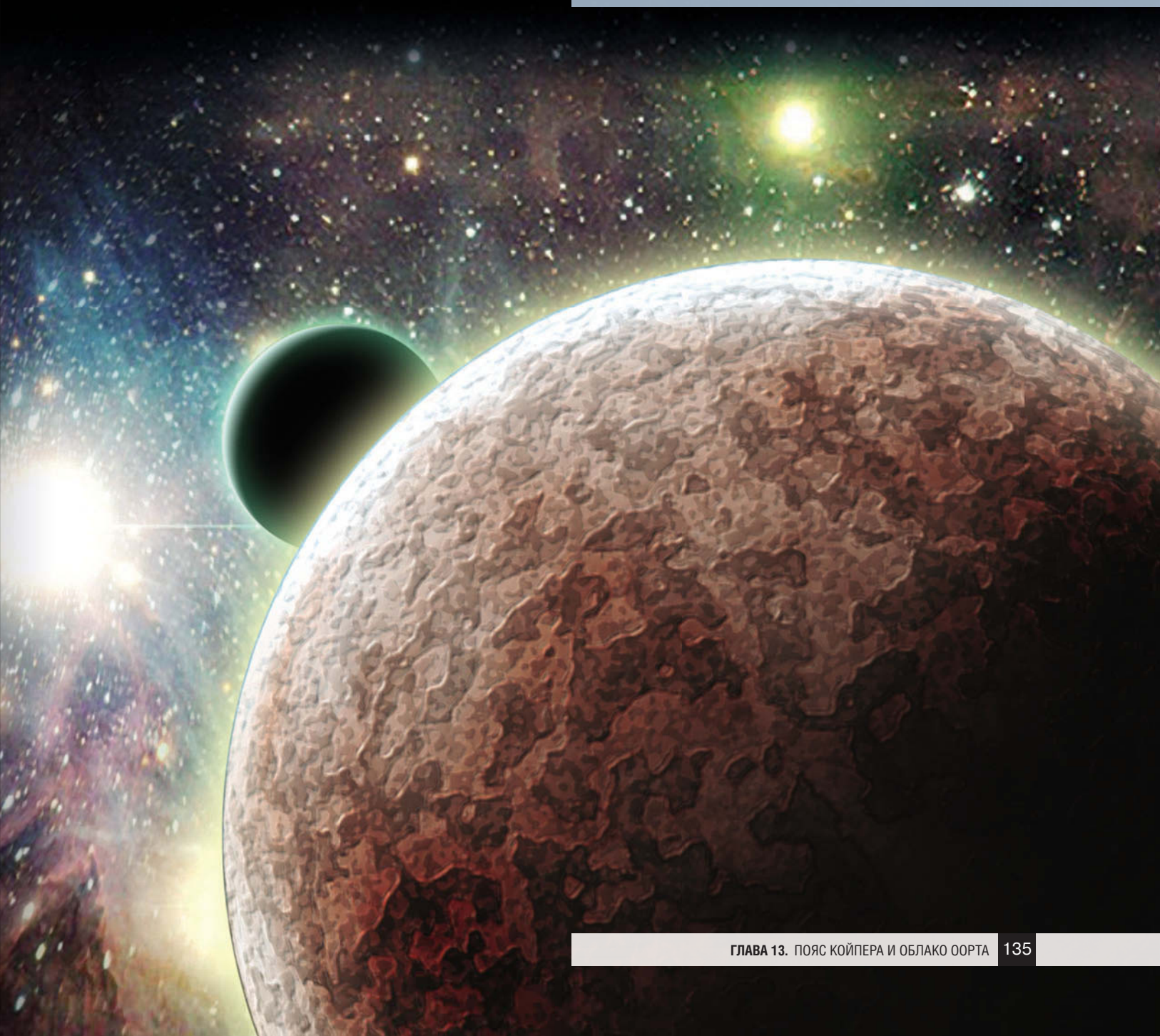
Считается, что, поскольку большинство населения облака Оорта представляет собой «строительный мусор» от возникновения Солнечной системы,

то и вращаться эти карликовые планеты с астероидами должны в плоскости эклиптики, где расположены орбиты всех планет. При этом получается, что пространство за облаком Оорта Солнечной системе уже как бы и не принадлежит, а попавшие сюда объекты вполне могут начать свое межзвездное путешествие.

Можно попробовать оценить космические просторы, на которых раскинулся наш солнечный дом, следующим образом: представим себе, что время, за которое солнечный свет доходит до планет земной группы и газовых гигантов, сравнимо с нашими поездками в центр и на окраины большого города. Для времени достижения лучами Солнца ледяных гигантов подойдет аналогия с поездками в соседние города, а вот чтобы осветить пояс Койпера и облако Оорта, надо представить, что мы отправились путешествовать по другим странам и континентам.

▾ Новые жители солнечной семьи — карликовые планеты Эрида и Седна

В 2003 году в 100 а. е. (15 млрд км) от Солнца была обнаружена малая планета, названная Седна. Параметры орбиты не позволили отнести ее к населению пояса Койпера, ведь в своем максимальном удалении (афелии) Седна отдаляется от Солнца на расстояние 900 а. е. (135 млрд км), а в максимальном сближении (перигелии) приближается на 80 а. е. (12 млрд км). Все это позволило предположить, что астрономическая наука впервые встретилась с небесным телом из внутренней области облака Оорта, потому как даже в перигелии Седна проходит в полтора раза дальше от Солнца, чем расположилась внешняя граница пояса Койпера.



ЭТО ИНТЕРЕСНО

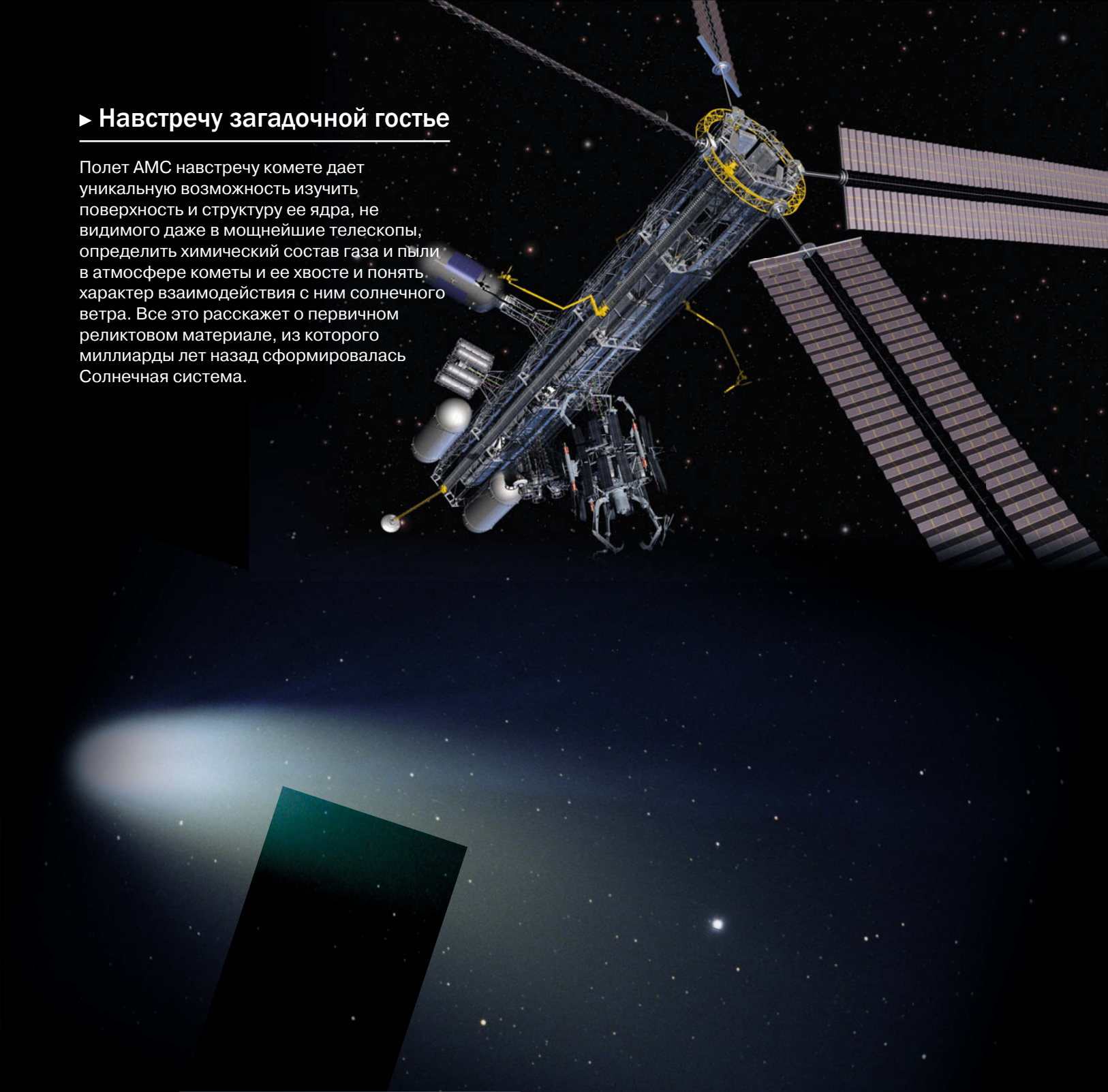
Как археологи раскапывают артефакты из далекого прошлого, восстанавливая историю земной цивилизации, так и астрономы, изучая кометное вещество, надеются заглянуть в далекое время рождения Солнечной системы. Существует даже экзотическая гипотеза, что химические реакции на поверхности кометных ядер под воздействием космической радиации могли бы быть причиной появления в первичной земной атмосфере органических соединений, ставших основой для зарождения жизни. Изучение кометы Галлея АМС, конечно же, не закончилось ее недавним посещением, более того, иногда речь даже заходит о пилотируемом полете с высадкой на поверхность этой вечной космической странницы. Ничего недостижимого здесь на самом деле нет, ведь приблизительно в тот же период планируются полеты и на другие планеты Солнечной системы. Впрочем, киноволшебники Голливуда давно уже демонстрируют нам впечатляющие картины десанта на кометное ядро…

▲ Возвращение «хвостатой звезды»

Большинство комет из общего многомиллиардного количества находится на дальних окраинах Солнечной системы, в таинственном облаке Оорта. Непосредственно до облака Оорта земная космонавтика, наверное, доберется еще нескоро, поэтому все надежды современные астрономы связывают с теми из комет, которые благодаря каким-то неизвестным гравитационным импульсам от планет сходят на орбиты, направленные вглубь Солнечной системы. У нескольких сотен таких комет астрономы даже сумели весьма точно определить орбиты. Это очень важно для их дальнейшего изучения, ведь в настоящее время ученые не перестают мечтать о высадке экспедиции на одну из этих «хвостатых звезд».

▸ Навстречу загадочной гостье

Полет АМС навстречу комете дает уникальную возможность изучить поверхность и структуру ее ядра, не видимого даже в мощнейшие телескопы, определить химический состав газа и пыли в атмосфере кометы и ее хвосте и понять характер взаимодействия с ним солнечного ветра. Все это расскажет о первичном реликтовом материале, из которого миллиарды лет назад сформировалась Солнечная система.

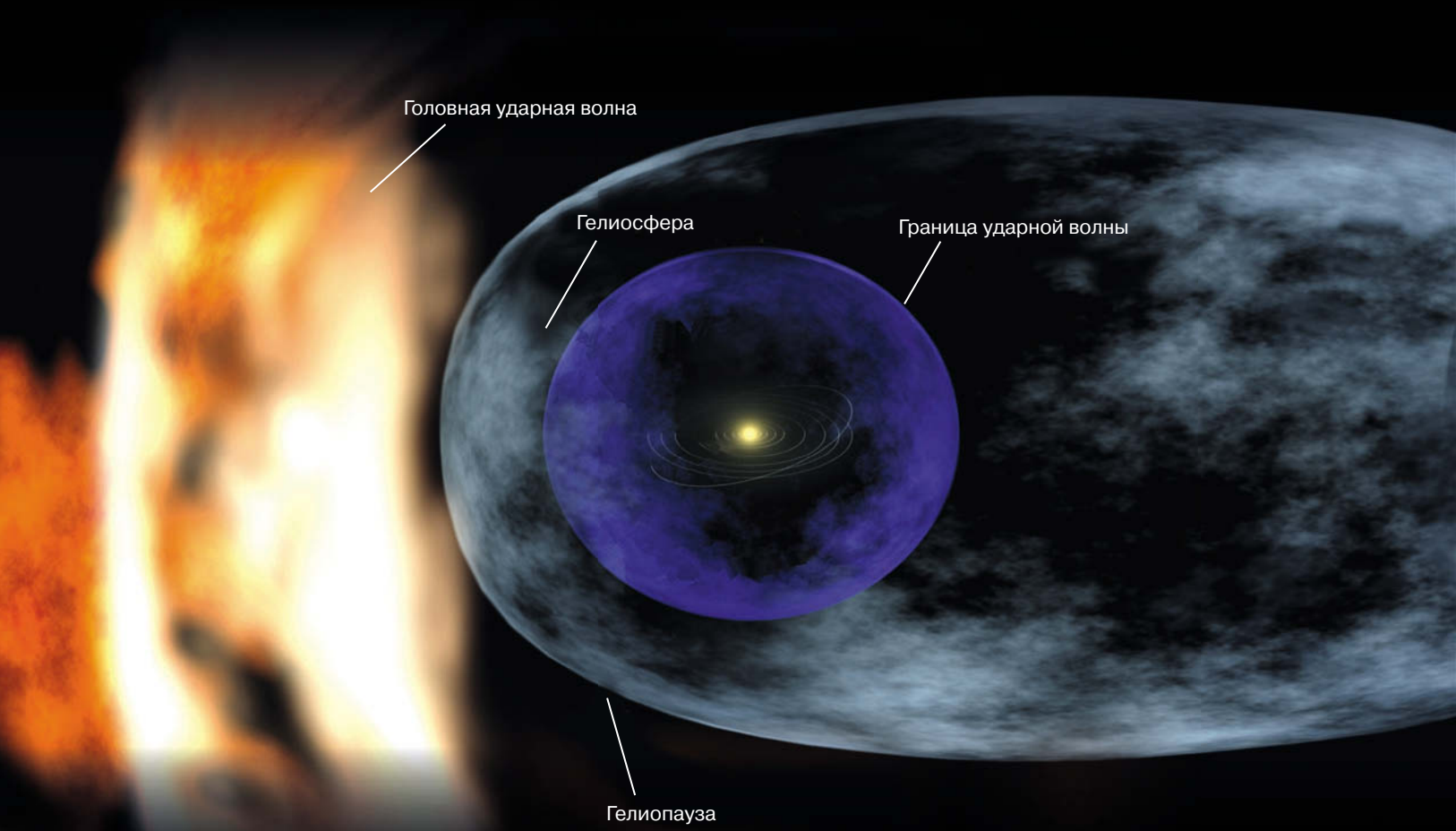


▲ Комета Хейла — Боппа

Кометы иногда приходят из самых глубин космоса, например с границы гелиосферы. Тогда эти летающие айсберги, состоящие из водяного льда и замороженных газов, покрытые пылью, оставшейся еще со времен формирования Солнечной системы, несут ценнейшую информацию для планетологов, исследующих историю возникновения и эволюции нашего солнечного мира.

Так или иначе, но астрономическую науку в будущем непременно ожидают многочисленные открытия, которые, несомненно, пополнят небесное население огромной семьи Солнца.

Глава 14
Гелиосфера



«Мы приближаемся к планетам нашей системы, крупнейшим мирам-пленникам Солнца, которое своим притяжением вынуждает их следовать по круговым орбитам и согревает их своим светом. Плутон, покрытый метановым льдом, и сопровождающий его единственный гигантский спутник Харон освещаются далеким Солнцем, которое выглядит не более чем яркой точкой посреди черного как смоль неба. Гигантские газовые планеты Нептун, Уран, Сатурн (украшение Солнечной системы) и Юпитер сопровождаются свитой ледяных спутников».

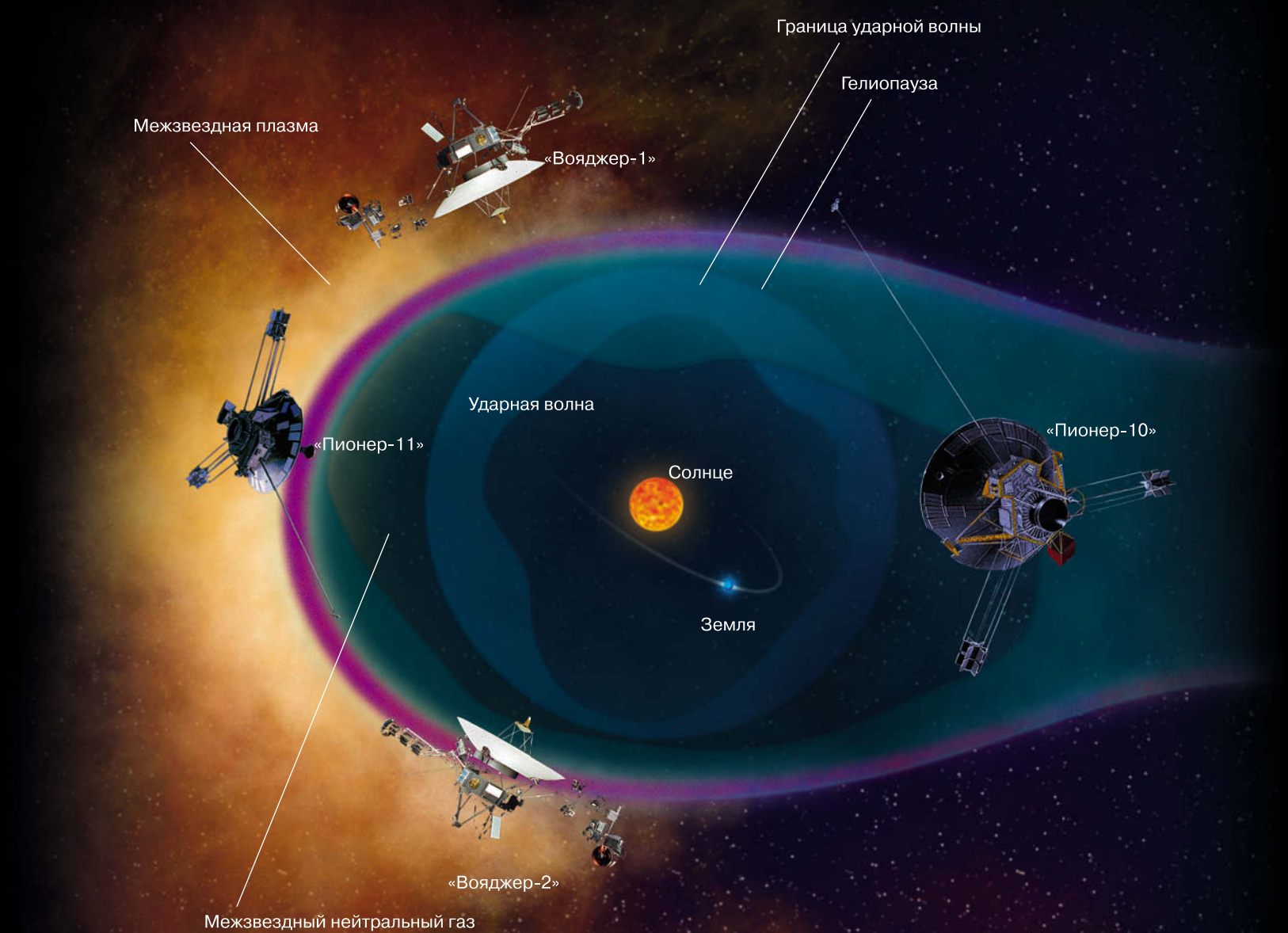
К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

▲ Гелиосфера

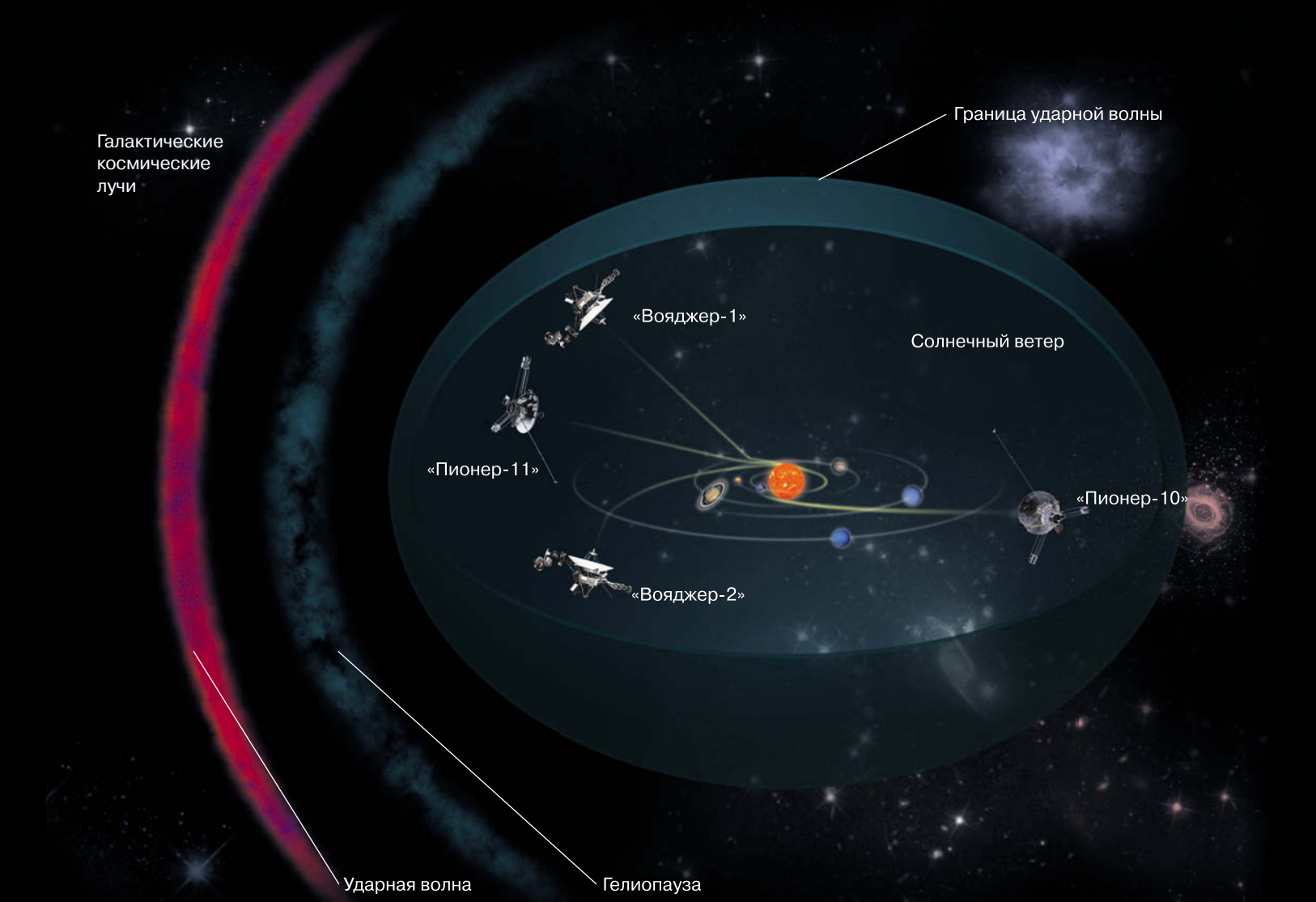
До сих пор астрономы могут только гадать, где же в точности кончается влияние нашего светила. Даже за самой удаленной точкой сильно вытянутой орбиты малой планеты Плутона простирается область, называемая гелиосферой, где сильно влияние солнечного ветра и солнечного магнитного поля.

Пояс Койпера, по мнению некоторых ученых, изучающих солнечное излучение, еще далеко не окончательная граница Солнечной системы! Дело в том, что за внешним тором Койпера из астероидов и планетоидов существует еще одна граница. Она как незримая черта, вернее, расплывчатая область, разделяет внутреннюю зону, заполненную ионизированными частичками (плазмой) солнечного ветра, и внешнюю, где уже доминирует чрезвычайно разряженная межзвездная плазма.

Дальняя граница гелиосферы, по достижении которой скорость солнечного ветра уменьшается до скорости звука, называется поверхностью ударной волны. Этому соответствуют довольно сложные пространственные фигуры, получаемые в процессе электронного моделирования на суперкомпьютерах. В этих моделях поверхность гелиосферы от Солнца отделяет около 100 а. е. Пространственная оболочка, на которой солнечные элементарные частицы и ионы вступают во взаимодействие с межзвездной плазмой, называется гелиопаузой (расположена на расстоянии свыше 100 а. е.). На компьютерных анимациях прекрасно видно, как солнечная гелиопауза пронизывает местное межзвездное облако пыли и газа. Это чем-то напоминает полет реактивного самолета, создающего перед собой атмосферную ударную волну, распространяющуюся на расстояние порядка 250 а. е.



▲ **Образование гелиопаузы**



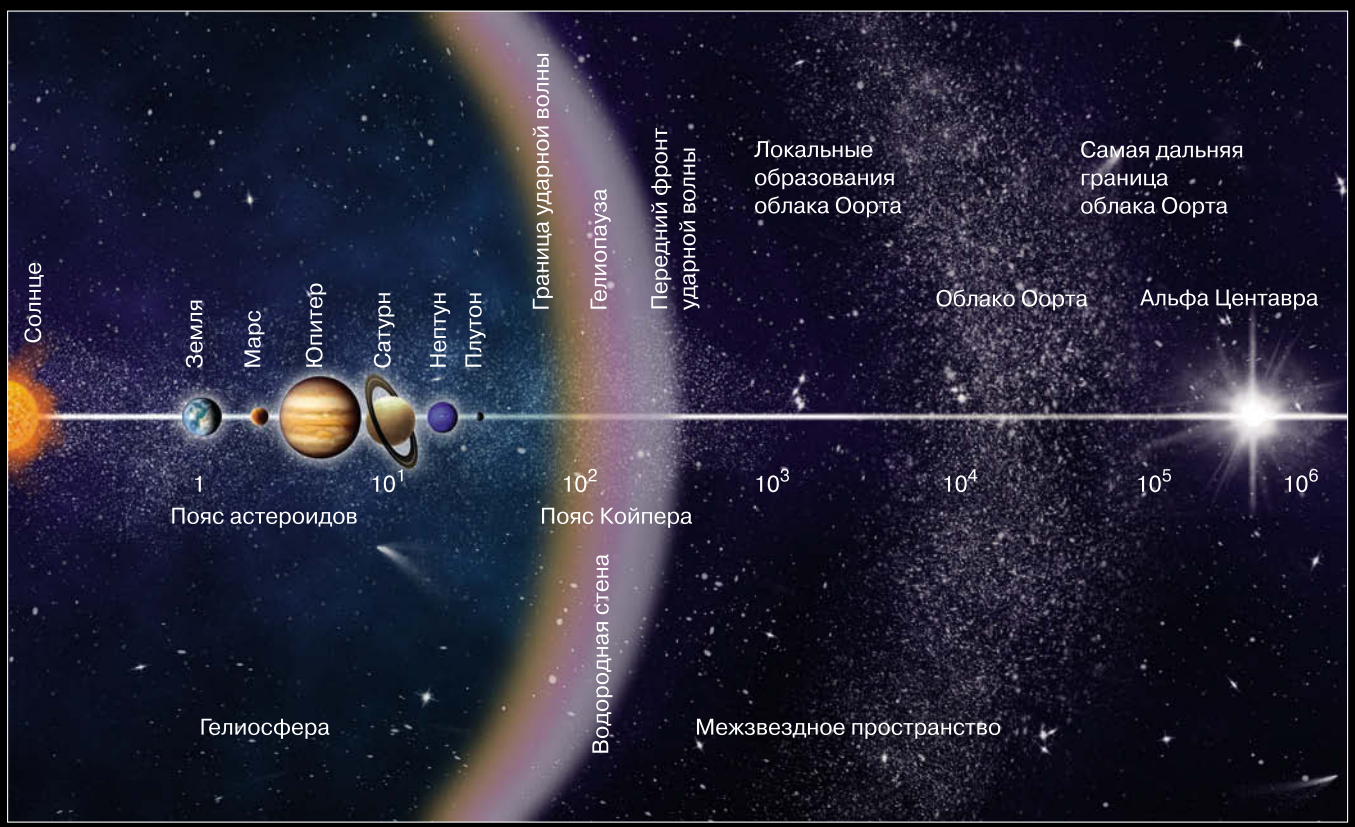
▲ Космические миссии на границе гелиосферы

▶ Исследовательский зонд «Улисс»

Миссия «Улисс» (1990–2009) состояла в изучении гелиосферы — огромного пространства, занимаемого условной атмосферой Солнца с преобладанием потока заряженных частиц солнечного ветра.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Чтобы наглядно представить себе масштабы Солнечной системы, попробуем «оседлать» луч света на поверхности нашего дневного светила. Тогда, поглощая пространство со скоростью около 300 тыс. км/с, мы уже через 3 мин окажемся на первой планете от Солнца — Меркурии, а еще через 3 мин будем созерцать плотный облачный покров Венеры. Следующий молниеносный трехминутный прыжок — и мы уже дома, на Земле. На поверхность Марса солнечный луч попадет через 12,6 мин, освещая внутренний пояс астероидов, который разделяет между собой планеты земной группы и газовые гиганты, и покидает его внешние края через полчаса. К самой большой планете солнечного семейства — Юпитеру — свет будет добираться 43,2 мин, а к следующему газовому гиганту — Сатурну — уже 1 ч 19,3 мин. К Урану мы прибудем за 2 ч 39,6 мин, а Нептун встретит нас синеватым сиянием своей мощной атмосферы через 4 ч полета. Когда-то последней планетой Солнечной системы считался Плутон, и вместе с солнечным светом мы могли бы добраться до него за 5,5 ч. Правда, сейчас это карликовая планета, кружащаяся вместе с другими гигантскими колоссальными обломками льда пояса Койпера, который мы можем достигнуть с лучом света после почти семичасового путешествия.



▲ Межзвездное пространство

(шкала расстояний дана в астрономических единицах)

Самые первые межзвездные посланцы человечества АМС «Пионеры» и «Вояджеры» уже вот-вот должны пересечь эту зыбкую грань и выйти на космический простор за пределы солнечной системы, удаляясь от нас со скоростью около 3 а. е. в год.

Во времена Коперника, который наконец-то прояснил, что же и вокруг чего вращается в Солнечной системе, границей гелиосферы считалась орбита последней из известных планет — Сатурна. А дальше, как и в античной схеме Клавдия Птолемея, располагались только далекие звезды. Таким образом, очень долго солнечный мир лежал в границах сферы радиусом в десяток расстояний от Солнца до Земли.

Чтобы преодолеть это гигантское по земным меркам расстояние (почти 1,5 млрд км) шагом со средней скоростью 5 км/ч, человеку потребуется не менее 35 тысячелетий — вполне соизмеримое время с самим возрастом существования человека разумного.

Глава 15
Солнечная система

«Собственно говоря, если бы мы вернулись на какие-нибудь 2500 лет назад, примерно в 600 год до нашей эры, то обнаружили бы, что вся известная человеку Вселенная сводится к клочку плоской Земли — и притом к весьма небольшому клочку.

И в наши дни непосредственному восприятию человека доступно только то же самое — маленький клочок плоской Земли и, разумеется, небосвод над головой с маленькими светящимися точками и кружками. И небосвод этот кажется совсем близким».

А. Азимов. Вселенная. От плоской Земли до квазаров

▲ Солнечная система

«В облаке кружащихся айсбергов и пояса газовых планет обнаруживается центральная, теплая и каменистая, область Солнечной системы. Здесь, к примеру, расположена красная планета Марс с высочайшими вулканами, гигантскими рифтовыми долинами, чудовищными всепланетными песчаными бурями и, возможно, какими-то простейшими формами жизни. Все планеты обращаются вокруг Солнца — ближайшей к нам звезды, водородно-гелиевого газового ада, где протекают термоядерные реакции, наполняющие светом всю Солнечную систему».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

Оказавшись за самой последней стеной нашего космического дома — гелиосферой Солнечной системы, оглянемся назад и задумаемся о том, что же представляет из себя эта уникальная планетная структура и как она возникла на берегу звездного острова Млечного Пути.

Достаточно мимолетного взгляда на нашу Солнечную систему, чтобы увидеть, что она состоит из двух семейств мало похожих друг на друга планет. Ближайшие к Солнцу четыре планеты образуют так называемую земную группу. Орбиты Земли и Венеры — почти точные окружности, в центре которых находится Солнце. А вот у Меркурия и Марса орбиты сильно вытянуты в эллипсы, в одном из фокусов которого располагается наше светило. Планеты земной группы совершенно по-разному вращаются вокруг своей оси, делая один оборот от 24 ч (Земля) до 243 венерианских суток.

За последней землеподобной планетой Марсом начинается таинственный пояс астероидов, считающийся своеобразной границей между внутренними и внешними мирами. После главного пояса астероидов вдалеке от центрального светила начинаются орбиты четырех колоссальных газовых планет-гигантов, или, как говорят астрономы, газгигов — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Чем же отличаются семейства планет земной группы, газовых гигантов и ледяных колоссов?

Современные астрономические наблюдения позволяют нам уверенно утверждать, что все сестры и братья нашей планеты устроены в общем-то практически одинаково. В центре каждой планеты из земной группы обязательно находится массивное железное ядро в расплавленном состоянии.

▲ Газовые гиганты

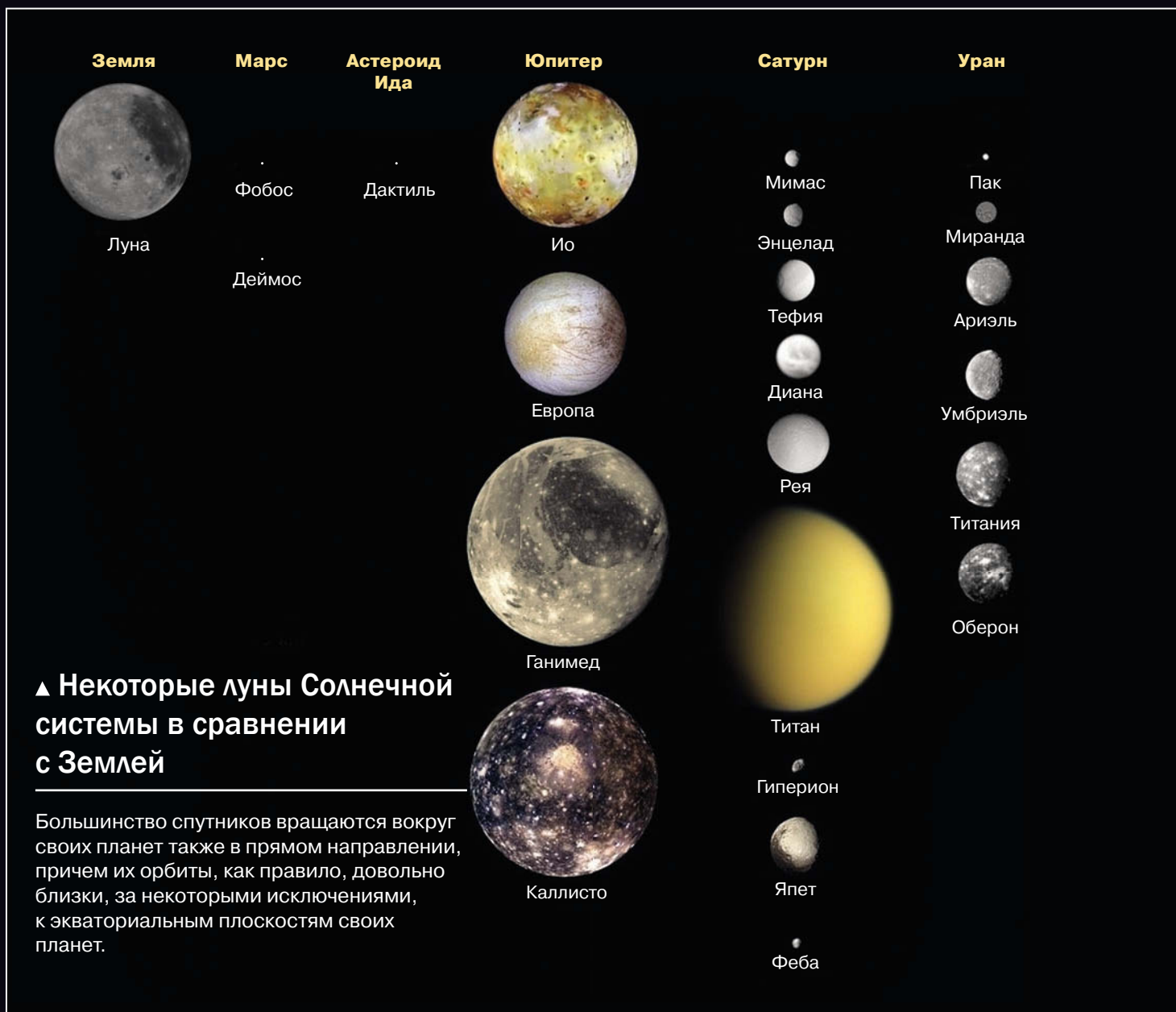
У планет-гигантов нет четко обозначенной твердой поверхности. Газы их мощных атмосфер уплотняются по направлению к ядру, переходят в жидкое состояние, и лишь само ядро, скорее всего, состоит из скальных пород и затвердевших под чудовищным давлением газов. Все юпитероподобные планеты быстро вращаются, как колоссальные волчки, так что местные сутки длятся от 10 до 18 ч.

Возможно, здесь исключением выступает только Венера — ее центральная часть в силу пока еще неясных обстоятельств тверда. Внутренние планеты отличаются сравнительно малыми размерами и массами. Так, самая массивная из них — Земля — в 330 тыс. раз легче Солнца. В то же время планеты земной группы довольно плотные, их удельный вес более чем пять раз превышает аналогичный показатель газовых гигантов.

У внутренних планет есть атмосферы: от довольно плотной у Венеры до практически несущественной у Меркурия. После Венеры по плотности своего облачного одеяла следует Земля, а затем — Марс, причем атмосфера Красной планеты очень разряженная. Атмосферы землеподобных планет состоят из относительно тяжелых газов (двуокиси водорода, углекислого газа, водяных паров, азота и кислорода). Внутренние планеты имеют и сходный химический состав (из соединений кремния и железа или силикатов).

Все земноподобные планеты, кроме Венеры, обладают собственными магнитными полями, весьма заметными у Земли и средними у Меркурия и Марса. На всю земную группу планет приходится всего три спутника: Луна у Земли и два миниатюрных у Марса. Эти тела описывают сложные орбиты в пространстве, вращаясь вокруг планет и вместе с ними вокруг Солнца (как и планеты, можно считать спутниками нашего светила).

Атмосферы газовых гигантов в основном состоят из легчайших газов — водорода и гелия. А Уран и Нептун еще содержат метан с аммиаком, включая их различные легкие соединения. Все другие элементы представлены в сравнительно малых количествах. Строение газовых гигантов таково, что с увеличением их массы растет толщина атмосферы, поэтому



▲ Некоторые луны Солнечной системы в сравнении с Землей

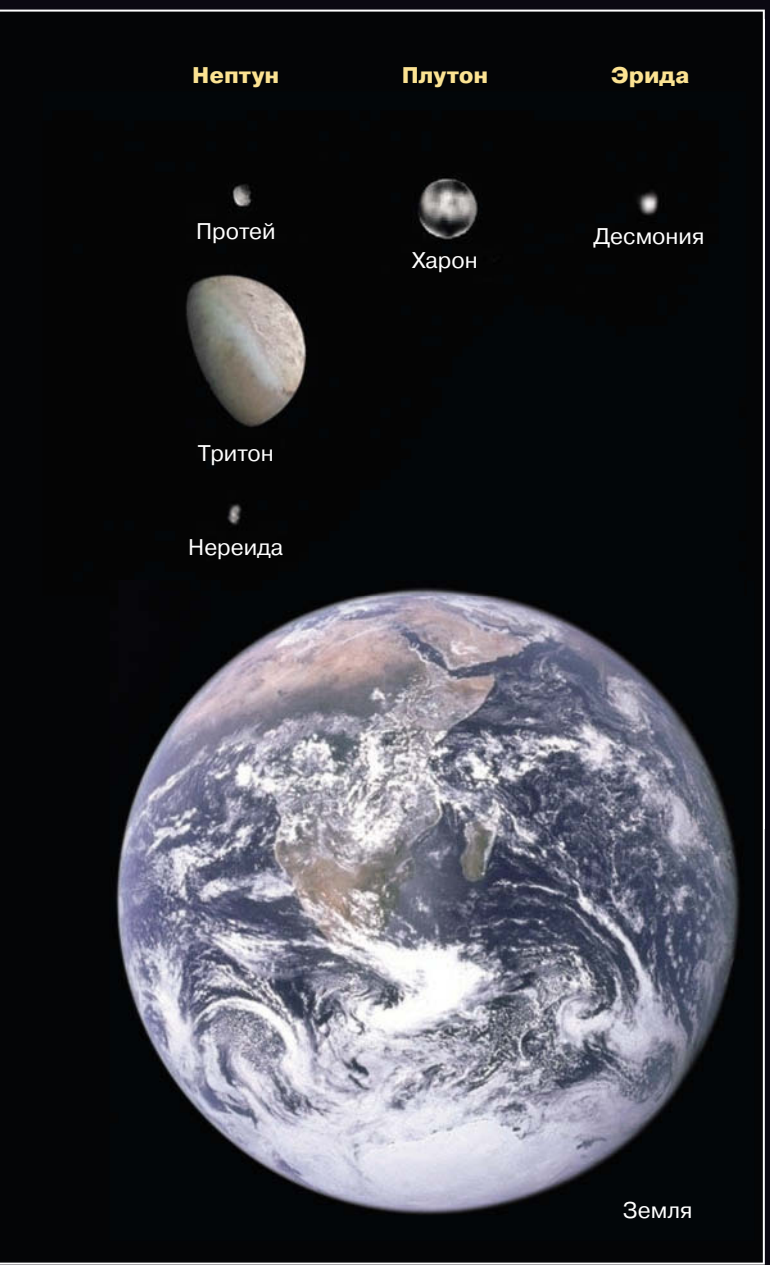
Большинство спутников вращаются вокруг своих планет также в прямом направлении, причем их орбиты, как правило, довольно близки, за некоторыми исключениями, к экваториальным плоскостям своих планет.

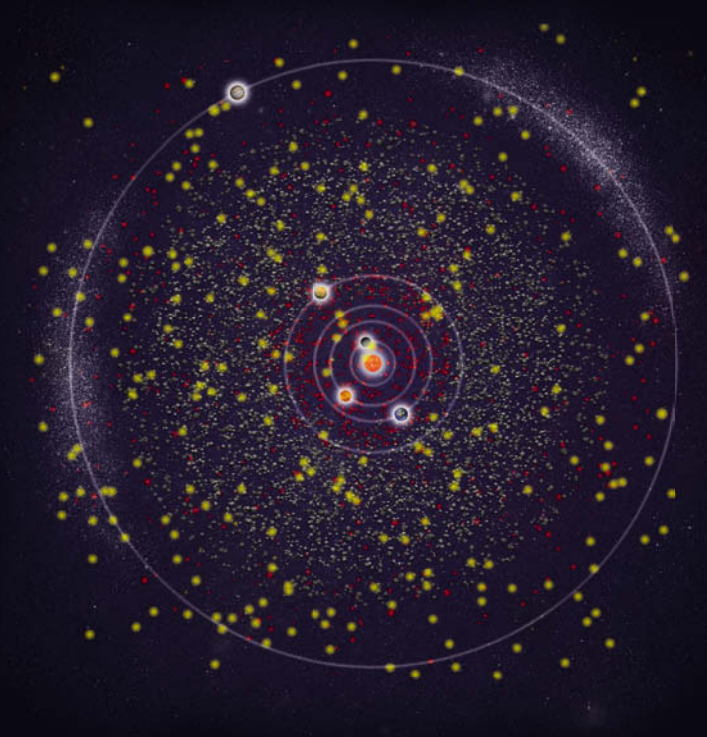
самой мощной атмосферой обладает Юпитер, за ним следуют Сатурн и близкие по своим параметрам Уран и Нептун, которых иногда называют газовыми братьями.

Поскольку газовые гиганты в основном состоят из атмосферы, они вращаются послойно: быстрее всего на экваторе и медленнее всего в приполярных широтах. Такое неравномерное вращение сильно меняет форму планет, сжимая их у полюсов, это можно заметить даже в простой телескоп. Кстати, и Солнце как газовый шар вращается слоями с периодом в 25–35 земных суток.

Подавляющее число естественных спутников планет Солнечной системы относятся к газовым гигантам и лишь три — к земной группе. Астрономы насчитывают 68 сателлитов, но точное их количество пока еще не известно. Так, у Юпитера открыто 17 лун, у Сатурна — 18, у Урана — 21 и у Нептуна — 8. Кроме спутников каждый из газовых гигантов имеет еще и кольца, состоящие из мелких частиц, вращающихся вблизи их экваториальных плоскостей. Правда, с Земли можно рассмотреть только кольца Сатурна, а у остальных они еле видны в непосредственной близости.

В истории астрономической науки пионером космогонии — учения о происхождении небесных тел — считается французский ученый Бюффон, который еще в 1745 году высказал мысль, что все известные планеты возникли из солнечного вещества, выброшенного после столкновения Солнца с кометой. Первую научную теорию, исходя из общих соображений, выдвинул немецкий философ Эммануил Кант. Но настоящее развитие она получила в работах французского математика Пьера-Симона Лапласа, объяснившего образование Солнечной системы с помощью небесной механики Ньютона.





▲ Наша перенаселенная Солнечная система

Согласно модели Канта — Лапласа, вначале в центре облака возникло утолщение и в нем вспыхнула звезда — Солнце. Затем при непрерывном росте массы и скорости вращения центральная часть Солнца начала сжиматься, превращаясь в сплюснутый диск. От солнечного диска во все стороны стали отделяться раскаленные фрагменты, которые затем охлаждались и превращались в планеты, переходящие из расплавленного в твердое состояние.

Знаменитая космогоническая теория Канта — Лапласа, в деталях описывающая происхождение нашей планетной системы, долго считалась непревзойденным плодом человеческого разума, но прошли века, и ученым стало ясно, что Земля, скорее всего, никогда не была в раскаленном газовом состоянии...

В начале начал всех космогонических сценариев происхождения Солнечной системы предполагается, что в данной области Млечного Пути лежало обширное облако пыли и газа (газопылевая туманность). По чистой случайности или в силу действия каких-либо внешних факторов (вспышек сверхновых, других звезд и туманностей) отдельные части этого пыльного облака начали уплотняться, в нем возникли всяческие течения и вихри. В конечном итоге после завершения сжатия этой колоссальной газопылевой «юлы» большая часть массы оказывается сосредоточенной в центре формирования звездного светила, а незначительная периферийная масса распределяется в экваториальной плоскости оси вращения протозвезды. Здесь еще много неясного, но, скорее всего, это происходит в результате «сплющивания» центробежными силами раскрученного протопланетного вещества, из которого и сформировалась наша и другие планеты.

Для образовавшихся массивных сгущений в действие вступили силы всемирного тяготения. Все последующее в чем-то набирающие объемы снежные комья. Газ и пыль устремились к этим своеобразным гравиконцентратам — и их масса начала быстро возрастать. Прошли сотни миллионолетий, и в центре самого крупного «комка» вещество уплотнилось настолько, что под чудовищным давлением сил тяготения температура повысилась до уровня запуска ядерных реакций — и загорелась звезда.

Сейчас астрофизики нашли уже много подобных «звездных ясель», в которых непрерывно вспыхивают новорожденные светила. Правда, еще далеко не все ясно, как развивались события в самом интересном месте истории мироздания, когда в окружающем новорожденную звезду (Солнце) газопылевом диске начали формироваться сгустки материи. Подобно снежным комам, катящимся с горы, они начинают служить центрами накопления рассеянного вокруг вещества. В дальнейшем околосолнечное вещество должно как-то расслаиваться в кольца,

▾ Выброс солнечного вещества

Существует много теорий происхождения Солнечной системы. Например, при прохождении вблизи нашего светила иной звезды ее притяжение могло вызвать отрыв части солнечной кроны, так что ее вещество впоследствии и сформировало планетную систему. В иных версиях предполагается, что Солнце некогда входило в двойную звездную систему. При встрече с блуждающей звездой второе светило было разорвано силами тяготения и опять превратилось в планетную систему.

▲ Протопланеты

Много астрономических тайн и загадок связано с эпохой формирования Солнечной системы. Например, почему у планет такие разные сутки — скорости вращения вокруг собственной оси? А у Венеры наблюдается вообще уникальное явление — обратное суточное вращение, не совпадающее по направлению со всеми другими планетами? Некоторые планетологи считают, что причиной стал сильный удар или их серия со стороны каких-то очень крупных небесных тел (протопланет), что в конечном итоге и изменило вращение планеты вокруг оси.

собираясь в сгустки на определенных орбитах будущих планет. Размеры появившихся небесных тел в первую очередь зависели от расстояния до Солнца. Вблизи светила из-за высокой температуры все летучие легкоплавкие вещества должны были бы испариться в окружающее космическое пространство, не конденсируясь в жидкую или газообразную фазу. Именно таким образом внутренние планеты земного типа принимают вид сравнительно небольших и относительно плотных сфероидов с преобладанием в их составе тяжелых элементов. В нашей солнечной семье подобными небесными телами являются Меркурий, Венера, Земля и Марс, а также их луны и многочисленные астероиды. Вполне возможно, что к данному типу принадлежат и некоторые из карликовых планет.

В середине XX века была очень популярна теория академика Отто Юльевича Шмидта, который считал, что Солнце возникло как одиночное светило, но в своем обращении вокруг галактического центра встретило и захватило облако пыли и газа. В дальнейшем гравитационные поля Солнца и неоднородностей этого холодного облака сформировали протопланетные плотные тела планетезимали, с течением времени развившиеся в полноценные планеты. Эти данные и элементы многих других теорий активно использует современная космогония.

Перейдем теперь на более «высокие» орбиты, расположенные вдалеке от жара лучей молодого Солнца. Естественно предположить, что здесь должны сформироваться планеты совершенно иного вида. Достаточно низкая температура не будет препятствовать ни конденсации, ни кристаллизации легких химических элементов, порождая массивные скальные и ледяные кристаллические ядра. Их сверхмощное притяжение позволило захватить из пылегазовой

протопланетной среды колоссальные объемы легких газов, в первую очередь водорода и гелия, скапливающихся в моря и океаны, а также образующих атмосферу. Испепеляющее дыхание нашего светила выжигало ближний космос от газов и пыли, отбрасывая их на периферию Солнечной системы.

Вот и сегодня космическая среда, в которой вращаются газовые гиганты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, существенно отличается от околоземного космоса, будучи насыщенной различными элементами.

Таким образом, на периферии Солнечной системы возникли планеты-гиганты, способные удержать на себе колоссальные газовые оболочки. Вначале у них сформировались ядра, а затем из окружающей газопылевой среды выросла оболочка из водорода и гелия. При этом скорость роста газовых гигантов напрямую зависела от их изначальных масс. Так, Юпитер рос десятки миллионов лет, а Сатурн — сотни миллионов. Одновременно с ростом у планет-гигантов возникли собственные газопылевые диски, из которых сформировались их многочисленные спутники и кольца.

Подобный космогонический сценарий во многом удовлетворительно объясняет целый ряд наблюдаемых характеристик Солнечной системы: ее сравнительную компактность, состав превалирующих химических элементов, соотношение твердых планет и газгигов, внутреннее строение небесных тел, траектории их движения в едином направлении вокруг Солнца.

Много миллиардов лет назад Солнце было буквально закутано в обширную пыльную вуаль, состоявшую из песчинок графита, похожего по составу на грифель в простом карандаше, и кремния в виде тончайшего песка, покрывающего морские и речные пляжи. Возможно, изредка попадались окислы железа, напоминающие частички ржавчины, смерзшиеся с метаном, аммиаком и прочими углеводородами, горящими ярким пламенем в наших кухонных плитах. Непрерывные столкновения подобных частичек образовывали все более крупные фрагменты, достигающие диаметра нескольких сантиметров, одновременно рассеивая их по колоссальным дискам астероидных поясов вокруг Солнца.

▾ Эпоха рождения планетной системы (художественная реконструкция)

Астрономы всегда мечтали хоть краем глаза заглянуть в удивительнейшую эпоху рождения нашей планетной системы и ее населения. Почти до конца прошлого века раннюю историю создания природой нашего космического дома приходилось изучать лишь на основе косвенных данных. И только потом стали широко доступны наблюдения невидимых ранее газопылевых дисков, вращающихся вокруг многих молодых солнцеподобных звезд.

▲ Солнечная эра Тельца

Ближайшие к нашему светилу планеты обрели свой окончательный вид в раскаленном дыхании солнечной плазмы, в отличие от дальних планет, практически не ощущающих порывов солнечного ветра. Астрофизики считают, что новорожденное светило излучало световую энергию совсем иначе, чем сейчас, переживая эру своей бурной активности. В тот период Солнце стремительно теряло массу, уносимую раскаленным солнечным ветром, так что всего за десяток миллионолетий она уменьшилась чуть ли не вдвое. Ученые весьма поэтично называют этот период эрой Тельца по имени звезды, переживающей сходные метаморфозы в созвездии Тельца.

Расчеты астрофизиков показывают, что гравитационное воздействие делало эти кольца внутренне неустойчивыми, и поэтому составляющие их камешки и песчинки объединялись в большие тела типа метеоров, метеоритов и астероидов. В современную эпоху эти и подобные им небесные тела заполняют все пространство между Марсом и Юпитером, причем многие из них имеют километровые размеры. Нестабильной оказалась и сама система астероидов. Процесс объединения и укрупнения продолжался многие сотни миллионов лет, пока не возникли зародыши будущих планет. Как только вес зародыша

планеты достигнет нескольких масс Земли, он приобретает способность формировать собственную атмосферу. Газовые гиганты Юпитер, Сатурн, Нептун и Уран очень быстро за сотни лет увеличили свою массу в десятки раз путем захвата газов из окружающего межпланетного пространства.

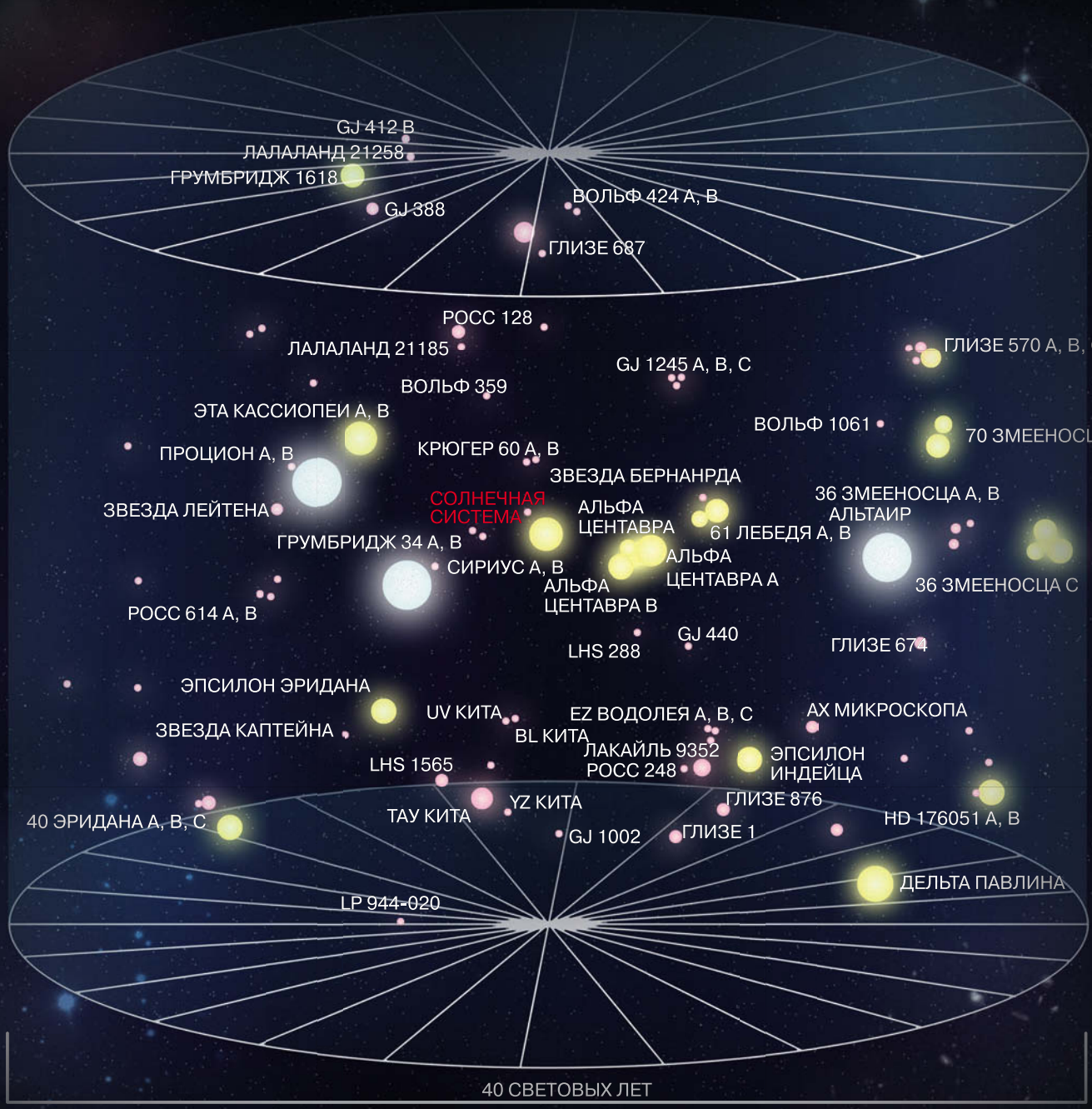
Именно так в центре Солнечной системы сформировалась наша планета, рост которой продолжался сотни миллионов лет, за это время ее недра прогрелись до нескольких тысяч градусов под давлением внешних слоев. Все это сопровождалось падением крупных метеоритов и образованием кратеров, выплескивающих гигантские потоки лавы. Постепенно температура в центре Земли достигла 5 тыс. °С — это современное состояние недр нашей планеты.

В своем отрочестве, после череды бурных солнечных циклов, наша система состояла из планет, астероидов и прочих обломков космического «строительного мусора», вращающихся по сложным, запутанным орбитам. Все это приводило к колоссальным планетарным камнепадам, что миллиарды лет назад было обычным явлением для Земли и других внутренних планет. О тех ужасных временах непрерывной каменной бомбардировки до сих пор напоминает поверхность тех небесных тел Солнечной системы, которые, как Луна, Марс и Меркурий, практически лишены атмосферы. А на Земле и Венере бурные вулканические процессы и воздействие атмосферы практически полностью уничтожили признаки подобных событий, и геологи указывают только на следы отдельных, сравнительно недавно возникших кратеров.

Астрономы предсказывают, что где-то через 4 млрд лет «солнечное горючее» начнет заканчиваться и из-за недостатка водородного топлива термоядерные реакции в центре нашего светила постепенно будут приостанавливаться. При этом равновесие между раздувающими и сжимающими силами нарушится в пользу последних и внешние слои сдвинутся к ядру. От такого сжатия концентрация остатков водорода значительно повысится и ядерные реакции усилятся настолько, что ядро начнет расширяться. Астрофизики предсказывают, что затем Солнце неминуемо в 100 раз увеличится в диаметре и превратится в красного гиганта и орбиты первых трех планет — Меркурия, Венеры и Земли — окажутся внутри атмосферы звезды. Если сердцевина красного гиганта очень горячая, то температура оболочки

▸ Инопланетная система

Не так давно астрономы получили первые доказательства существования инопланетных систем и выяснили некоторые их характеристики. Таким образом, на настоящий момент известны свыше сотни планет, входящих в разнообразные звездные системы.



▲ Ближайшее звездное окружение Солнечной системы

сравнительно небольшая, в пределах 3 тыс. °С, что и придает этим звездным телам красноватый цвет.

В звездной топке красного гиганта горит не водород, а скопившийся от предыдущих ядерных реакций гелий с образованием неустойчивых изотопов бериллия, превращающихся в углерод при бомбардировке их теми же ядрами гелия.

Скорее всего, именно на этом этапе должно произойти полное разрушение нашей планеты и, конечно, исчезновение на ней любой жизни. Ведь, попав в огненные вихри плазмы солнечной атмосферы, оболочка Земли полностью испарится.

Именно на этом этапе должно произойти полное разрушение нашей планеты и, конечно, исчезновение на ней любой жизни. Ведь, попав в огненные вихри плазмы солнечной атмосферы, оболочка Земли полностью испарится. Есть ли выход из этой страшной кончины человеческой цивилизации? Конечно же, самым простым представляется звездная экспансия людей, постепенно расселяющихся по планетным системам других звезд. Многие ученые предсказывают, что подобный «звездный путь человечества» начнется уже в следующем тысячелетии и последний человек покинет Землю за сотни миллионов лет до «солнечного конца света».

И все же пока еще астрономам и астрофизикам не удалось зафиксировать важнейшие этапы выделения сгущений будущих планет из протопланетно-

го облака. Здесь надо не просто построить картину протопланетного диска, но и сопоставить в ней моменты возгорания центрального светила. К тому же предстоит решить и еще одну не менее грандиозную задачу — проследить процесс выделения протосолнечной туманности из исходного роя родительских молекулярных облаков, рассеянных по всей Галактике. Однако лишь отдельные планетные системы похожи на наш космический дом.

В подавляющем большинстве чужие планеты вращаются вокруг своих звезд по сильно вытянутым траекториям, в то время как орбиты всех планет Солнечной системы, за исключением Плутона, близки к круговым. Кроме того, почему-то все открытые планеты движутся очень близко к своим светилам, наподобие нашего Меркурия. А некоторые из них почти касаются верхних слоев звездных атмосфер с периодом обращения всего несколько земных суток. Трудно даже представить себе, что творится на поверхности этих небесных тел с годом в несколько земных суток, опаляемых языками звездной плазмы...

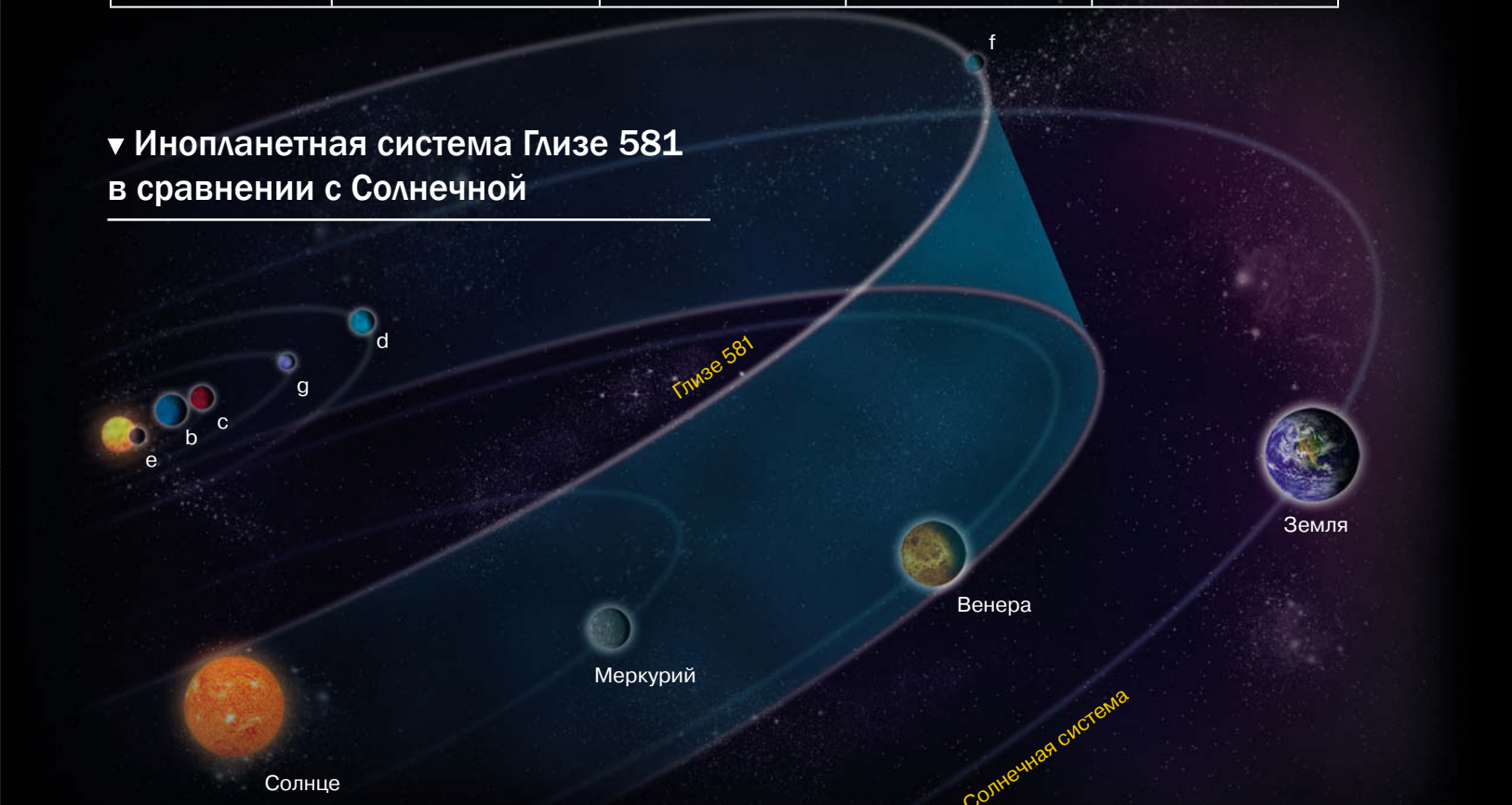
ЭТО ИНТЕРЕСНО

Глизе 581 — это инопланетная система, открытая в 2005 году. Широко известна тремя планетами, гипотетически пригодными для белковой жизни. Всего у красного карлика Глизе 581, входящего в сотню ближайших звезд, известно шесть экзопланет. Наиболее интересна первая из открытых планет Глизе 581 c, не только входящая в «зону жизни», но и обладающая вполне «земными» параметрами — ускорение свободного падения лишь вполовину больше земного, а температура колеблется от нескольких градусов мороза до 40 °C тепла. Остальные планеты больше напоминают Венеру и «горячие юпитеры» — газовые гиганты с раскаленной атмосферой, поэтому вхождение некоторых из них в пояс жизни достаточно условно.

Характеристики планетарной системы Глизе 581

Планета	Масса относительно Юпитера, M_J	Масса относительно Земли, M_E	Период обращения, дней	Большая полуось орбиты, а. е.
e	0,006	1,9	3,15	0,03
b	0,049	15,6	5,37	0,041
c	0,0158	5,0	12,93	0,073
d	0,0243	7,7	66,80	0,22
Пылевой диск	—	—	—	4

▾ Инопланетная система Глизе 581 в сравнении с Солнечной



Глава 16
Рождение и смерть светил

▲ **Звездное поле с ассоциациями и скоплениями**

«Есть звезды — сверхновые, сияние которых затмевает всю содержащую их галактику; есть такие — черные дыры, — что их не увидишь даже с расстояния в несколько километров. Одни звезды имеют постоянную светимость, другие неожиданно вспыхивают или подмигивают в неизменном ритме. Одни вращаются с неторопливой грацией, другие так бешено крутятся, что сплющиваются от вращения».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

«Нас сопровождает захватывающее зрелище — это проносящиеся мимо нас звезды, нескончаемый сияющий поток разнообразнейших звезд. Некоторые раздуты, как мыльные пузыри, и так огромны, что вместили бы десятки тысяч солнц и триллионы планет. Другие размером с небольшой город и в сто триллионов раз плотнее свинца. Бывают звезды одинокие, как наше Солнце, но большинство имеет компаньонов. Преобладают двойные системы — две звезды, обращающиеся одна вокруг другой. Но это не предел: существует плавный переход от тройных систем через небольшие скопления, содержащие несколько десятков звезд, до гигантских шаровых скоплений, сверкающих миллионами солнц. Иные звездные пары настолько тесны, что едва не соприкасаются и между их поверхностями перетекает звездное вещество».

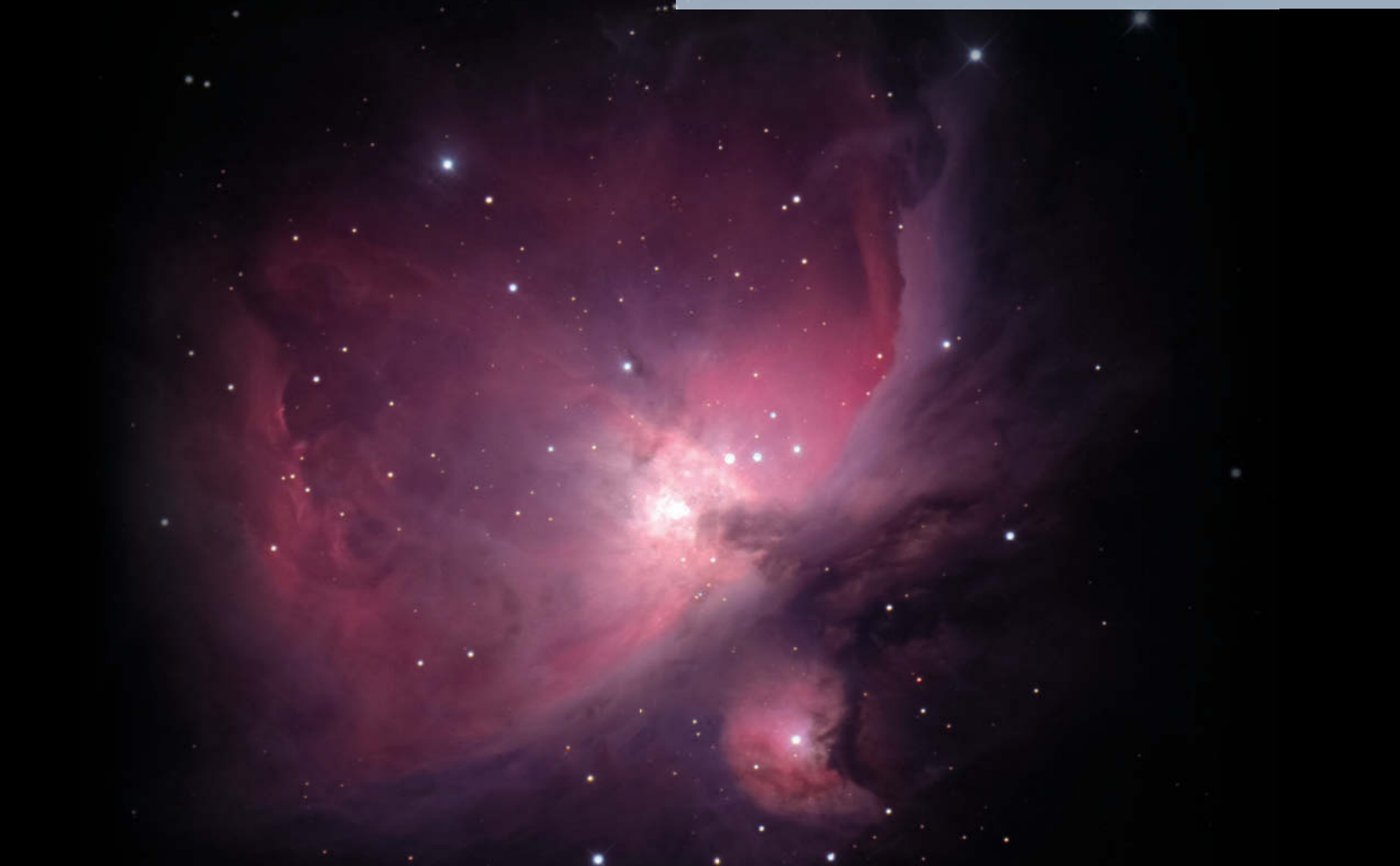
К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

▼ Голубые, желтые и красные светила

«Большинство звезд излучает видимый и инфракрасный свет, но попадаются и такие, что испускают мощные потоки рентгеновских лучей и радиоволн. Голубые звезды — горячие и молодые; желтые — похолоднее, среднего возраста; красные звезды, как правило, старые и умирающие; а вот маленькие белые и черные звезды стоят на пороге смерти. Млечный Путь содержит около 400 млрд звезд всех типов, движущихся в сложном и строгом танце. Но из всех них жители Земли близко знакомы пока только с одной.

Каждая звездная система — это остров в пространстве, изолированный от соседних с ним световыми годами».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации



Покинув пределы Солнечной системы, мы тут же оказались среди многочисленной звездной россыпи ближних и дальних соседей нашего светила. Но в процессе феерического зрелища мириадов миров мы бы с удивлением открыли, что все межзвездное пространство довольно сильно заполнено микроскопическим «мусором». Это прежде всего молекулы и атомы водорода межзвездной газовой среды, а также пыль, составляющая около 1 % всего межзвездного вещества. Пыльный газовый ковер, протянувшийся между звездами непрерывно во всех направлениях, пронизывается потоками быстрых частиц космических лучей, электромагнитным излучением и волнами плазмы звездного ветра. Есть в межзвездной среде и слабые магнитные поля. Надо отметить, что космический «мусор» рассыпан

неравномерно и то тут, то там встречаются его колоссальные тучи газопылевых облаков. Это очень редкие облака, но в них сосредоточена чуть ли не половина всего межзвездного газа. Космические «тучи» бывают двух видов — атомарные и молекулярные, причем именно в последних, более плотных, и сосредоточена подавляющая масса облачного газа.

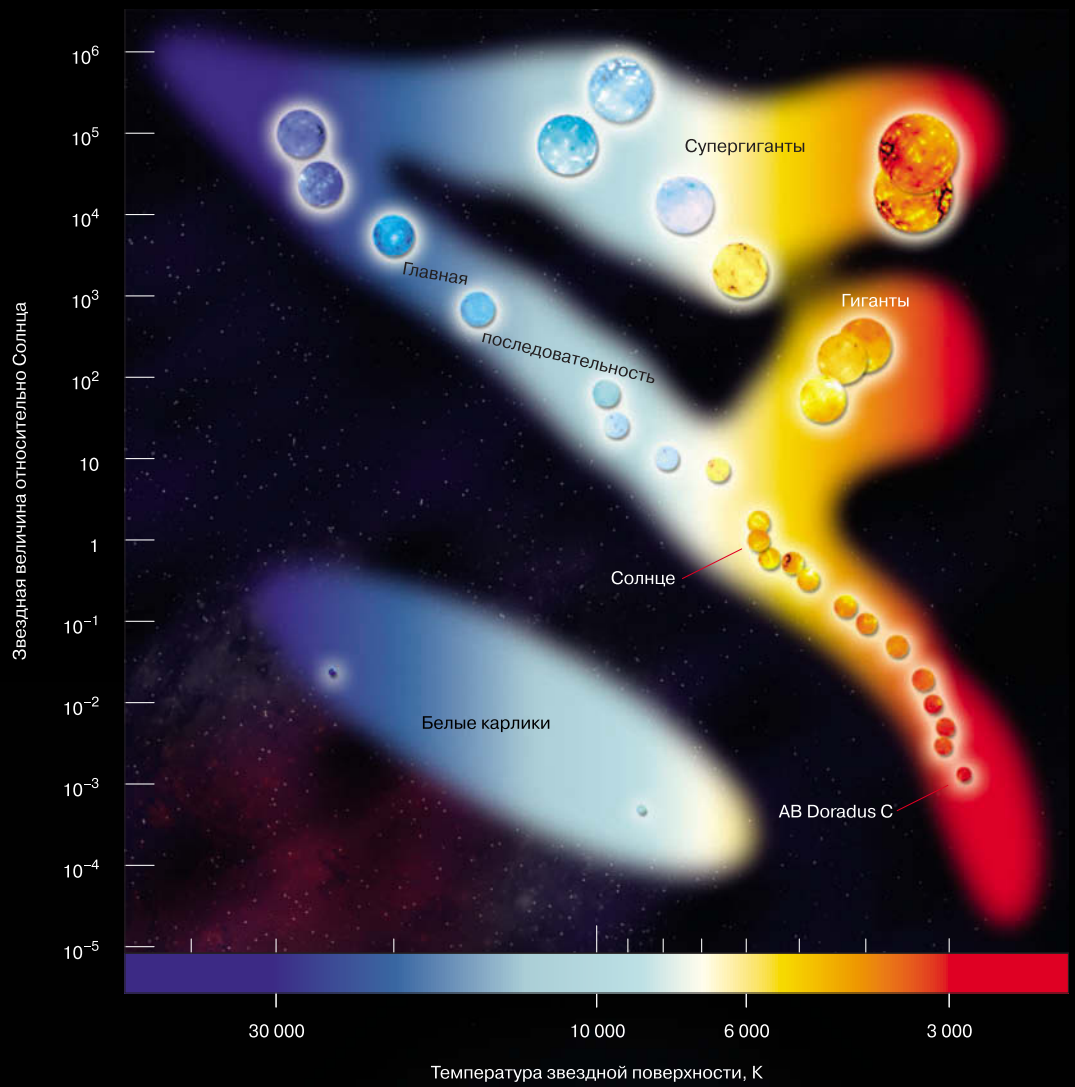
Астрономы считают молекулярные облака своеобразными звездными яслями, где рождаются новые светила. Массы новорожденных звезд лежат в очень широком диапазоне: от сотых долей до сотни масс светила по имени Солнце. В то же время небольшие светила рождаются гораздо чаще, чем гиганты. Приблизительно половина звезд живет одиночками, остальные образуют двойные, тройные и множественные (до семи компонентов) семьи, причем чем больше звезд, тем реже встречаются такие системы.

Именно при таких условиях в наиболее плотных молекулярных облаках возникают всяческие неоднородности, которые тут же начинают притягивать к себе окружающие газ и пыль. Когда этот гигантский ком уплотнения в молекулярном облаке достигает массы Солнца, в нем становится возмож-

▲ Новорожденные звезды в туманности Конская Голова

Астрономы не могут наблюдать эволюцию отдельных звезд от самого момента их рождения до смерти (взрыва или остывания), поскольку даже самые короткоживущие светила существуют миллионы лет, а это намного больше времени жизни человеческой цивилизации.

ным формирование звезды. Для этого в борьбе газового давления и гравитации должна победить последняя, так что эта очень плотная часть молекулярного облака становится настолько массивной, что под действием сил тяготения начинает неудержимо сжиматься. Такое катастрофическое сжатие, или коллапс, плотной неоднородности облака происходит сравнительно быстро в космических масштабах и длится несколько миллионов лет. В результате возникают космические объекты, которые астрономы называют протозвездами (от греч. «первый»). Это еще далеко не звезды, а, скорее, их холодная основа, и когда температура в центре протозвезд начинает достигать нескольких миллионов градусов, происходит запуск термоядерных реакций. Давление излучения от ядерных превращений в ядре протозвезды компенсирует силы гравитационного сжатия, и протозвезда наконец становится звездой. В нашей галактике Млечный Путь, по оценкам астрофизиков, рождается ежегодно около десятка звезд. Много это или мало? Во всяком случае, судя по всему, общий баланс между рождением и смертью светил сильно не отклоняется ни в одну из сторон.



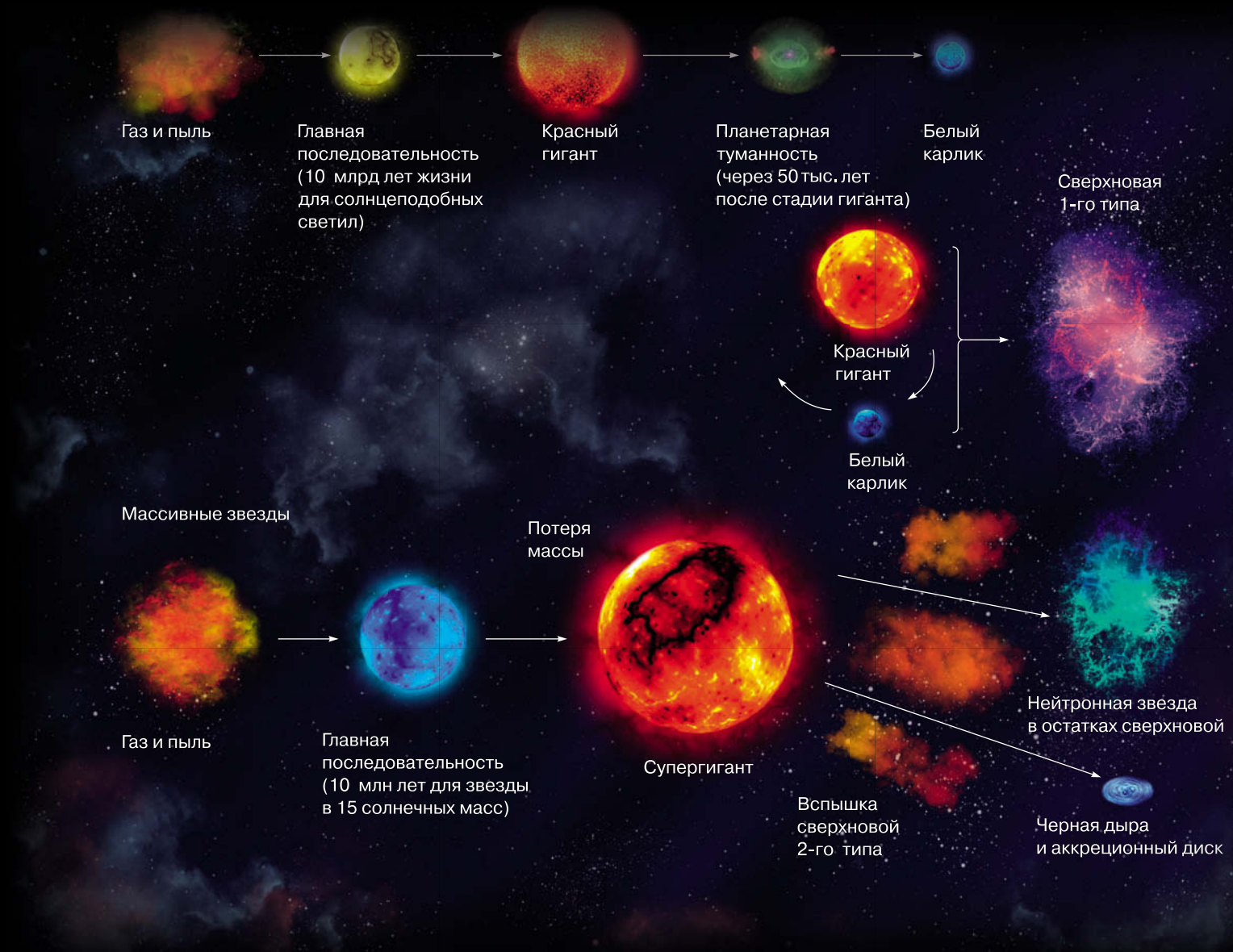
▾ Протозвезда

Протозвездами астрофизики называют плотные фрагменты молекулярного газопылевого облака, в которых внутренний разогрев еще не достиг границ начала термоядерных реакций, превращающих их в полноценные звезды.

Каждый астроном мечтает хоть краем глаза увидеть процесс рождения новой звезды, но это замечательное природное явление длится миллионолетия и надежно скрыто от любопытных взглядов в холодных недрах темных газопылевых облаков. Поэтому для исследования процессов возникновения звезд астрофизики широко используют методы электронного моделирования, рассчитывая все параметры с помощью мощных компьютеров.

В конце своего жизненного пути звезды приходят к разному финалу, зависящему от их массы, превращаясь в белые карлики, нейтронные звезды или черные дыры. Так, если звезда маломассивная, то и сжимающие ее силы гравитации будут малы, а ее сжатие по мере выгорания ядерного топлива остановится на устойчивой стадии белого карлика. Термоядерные реакции в ядре белого карлика медленно затухают, а его видимое свечение — результат накопленной теплоты. Массы белых карликов примерно равны солнечной, да и наше светило через несколько миллиардов лет должно превратиться в белого карлика.

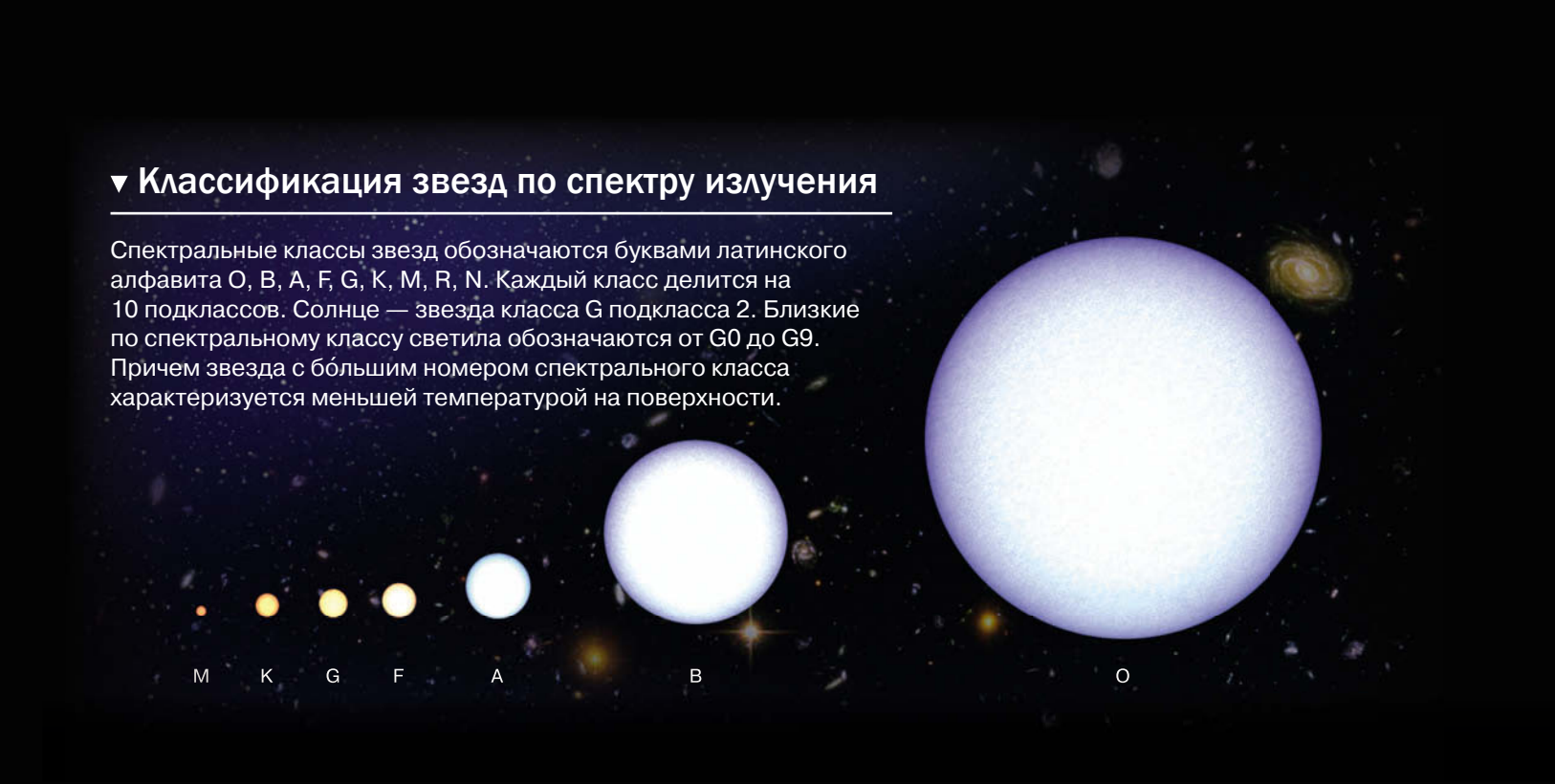
Ну а если масса звезды будет превышать некий критический предел, то гравитационное сжатие продолжится. Сорванные колоссальным давлением электроны «впечатываются» в протоны, образуют нейтроны. Через некоторое время вся звезда будет состоять из нейтронов, имея гигантскую плотность при радиусе всего несколько километров. Нейтронные звезды весьма экзотические космические объекты, чем-то напоминающие макроскопические атомные ядра. В случае если масса звезды велика и образование нейтронной звезды не прекратит ее катастрофическое сжатие, конечным этапом ее эволюции станет бездонный космический провал черной дыры. Подобный гравитационный коллапсар образуется при неограниченном сжатии силами внутреннего тяготения массивных небесных тел до радиуса в десятки километров.



▲ **Пути звездной эволюции**

▾ Классификация звезд по спектру излучения

Спектральные классы звезд обозначаются буквами латинского алфавита O, B, A, F, G, K, M, R, N. Каждый класс делится на 10 подклассов. Солнце — звезда класса G подкласса 2. Близкие по спектральному классу светила обозначаются от G0 до G9. Причем звезда с бóльшим номером спектрального класса характеризуется меньшей температурой на поверхности.



Большинство звезд гаснет тихо, переходя в мир холодных небесных тел практически незаметно, но есть среди звездного населения Вселенной и амбициозные создания, заявляющие о своей кончине на весь мир. Это видимые даже днем вспышки сверхновых, упоминания о которых можно встретить в летописях самых разных племен и народов. В среднем подобные чудовищные звездные взрывы происходят в каждой галактике раз в два-три десятилетия. В максимуме своего блеска вспышка сверхновой вполне может затмить сотни миллиардов звезд, превышая свет от всего остального галактического звездного населения.

Еще в 1930-х годах ученые предполагали, что взрывы сверхновых образуют сверхплотные нейтронные звезды. Много позже это подтвердило открытие пульсаров — очень быстро вращающихся нейтронных звезд. Один из первых пульсаров был открыт в самом центре Крабовидной туманности в созвездии Тельца на месте сверхновой вспышки 1054 года.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Группа астрономов, использовав для наблюдений новый инфракрасный восьмиметровый телескоп, а также данные для молодых звездных скоплений с космического телескопа «Хаббл», неожиданно открыла целый мирок сверхмассивных звезд. Их массы в сотни раз превосходят солнечную, что намного превышает теоретический предел, принятый в настоящее время. Существование этих странных светил, блистающих в миллионы раз ярче Солнца, заставляет пересмотреть отдельные положения астрофизики и заново поставить вопрос о том, насколько массивными в принципе могут быть звезды. Часть открытых сверхгигантов населяет протяженные газопылевые облака в нашей галактике, где на расстоянии 20 тыс. световых лет происходит их интенсивное формирование. Второе их скопление, состоящее из молодых, массивных и очень горячих звезд, удалено уже на сотни тысяч световых лет и вкраплено в туманность Тарантул из соседней галактики Большое Магелланово Облако. Очень высока и температура поверхности сверхгигантов (свыше 40 тыс. °С), что более чем в семь раз превышает температуру поверхности Солнца. Как и другие звезды, сверхмассивные светила образуют двойные системы, испускающие мощнейшие потоки звездных ветров. Из-за интенсивного излучения сверхгиганты теряют за десятки тысячелетий солнечную массу вещества, и поэтому их век жизни очень краток — лишь несколько миллионолетий, а затем происходит взрыв сверхновой.

Любопытно, что если поместить сверхгигант на место нашего светила, то его яркость превысит солнечную настолько, насколько само Солнце светит ярче полной Луны. Кроме того, сверхмассивность подобной звезды резко ускорит движение нашей планеты вокруг Солнца и сократит земной год до трех недель. При этом ураган ветра от такого нового «солнца» сорвет с Земли ее магнитосферу и выжжет озоновый слой, после чего на беззащитную поверхность обрушится мощнейшее ультрафиолетовое излучение, уничтожая все живое на нашей планете.

Глава 17
Звездный мир

«То, что может показаться мирным и неизменным случайному наблюдателю, в действительности таит в себе множество бурных процессов…

По каким признакам астрономы распознают эту космическую стихию? Как удастся им оценить ту мощь, ту энергию, что стоит за отдельным явлением? И наконец, в состоянии ли они хоть как-то объяснить причины этих явлений?»

Дж. Нарликар. Неистовая Вселенная

▲ Звездный мир

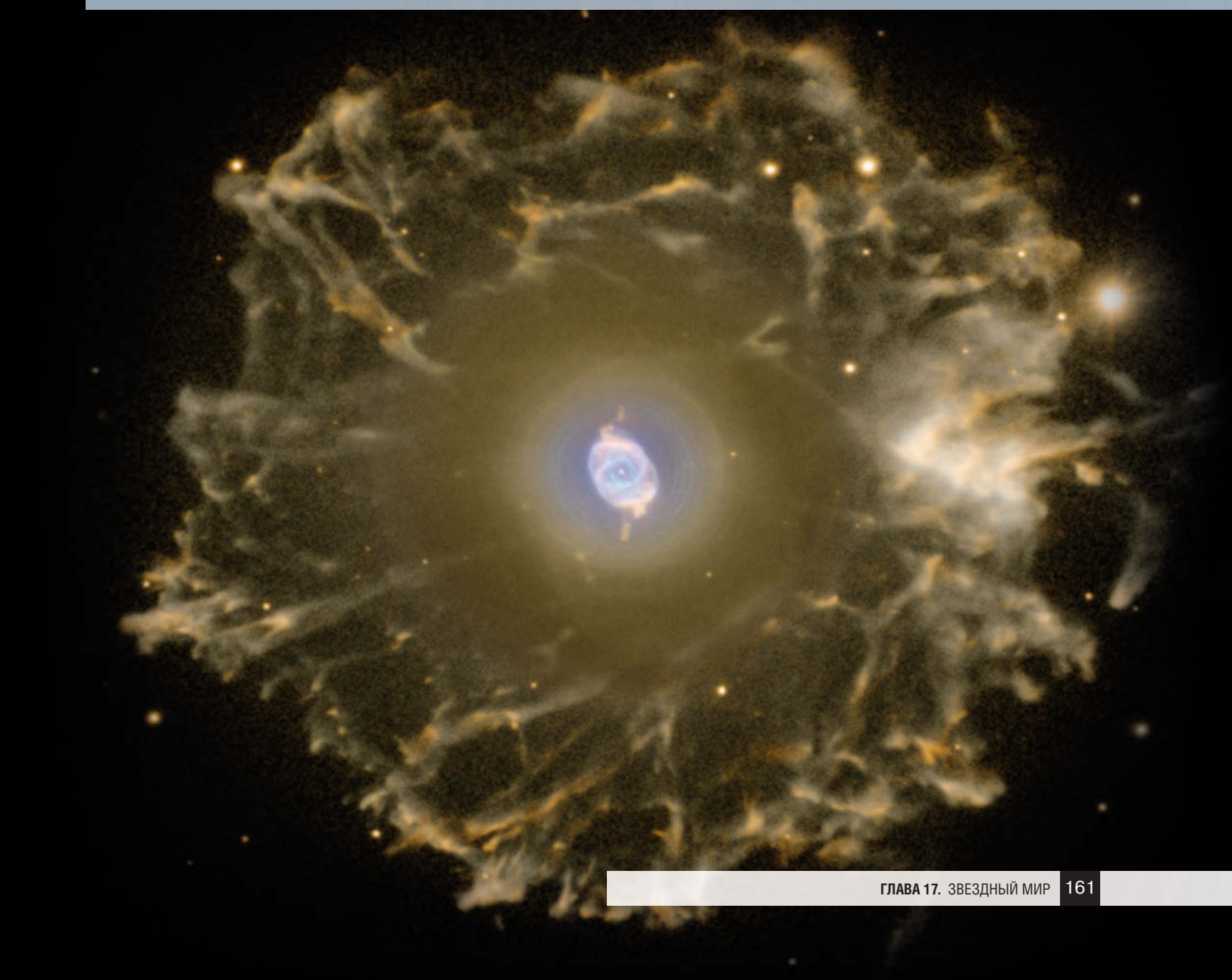
Эволюция любой звезды связана с непрерывной сменой источников энергии излучения. Если звезда подобна нашему светилу, то процесс ее горения закончится на стадии преобразования водорода в гелий. У более массивных светил термоядерный синтез проходит до углерода, а иногда может продолжиться и дальше — до элементов группы железа. Такие реакции идут с колоссальным энергетическим выделением, но в конце концов сам синтез становится энергетически поглощающим и перестает разогревать звезду.

Судьбу каждой звезды определяет в конечном итоге ее химический состав, полученный при рождении. Самые первые звезды, возникшие во Вселенной, содержали практически одни наилегчайшие газы — водород и гелий. Затем последующие поколения уже добавили в свои тела заметную долю тяжелых элементов, унаследованных от миллиардолетней эволюции звезд первого поколения. Факт образования большинства химических элементов в термоядерных топках звезд имеет поразительнейшее следствие. Получается, что все элементы, составляющие и человеческое тело в том числе, — от легких газов до тяжелых элементов — образуются в звездах, особенно это касается таких животворных веществ, как кислород, азот и углерод. Данные элементы когда-то синтезировались внутри ядер звезд, а потом взрывами звезд были выброшены в космическое пространство. Из этой газопылевой среды после долгого кружения и завихрения образовалась Солнечная система, на третьей планете которой в конце концов появились разумные существа.

В своем полете среди разнообразнейших светил обратим внимание на красивейшие астрономические объекты, называемые планетарными туманностями.

▾ Планетарная туманность Кошачий Глаз

Чаще всего планетарная туманность видна как светлая вуаль вокруг умирающей звезды, образованная потоком ее атмосферы в виде раскаленной расширяющейся радиально оболочки, сброшенной звездным гигантом. Подобные туманности ярко светятся в оптическом диапазоне под воздействием ультрафиолетового излучения из горячего ядра остатков взорвавшейся звезды. Само их название объясняется внешним сходством с планетарными дисками. В то же время далеко не все планетарные туманности — правильные диски. Среди них попадаются и кольцеобразные, и вытянутые в виде струй, спиралей и пузырей (глобул).



Эти пространственные образования, чем-то напоминающие тончайшее кружево, подсвеченное окружающими звездами, романтически настроенные астрономы называют душой, отлетевшей от умершего светила. Кисея туманности непрерывно расширяется, чтобы, рассеявшись по вселенскому простору, когда-нибудь помочь образоваться новой звезде. В самом же центре планетарной туманности остается небольшая жемчужина мертвого белого карлика, знаменуя конец звездного жизненного пути.

Любопытна история открытия белых карликов во второй половине XIX века. Однажды астрономы заметили, что в движении ярчайшей звезды небосвода Сириуса наблюдаются какие-то непонятные отклонения. Сириус, входящий в состав созвездия Большого Пса, совершал свой путь по небу, слегка уклоняясь из стороны в сторону. Было очевидно: что-то постоянно сбивает «пёсью» звезду с прямого пути, и астрономы тут же предположили, что у Сириуса есть невидимый массивный спутник, который вскоре и предстал перед взором наблюдателей как слабое белое светило. Именно белому цвету этой звездочки и обязано возникновение термина «белые карлики». Но вот объяснить природу таких необычных тел удалось лишь после возникновения новой квантовой физики XX века, в которой белые карлики стали первыми известными квантовыми макрообъектами, а создание их теории было отмечено Нобелевской премией.

Цвет звезды определяется ее температурой, поэтому белые карлики, не имеющие источников энергии и излучающие свет только за счет запасенного тепла, остывая, меняют цвет от белого до красного. Именно таким образом через достаточно большой период времени может возникнуть незаметный серый карлик, но все же совершенно черным он так и не станет из-за процессов саморазогрева. Поэтому температура бывшего белого карлика даже по про-

▲ Сириус — ярчайшая звезда на небосклоне

Ярчайшая звезда Сириус входит в созвездие Большого пса. Как спутник Сириуса был открыт первый белый карлик.

шествии миллиардов лет будет составлять несколько тысяч градусов, кроме того, свою долю разогрева вносит постоянный захват вещества из ближнего космоса.

Еще более интересные явления происходят с белым карликом в тесной двойной системе, где он вполне может предстать звездным каннибалом, поглощая плоть своего партнера. В этом случае вскоре, по масштабам космического времени, может возникнуть ситуация, когда вещество соседней звезды, накапливаясь на поверхности белого карлика, приведет к чудовищному термоядерному взрыву — и вместо двойной системы источников засияет новая звезда.

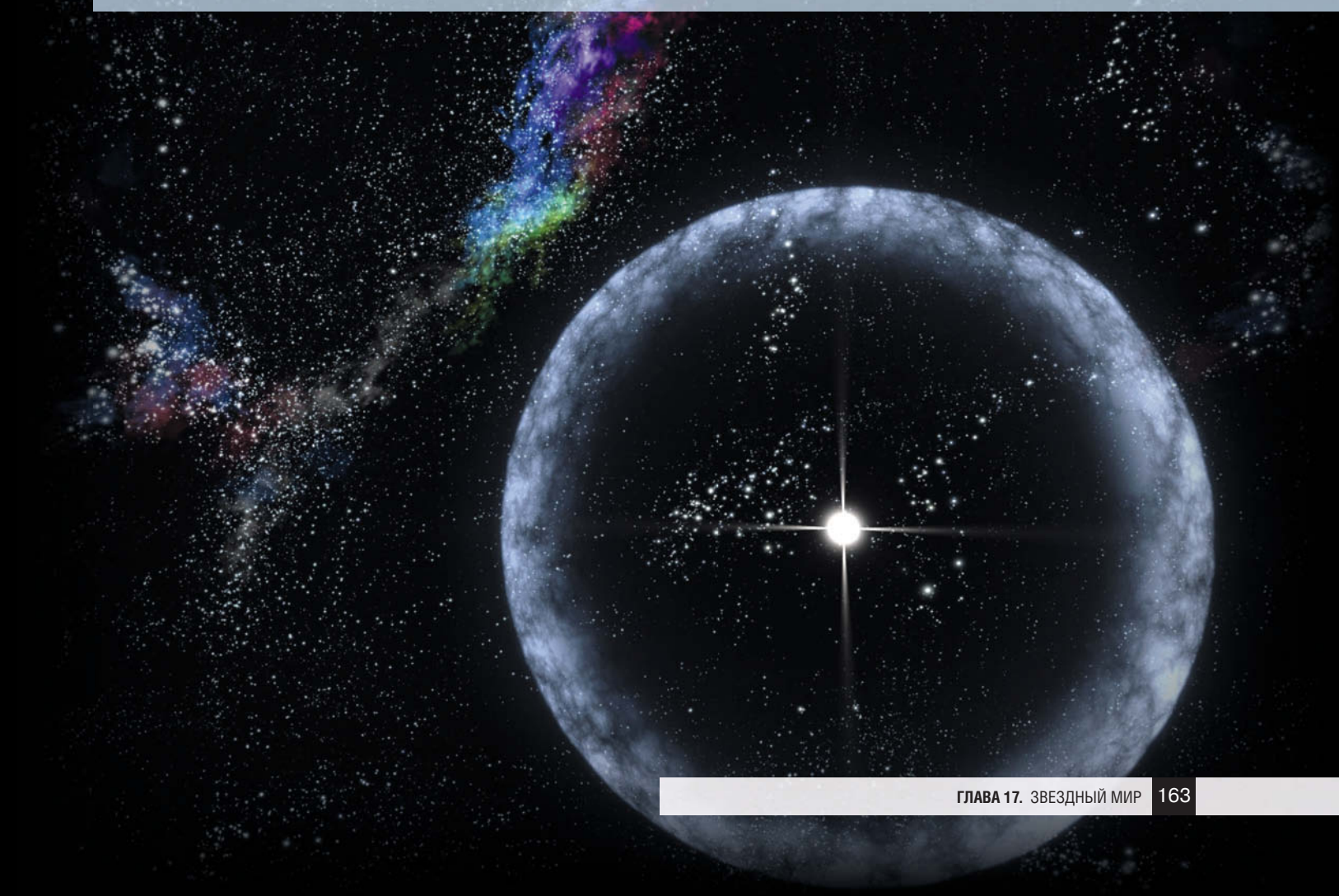
Одинокому белому карлику негде найти дополнительные материальные ресурсы для продолжения своего существования, и он довольно быстро (по космическому времени) становится тусклым и слабым телом. Ведь проще всего увеличение массы белого карлика обеспечивают каннибальные потоки вещества с его звезды-компаньона, а вот иной вариант возможен при слиянии двух белых карликов в двойной тесной системе.

Самые старые звезды этого типа во многие десятки тысяч раз светят слабее Солнца, хотя современные телескопы дают возможность вполне отчетливо разглядеть некоторые из них. Изучение белых карликов позволяет получить много важнейшей информации об истории нашей молодой Галактики и даже сделать приблизительные оценки возраста галактического диска, а также различных звездных скоплений.

Одиночные нейтронные звезды часто возникают в ходе распада двойных систем. Если взрывается очень массивная звезда и при этом теряется более половины суммарной массы, то такая двойная система распадается на две одиночные звезды. В то же время отдельная нейтронная звезда может появиться и в результате взрыва одиночной массивной звезды.

▾ Одиночная нейтронная звезда

Несмотря на впечатляющие возможности орбитального телескопа «Хаббл», снимки нейтронных звезд демонстрируют нам довольно тусклые объекты. Сегодня астрофизики знают, что нейтронные звезды представляют собой чрезвычайно компактные вращающиеся тела с радиусом порядка десятка километров, часто обладающие сильным магнитным полем. Они были предсказаны еще в 1930-е годы выдающимся советским физиком-теоретиком, академиком Львом Давидовичем Ландау как гигантские, весом с Солнце, атомные ядра некоего фантастического сверхсверхтяжелого элемента с порядковым номером 1058. Ландау называл их элементарными частицами Вселенной.



Циклопические звездные катаклизмы часто порождают у массивных светил удивительные объекты нейтронных звезд со сверхмощными магнитными полями, сверхплотным веществом и сверхсильной гравитацией на поверхности. Путь от белого карлика к нейтронной звезде лежит через увеличение массы, при этом звезда теряет свою устойчивость и, вспыхнув на короткое время, переходит в нейтронное состояние.

С поверхности нейтронных звезд постоянно срываются потоки жесткого рентгеновского излучения, возникающие благодаря сильнейшей поверхностной гравитации, ведь даже небольшой объект, брошенный с небольшой высоты, выделит энергии больше, чем термоядерная бомба такой же массы. Если же нейтронная звезда входит в двойную систему, то на нее может перетекать вещество со второго компонента — и с поверхности нейтронной звезды начнут активно излучаться рентгеновские кванты.

Нейтронные звезды интересуют не только астрономов, но и физиков, ведь физика этих объектов тесно связана с необычными процессами сверхтекучести и сверхпроводимости, которые могут играть важную роль в глубинах и на поверхности из-за гигантской плотности нейтронных звезд даже при высокой температуре в несколько тысяч градусов. Важные результаты получены и в области физики плазмы — газа заряженных частиц на поверхности нейтронных звезд при ее взаимодействии со сверхсильными магнитными полями сложной конфигурации.

Астрономы считают, что в современную эпоху «звездный мегаполис» Млечного Пути населяют несколько сотен миллионов таких объектов, ведь за миллиардную историю нашей Галактики свой жизненный путь завершило огромное количество массивных звезд. Тем не менее из-за трудности обнаружения нейтронных звезд их найдено совсем мало,

▲ Кокон радиопульсара

Первые нейтронные звезды были открыты в виде радиопульсаров и рентгеновских источников в тесных двойных звездных системах. Радиоизлучение пульсаров определяется сильнейшим магнитным полем и сверхбыстрым вращением шарообразной, примерно солнечной массы диаметром всего в несколько десятков километров. Такой чудовищный «ротор» совершает поворот вокруг оси за сотые доли секунды, порождая интересные физические эффекты направленного излучения.

ведь отдельная звезда не выставляет себя напоказ, предпочитая существовать в качестве космического отшельника.

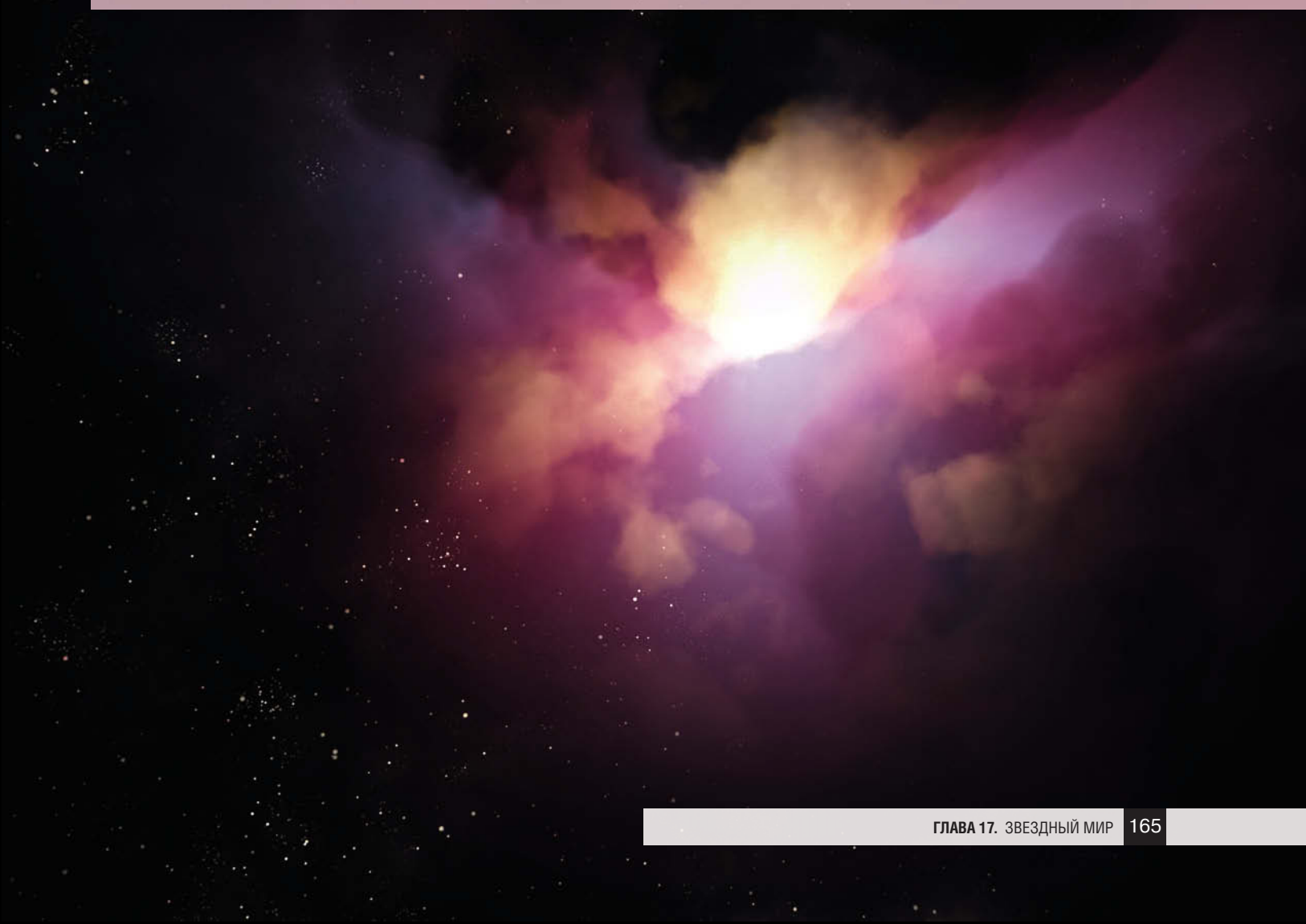
За последние годы паноптикум нейтронных звезд пополнился довольно редкими экземплярами, светящимися благодаря своему юному астрономическому возрасту, составляющему около миллиона лет. Кроме рентгеновского от них зарегистрирован и видимый свет, едва различимый в мощнейшие телескопы как очень слабые звездочки. И хотя более далекие и старые объекты пока недоступны даже для космических инструментов, астрономы надеются их вскоре найти среди множества сверхслабых источников. Разумеется, обнаружить изолированную нейтронную звезду пока еще довольно сложно, ведь при «микроскопическом» диаметре в десятки километров заметить оптическое излучение на галактических дистанциях практически невозможно.

Можно еще попытаться увидеть одиночную нейтронную звезду на стадии падения вещества на поверхность, правда, для этого нужны достаточно полная межзвездная среда и довольна высокая скорость пространственного перемещения. В этом случае падение вещества на поверхность порождает различные физические процессы, высвечивающие нейтронную звезду.

Другой интересный случай падения вещества на нейтронную звезду возникает при очень быстром вращении магнитного поля, которое способно какое-то время удерживать вещество от падения. В подобных условиях вокруг нейтронной звезды на некотором расстоянии может образоваться своеобразная оболочка. Когда масса такой оболочки достигнет критической величины, то ни магнитное поле, ни центробежные силы не смогут больше удерживать накопленное вещество — и оно рухнет на звездную поверхность. Это должно вызвать гигантский всплеск

▾ Компактный гамма-источник

Нейтронные звезды были открыты по своему импульсному радиоизлучению в 1960-е годы. С самого начала их определили как радиопульсары — источники строго периодических радиоимпульсов, а несколько позже как галактические источники рентгеновского излучения. Всего на сегодня астрономы насчитывают несколько тысяч таких компактных объектов, причем большинство из них — именно радиопульсары, а остальные — рентгеновские или гамма-источники.



рентгеновского излучения, который повторится через некоторое время, создавая мощный периодический источник рентгеновской радиации.

В наблюдении подобных объектов эстафету у оптической принимает рентгеновская астрономия, ведь увидеть нейтронную звезду, испускающую такие мощные импульсы, можно только с помощью специального оборудования, которое так и называют — рентгеновский телескоп.

Конечно, подобные экзотические объекты должны встречаться намного реже, чем обычные одиночные нейтронные звезды. Правда, на поверхности обычных нейтронных звезд могут происходить и вспышки, связанные с термоядерными реакциями в веществе, непосредственно накапливающемся в приповерхностном слое звездной атмосферы. Однако, по предварительным оценкам, их мощность должна быть в десятки раз ниже, чем у вспышек в «накопительном» варианте.

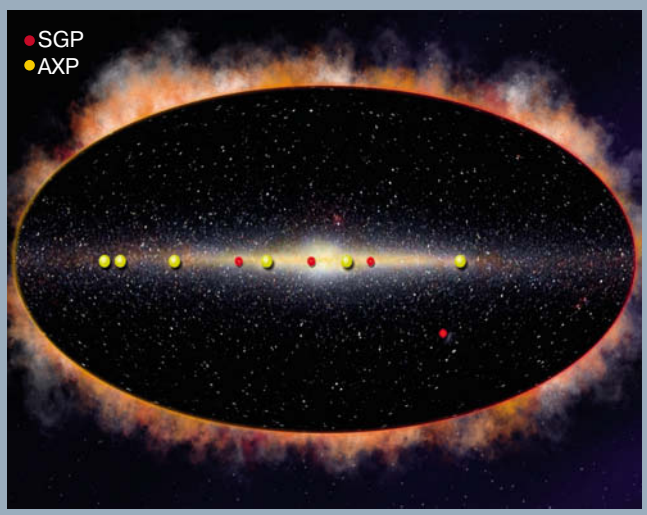
Как распределены нейтронные звезды в нашей Галактике? Если собрать вместе все астрономические наблюдения во всех частях спектра, то окажется, что они будут распределены в основном среди кольца молекулярных облаков на некотором расстоянии от центра Млечного Пути. Предполагается, что это связано с локальным максимумом плотности межзвездной среды, которая и «проявляет» подобное распределение нейтронных звезд в виде галактического тора.

Естественно, это далеко не все нейтронные звезды, и астрофизики считают, что мы не видим где-то половину пульсаров из тех, что вообще доступны наблюдению с помощью современных астрономических инструментов. В этой связи сегодня очень большие ожидания высказывают радиоастрономы, с нетерпением наблюдающие за созданием нового поколения систем специальных радиотелескопов, которые смогут зафиксировать практически все радиопульсары с направленным в сторону Солнечной системы излучением.

С нейтронными звездами связывают и еще одни удивительные небесные тела — магнетары, обладающие фантастически сильными магнитными полями. Для сравнения: магнитное поле Земли напряженностью 1 Гс (Гаусс) легко заставляет отклониться компасную стрелку, а в лабораториях на сложнейшем оборудовании получают поля свыше 100 тыс. Гс. Между тем магнитное поле магнетара приблизительно равно миллиону миллиардов Гаусс. Если бы у нас был такой магнит, то, расположив его в точке либрации между Землей и Луной, где их притяжение одинаково, мы бы без проблем стерли информацию

▾ Система радиотелескопов

В стадии радиопульсара нейтронная звезда излучает энергию направленно несимметрично и непродолжительно. Так что на Земле ученые далеко не всегда уверенно могут зафиксировать радиоизлучение пульсара, тем более что радиолуч может просто проскользнуть мимо нашей планеты.



◂ Кандидаты в магнетары — нейтронные звезды со сверхсильным магнитным полем

После ряда наблюдений астрофизикам удалось определить положение самых сильных галактических звезд-магнитов — магнетаров. От этих гигантских космических излучателей энергии исходят так называемые мягкие повторные гамма-всплески (SGR) и аномальные рентгеновские пульсации (AXP). Их природа, скорее всего, связана с очень быстро вращающимися нейтронными звездами размером со средний город, генерирующими сверхсильные магнитные поля.

с любой дискеты компьютера или отправили в космическое путешествие мелкую металлическую монетку. Более того, недавно геофизики зафиксировали на орбитальных обсерваториях настолько мощные вспышки высокоэнергетического гамма-излучения, исходящие от магнетаров, что они измеримо влияли на состояние внешних слоев земной ионосферы.

Вернемся к моменту рождения звезды и вспомним, что ее дальнейшая судьба во многом предопределена массой «новорожденной». Именно от этого зависит и то, зажжется ли звездный огонь в этой гигантской глыбе вещества, сконденсировавшийся из межзвездной материи. Для этого необходимо, чтобы недра звездного зародыша — протозвезды — были очень плотными и, следовательно, горячими для начала термоядерных реакций. Поэтому существует некая начальная критическая масса, при которой начинается термоядерный синтез водорода в гелий. А вот если масса меньше критической, то звезда никогда не засияет,

▾ В системе с нейтронной звездой на стадии пульсара (художественная реконструкция)

При прохождении нейтронной звезды — пульсара — через плотное молекулярное облако можно наблюдать интересные эффекты, когда падающее на поверхность звезды вещество будет просто «засыпать» поверхность пульсара. Именно поэтому после вылета нейтронной звезды из облака пульсация излучения с ее поверхности может уже и не появиться. Это связано с тем, что, когда слой вещества плотно покроет поверхность, его будет уже невозможно «разбросать» с помощью магнитного поля и центробежных сил.

а на ее месте возникнет массивное тело коричневого или бурого карлика.

Между тем, несмотря на разные судьбы, у белых и бурых карликов есть важные сходные черты. Ведь вещество и тех и других содержит так называемый газ вырожденных электронов, которые находятся так близко друг к другу, что их макроскопическая масса начинает описываться микроскопической квантовой физикой. Так в белых и бурых карликах возникает дополнительное давление газа вырожденных электронов, которое и ограничивает дальнейшее сжатие протозвезды с ростом ее температуры.

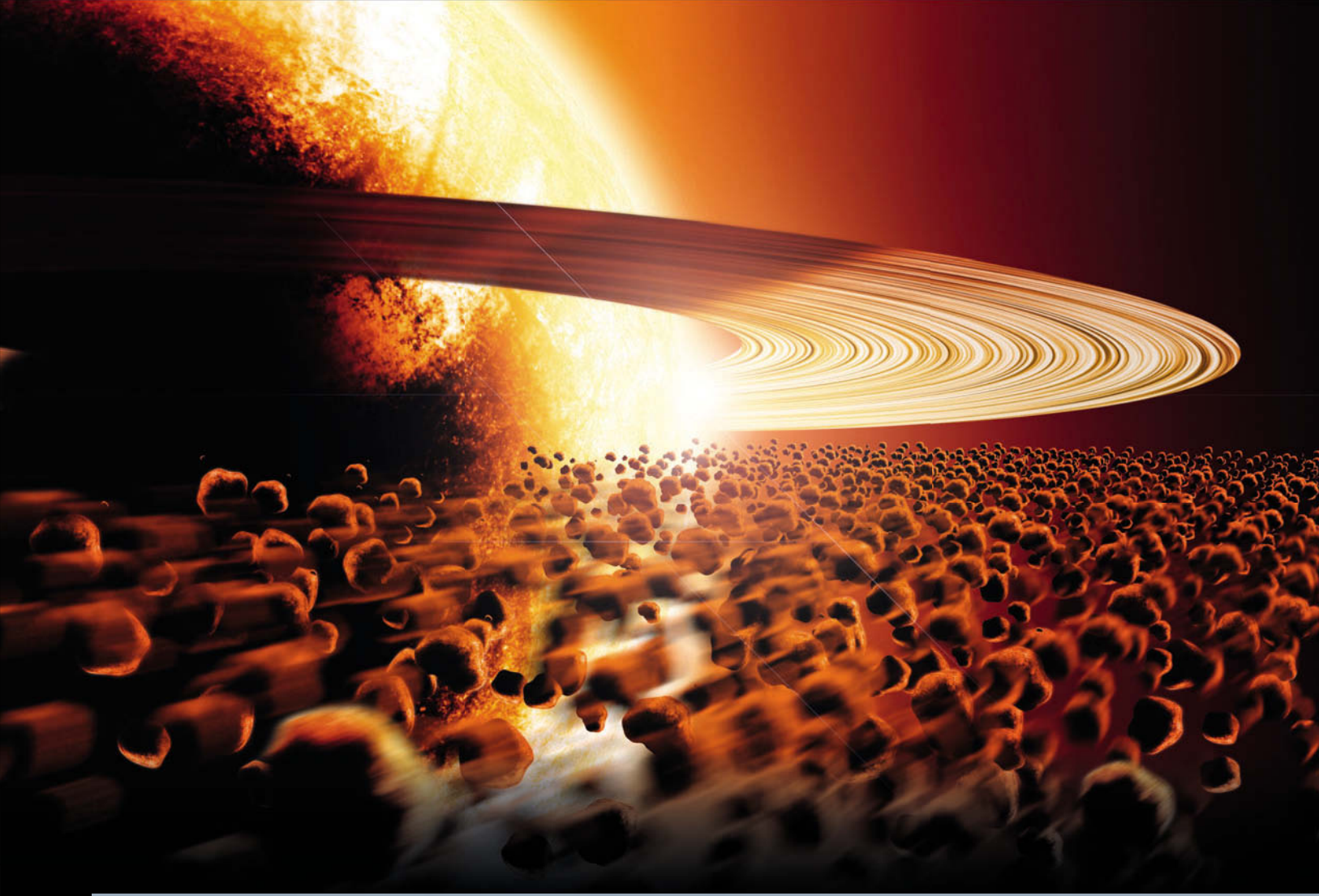
Рождение и эволюция коричневых карликов таят в себе еще много загадок. Скорее всего, модельный механизм возникновения бурых карликов должен сильно походить на сценарий генерации маломассивных звезд. Чаще всего тут рассматривается несколько вариантов космогонических сценариев, связанных с завихрениями межзвездной среды из-за неоднородного распределения вещества и фрагментацией протозвезд в околозвездных дисках.

Электронное моделирование на мощных компьютерах наглядно показывает, что подобные процессы могут быть вполне вероятны, хотя их физика достаточно сложна. Бурые карлики способны также образоваться в ходе формирования более массивных звезд. Тогда из протозвездного ядра выделяется фрагмент центральной части и из него впоследствии образуется карлик, окруженный пылегазовым диском. Если в подобном диске возникают неустойчивости, то он часто распадается на фрагменты — зародыши новых бурых карликов. Так появляются карлики вблизи обычных звезд.

Разумеется, все описанные космогонические сценарии хорошо дополняют друг друга и, скорее всего, встречаются в природе совместно. Вопрос лишь в том, какой из механизмов наиболее эффективен, и здесь астрофизики обращают пристальное внимание на то, сколько коричневых карликов создают двойные системы. Кроме того, много интересного могут принести наблюдения этих молодых метазвездных тел. Ведь погаснув или так и не родившись,

▲ В системе бурого карлика

Современные наблюдения с помощью космических обсерваторий позволили открыть системы из двойных бурых карликов и бурые карлики, входящие в планетарные системы. Астрономы надеются встретить коричневых карликов и в окрестностях Солнечной системы, но, поскольку это очень слабосветящиеся объекты, увидеть их будет нелегко, особенно одиночные экземпляры.



▲ **Фрагментация протозвездного облака** (художественная реконструкция)

При рождении коричневых карликов надо, чтобы турбулентные движения, создающие зародыши протозвезд, порождали не только очень крупные протозвездные ядра, но и сравнительно небольшие неоднородности пылегазовой среды.

метазвезда оказывается в высокостабильном состоянии, которое без постороннего вмешательства может продолжаться неопределенно долго. И если в современной Вселенной таких объектов не слишком уж много, то через миллиарды лет они могут составить основную массу видимой материи.

При наблюдении звезд в телескоп или сильный бинокль многие из них, кажущиеся одиночными, распадаются на пары и даже маленькие группы, в которых кратные светила вращаются вокруг друг друга под воздействием сил тяготения. Чаще всего они происходят из одного протозвездного облака, бывают и пары, возникшие при захвате одной звезды другой при близком прохождении их мимо друг друга. Такие события, наверное, совсем нередки в густоте шаровых скоплений и центрах галактик. В двойных звездных системах многое определяется гравитационными связями и структурой общего гравитационного поля. Например, для пары желтых карликовых звезд, напоминающих наше Солнце и расположенных на месте Земли и Солнца, такое соседство не составляет тесную звездную пару, а два красных гиганта как очень массивные звезды будут неразрывно связаны между собой. В звездной кратной системе желтые карлики живут достаточно независимо, а вот звезды-сверхгиганты активно воздействуют друг на друга и на всех окружающих своими чудовищными гравитационными полями.

В середине прошлого века изучение мигающей звезды Алголь показало, что здесь присутствует двойная тесная система с парадоксальным распределением массы. Как ни странно, но старше выглядела менее массивная звезда! Именно с детального изучения этого парадокса и началось исследование тесных двойных систем. Объяснение загадки Алголя оказалось довольно простым, ведь достаточно предположить, что звездная масса может сильно изменяться в течение жизни. В случае одиночной звезды это трудновообразимо даже при сильнейших потоках звездной радиации, ведь десятки солнечных масс создали бы легко наблюдаемую оболочку. А вот в тесных двойных системах всю избыточную массу одна из

«тесно расположенных» звезд всегда может передать своей соседке.

Теперь становится понятно, почему жизнь взаимодействующих кратных звезд намного интереснее существования звездных одиночек. Но отчего наблюдатели практически не встречают трехкратных, пятикратных или даже семикратных звездных систем? Оказывается, это связано с закономерностями небесной механики, предсказывающей, что создать систему из нечетного количества звезд очень даже нелегко. Подобная система будет гравитационно неустойчива, и звезды «покатятся» в разные стороны, как бильярдные шары после удара. После того как совместное поле тяготения выбросит их в дальнее космическое пространство, они потеряют всякую связь друг с другом и превратятся в одиночные светила. И лишь трехкратные и четырехкратные системы могут проявить устойчивость при определенных условиях, причем соседствуют они друг с другом парным образом.

Вообще говоря, тесная взаимодействующая пара сама по себе очень напоминает составную парную звезду, поэтому теоретически можно представить и многокомпонентную звездную семью, где каждый компонент сам по себе — тесная двойная система. При этом близкие внутренние пары будут притягивать друг друга совсем как отдельные тела, и в конечном итоге вся система окажется достаточно устойчивой.

Удивительно, но возможность существования двойных систем стала пристально изучаться только во второй половине XX века, а прежде астрономы

▲ **Гигантское шаровое скопление в созвездии Геркулеса, изобилующее звездными системами**

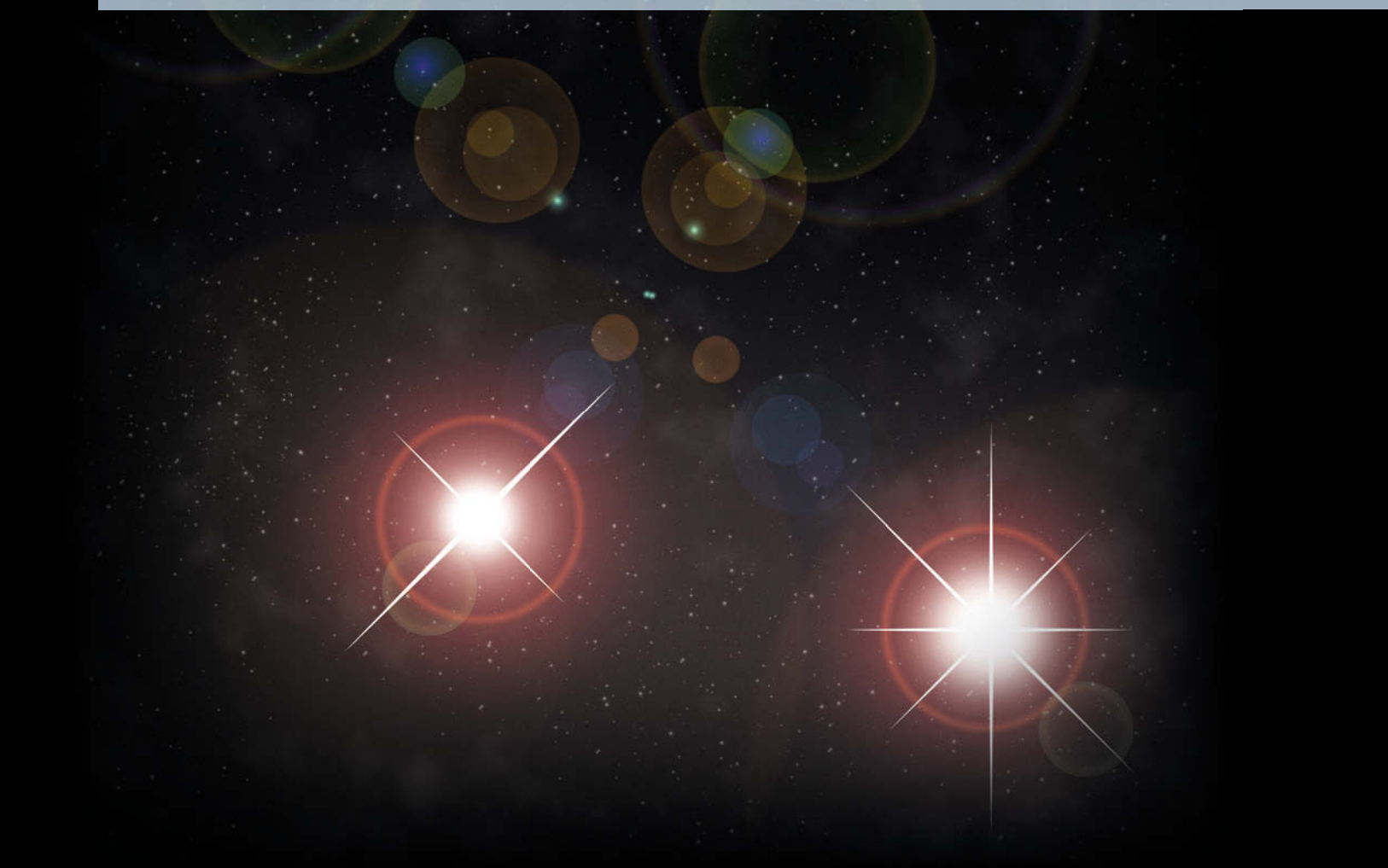
Если мы вглядимся в звездное небо, то сразу же определим, что звезды распределены неравномерно, образуя пары и разнообразные группы. Однако вид многих звездных семейств обманчив, поскольку мы наблюдаем не действительное положение звезд в пространстве, а их проекции на воображаемую поверхность небесной сферы, поэтому часто получается так, что парные звезды разделяют расстояния в сотни и тысячи световых лет.

обсуждали лишь эволюцию и строение одиночных звезд. Для близких звездных компонентов очень важна степень их взаимодействия. Многокомпонентная звездная система может быть сформирована по принципу иерархии, когда к тройной или четырехкратной звезде добавляется следующий иерархический уровень, который должен быть еще на порядок шире, и так далее. Правда, стандартные процессы звездообразования включают сильное приливное влияние близких звезд, что резко ограничивает частоту возникновения системы высокой кратности.

Вспомним общие черты эволюции одиночных звезд при смене их источников энергии. Вначале из-за гравитационной неустойчивости в межзвездной среде конденсируется протозвездное облако, которое постепенно будет уплотняться, а температура в центре станет расти до тех пор, пока атомы водорода не вступят в термоядерную реакцию. В результате термоядерного горения водород после цепной реакции превратится в гелий. В этом состоянии большинство звезд проводит всю свою жизнь, медленно двигаясь по главной последовательности. После выгорания водорода в звездном ядре она переходит в разряд сверхгигантов или красных гигантов. Затем водородное топливо заменяется гелиевым и начинается цепь долгих превращений, в которых будут участвовать все более тяжелые элементы, включая железо. И в самом конце своего жизненного пути судьба любой звезды сильно зависит от оставшейся массы — она может превратиться как в белый карлик, так и в нейтронную звезду или даже «скатиться» в космический провал черной дыры.

▾ Двойная звездная система красного гиганта и белого карлика
(художественная реконструкция)

Тесная двойная звездная система, находящаяся на расстоянии около 300 световых лет в созвездии Овна, удивляет своей обильной запыленностью, выглядящей исключительно яркой в инфракрасном диапазоне. И это не пыль, оставшаяся от формирования планетарной системы, ведь возраст данной системы, как и нашего солнечного мира, составляет несколько миллиардов лет. Можно предположить, что гигантское количество теплой пыли образовалось здесь после сравнительно недавнего столкновения двух планет, похожих на Землю и Венеру.



Рассматривая тесные звездные пары, попытаемся ответить на неожиданный вопрос: а где же заканчивается Солнечная система? Чаще всего можно услышать ответ, что граница нашего космического дома лежит за орбитой Плутона, но с точки зрения астрономии это неправильно. Ученые считают, что она располагается там, где солнечная гравитация сравнивается с притяжением ближайшего звездного окружения. Выходит, что вокруг нашего светила есть некоторая область, в которой преобладает именно его притяжение. Такая же область доминирующего влияния есть и у каждой звезды в кратной системе. Из-за взаимного влияния близкие звездные соседки могут даже принимать странные формы груши, веретена или даже гантели.

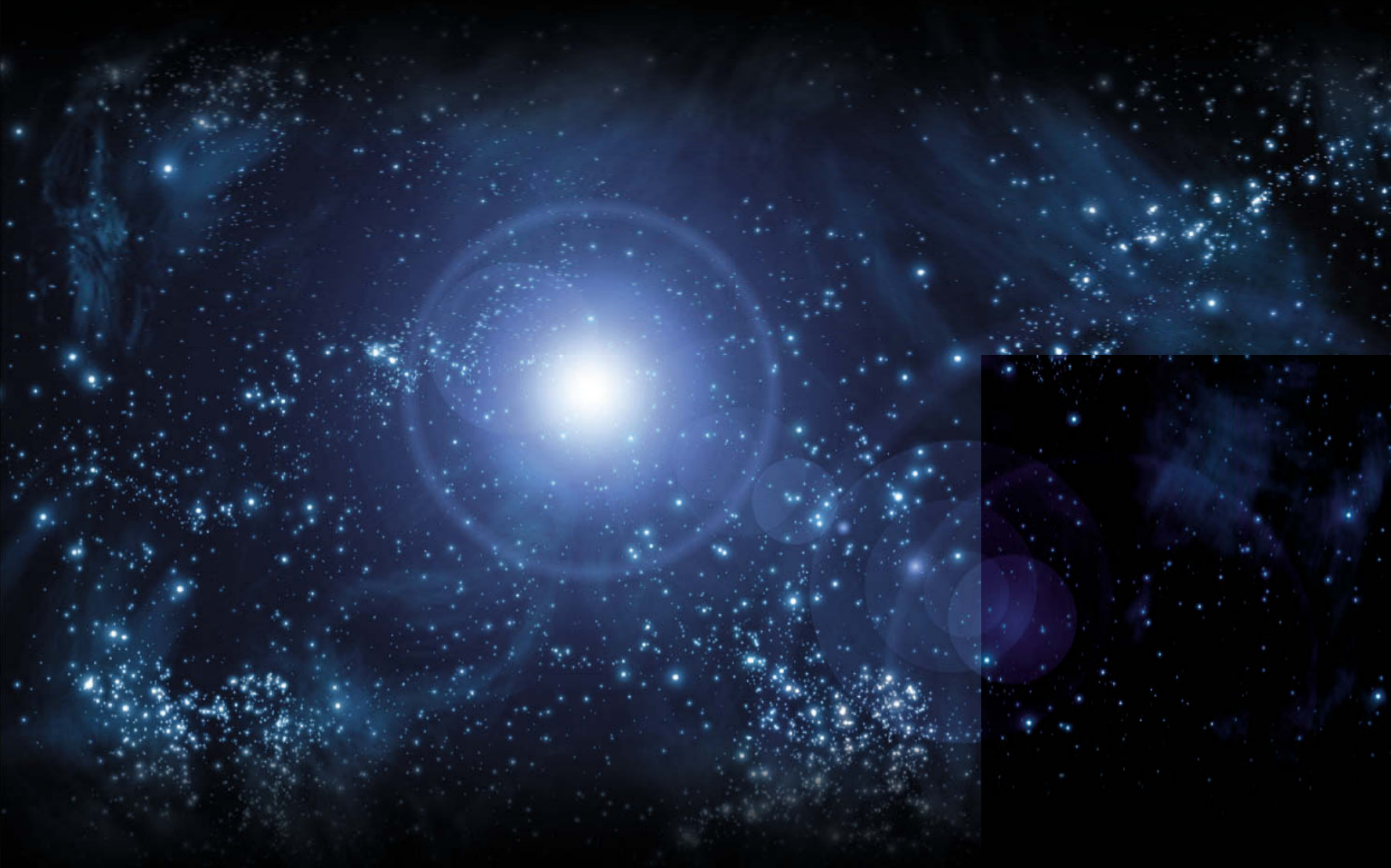
Ну а теперь представим себе ситуацию, когда более массивный партнер звездной пары практически полностью израсходует свое водородное топливо и начнет стремительно разбухать, разбрасывая вокруг части своей плазменной атмосферы. Конечно же, часть этого гиганта неминуемо попадет ко второму звездному партнеру, а оставшаяся плазма просто рассеется, образуя своеобразную оболочку. В чем-то ситуация напоминает два сообщающихся звездных сосуда, где при эволюционном расширении одной из звезд ее полость переполняется, «сосуд» становится

▾ Тесная двойная система
(художественная реконструкция)

Среди двойных звезд особый интерес вызывают очень близкие пары, составляющие тесные двойные системы, в которых звезды непосредственно взаимодействуют друг с другом. Иногда пары настолько тесны, что для их разделения на составляющие приходится скрупулезно искать изменение яркости при затмении одной звезды другой.

▾ Излучение переменной звезды беты Персея

Переменная звезда бета Персея, получившая в арабской астрономии имя Алголь («глаз дьявола»), была открыта в XVII веке. Но лишь в 1782 году английский наблюдатель Джон Гудрайк определил, что блеск Алголя видоизменяется не случайным образом, а периодически. Так началась история исследования переменных звезд.



тесен, и звездное вещество начинает переливаться через край, как вскипевшее молоко на плите. Между тем после сброса избыточной массы одной из звезд тесной пары ее дальнейшая судьба будет существенно иной, чем при эволюции звезды-одиночки. Ведь при старении одинокой звезды, несмотря на потоки звездного ветра, ее масса практически сохраняется, а в двойной системе тесно расположенные компоненты могут всегда обменяться своим веществом.

Здесь опять возникает вопрос: почему мы видим так мало одиночных нейтронных звезд, если только в окрестностях Солнечной системы их, по самым осторожным оценкам, должно быть несколько тысяч?

Ответ может основываться на том, что нейтронные одиночки путешествуют в слишком чистом вакууме и подсвечивать их путь просто нечем. Но если они на своих галактических орбитах случайно забредут в относительно плотную межзвездную среду того же газопылевого облака, то их светимость тут же может увеличиться сразу в несколько раз. Надо еще учесть, что при этом свечение зависит еще и от скорости звезды. А вот тут как раз астрофизики и предлагают интересные модели «разгона», ведь взрыв материнской звезды, порождающий нейтронную, обычно «косой» (асимметричный и выбрасывает звезду, если она попадает на его «острие», с очень большой скоростью, к которой добавляется еще и немалая составляющая от орбитальной скорости взаимного вращения звездной пары). Астрономы даже придумали образное название этому интересному явлению — эффект пращи.

Надо заметить, что начиная с последней четверти прошлого века астрономические наблюдения в целом приобрели выраженный всеволновой характер. Ученые стали уверенно работать в самых разных диапазонах электромагнитного спектра, что тут же позволило открыть много уникальнейших космических объектов и в том числе системы с белыми карликами и нейтронными звездами, от которых часто исходят потоки мощного рентгеновского излучения. Почему именно рентгеновского? В свое время это замечательно пояснил известный советский физик Владлен Барашенков:

«Когда вы идете за небольшими покупками, то удобнее иметь при себе мелкие купюры. Когда же нужно иметь при себе большую сумму, то лучше воспользоваться наиболее крупными купюрами, чтобы не носить чемодан вместо кошелька. Точно так же, когда есть много энергии, тело нагрето до высокой температуры, то энергию удобнее излучать более энергичными квантами. Именно поэтому при нагревании кусок металла становится из красного белым, а голубые звезды гораздо горячее желтых. Поэтому более горячий газ излучает волны с большей частотой, а следовательно, с меньшей длиной волны. Каждый рентгеновский квант энергии в тысячи раз весомее кванта видимого света, в миллиарды раз превосходя радиоквант, и при падении вещества на нейтронную звезду или звездный коллапсар мы регистрируем именно рентгеновское излучение».

В течение долгого времени астрофизики не могли понять природу особого класса симбиотических звезд. Часть спектральных данных свидетельствовала о высокой температуре, а часть — о довольно низкой (по звездным меркам). Впоследствии выяснилось, что высокотемпературную часть определяет

▲ Рентгеновские звездные источники

Вначале астрономы рассматривали эволюцию одиночных звезд, но впоследствии выяснилось, что большинство светил составляет двойные и кратные системы, а это существенная особенность звездообразования. Электронное моделирование и компьютерные расчеты показывают, что при образовании звезд чаще всего формируются двойные системы. Необходимость учета двойных звезд в эволюции светил стала ясна после открытия первых двойных рентгеновских источников и пульсаров нейтронных звезд.

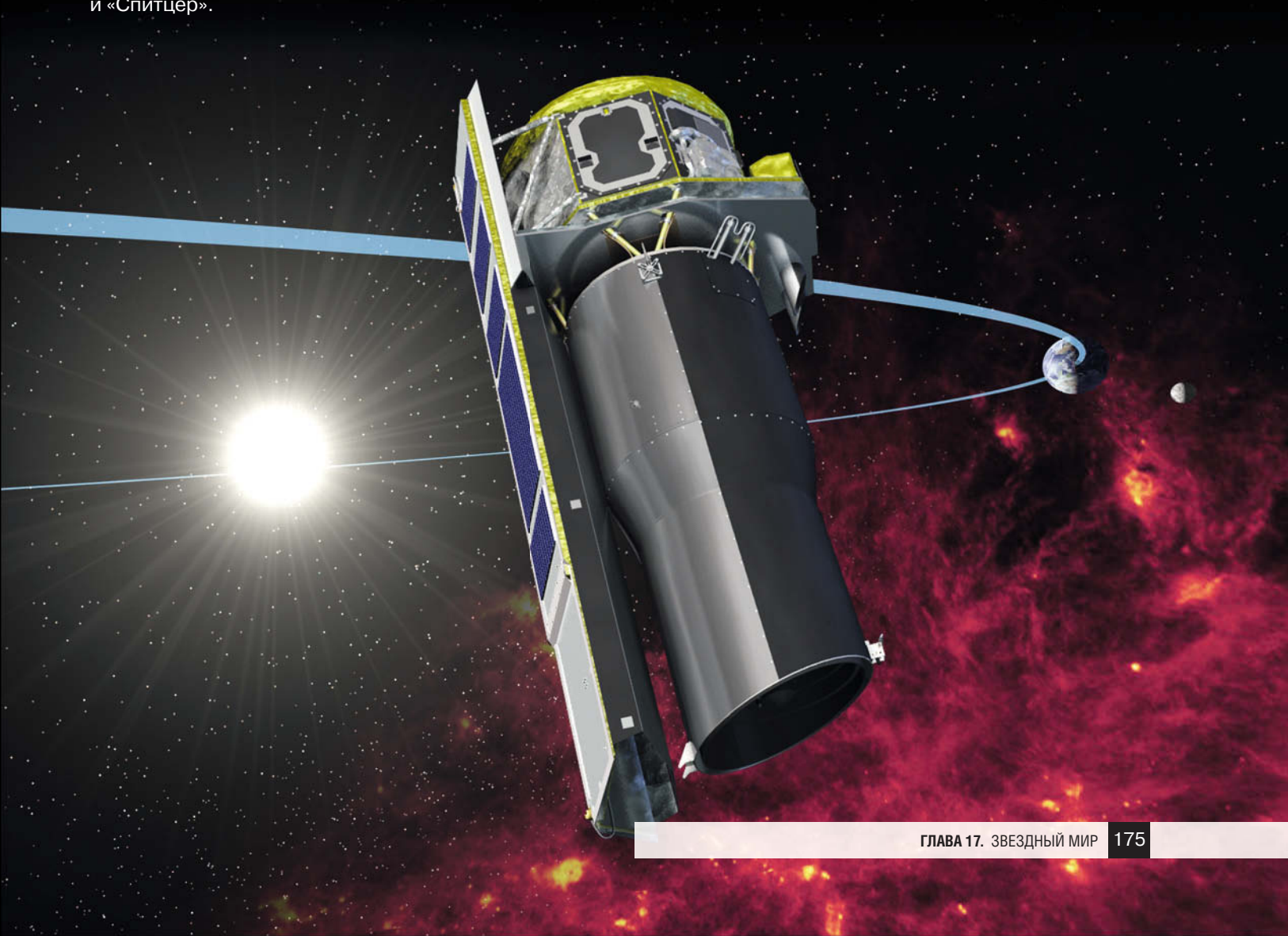
излучение белого карлика, а низкотемпературную — красного гиганта.

Много еще секретов хранят тесные двойные звездные системы. Пока ученые так и не нашли парные звездные системы, состоящие из черных дыр и радиопульсаров нейтронных звезд. Их существование следует из более-менее подтвержденного наличия других необычайных кратных систем, состоящих из компактных компонентов в виде нейтронных звезд. Это очень важные объекты в природе, поэтому за их открытие и исследование была присуждена Нобелевская премия по физике. Именно в таких звездных системах ученые надеются найти подтверждение для многих достаточно тонких эффектов современной физики, астрофизики и космологии — науки о Вселенной в целом. В частности, многие положения знаменитой теории относительности и теории тяготения Эйнштейна предполагается проверить с помощью радиопульсаров, используемых в качестве сверхточных часов. Поскольку при вращении подобных массивных объектов с высочайшей скоростью, превышающей одну десятую скорости света, да еще и в мощнейшем гравитационном поле звезды-партнера, должен наблюдаться целый ряд так называемых релятивистских эффектов, предсказываемых теорией относительности. Кроме этого, звездные системы из нейтронных звезд могут иметь самое прямое отношение к источникам загадочных гамма-всплесков, возможно, образующихся при катастрофическом слиянии компонентов тесной звездной пары.

Исследование слияния компактных двойных объектов требует высочайшего искусства и сверхсложной аппаратуры, ведь для удовлетворительной регистрации слабейшего сигнала на фоне разноголосого космического шума необходимо иметь четкое

▾ Космическая рентгеновская лаборатория «Спитцер»
(художественная реконструкция)

Изучение звездных систем вышло на совершенно новый уровень после начала наблюдений в диапазоне рентгеновского излучения. Первым отправился на орбиту спутник-лаборатория «Ухуру». С помощью нескольких детекторов рентгеновских лучей, установленных на этом аппарате, было открыто много двойных рентгеновских пульсаров. Исследования продолжили уникальные космические обсерватории «Чандра» и «Спитцер».



представление о форме исходного сигнала. Поэтому астрофизики прилагают много усилий к расчетам довольно непростых релятивистских эффектов теории относительности. Сегодня преодолеть математические трудности ученым позволяют вычисления по специальным приближенным алгоритмам, вводимым в сверхмощные компьютеры. В результате часто получаются модели, вполне удовлетворительно описывающие реальность этих звездных катаклизмов. Астрономы надеются, что через некоторое время они смогут еще до регистрации оригинального сигнала рассчитывать его форму с достаточно высокой точностью путем компьютерного моделирования.

После запуска нескольких поколений космических рентгеновских лабораторий ученые наконец разобрались, почему наблюдаются двойные рентгеновские источники. С их помощью они выяснили, что рентгеновские пульсары представляют собой не что иное, как очень тесные двойные системы из нейтронных и обычных звезд. При этом выброс вещества обычной звезды на нейтронную порождает импульс высокоэнергетического рентгеновского излучения. Причем такое излучение обладает строгой периодичностью от микросекунд до минут.

Сама история обнаружения гамма-всплесков весьма любопытна, ведь впервые их зарегистрировали в 1960-е годы военные спутники, предназначенные для отслеживания подземных, наземных и воздушных ядерных испытаний. Чувствительность этих орбитальных аппаратов была столь высока, что они

▲ Рентгеновский барстер, маломассивный двойной рентгеновский источник

В зависимости от состава звездных систем с нейтронными звездами в них могут содержаться рентгеновские пульсары, вспыхивающие барстеры и маломассивные двойные рентгеновские источники. Причем последние способны возникать и в системах с белыми карликами. В этом случае при большом количестве вещества оно может выбрасываться из системы в виде нескольких струй, представляя собой феерическое зрелище.

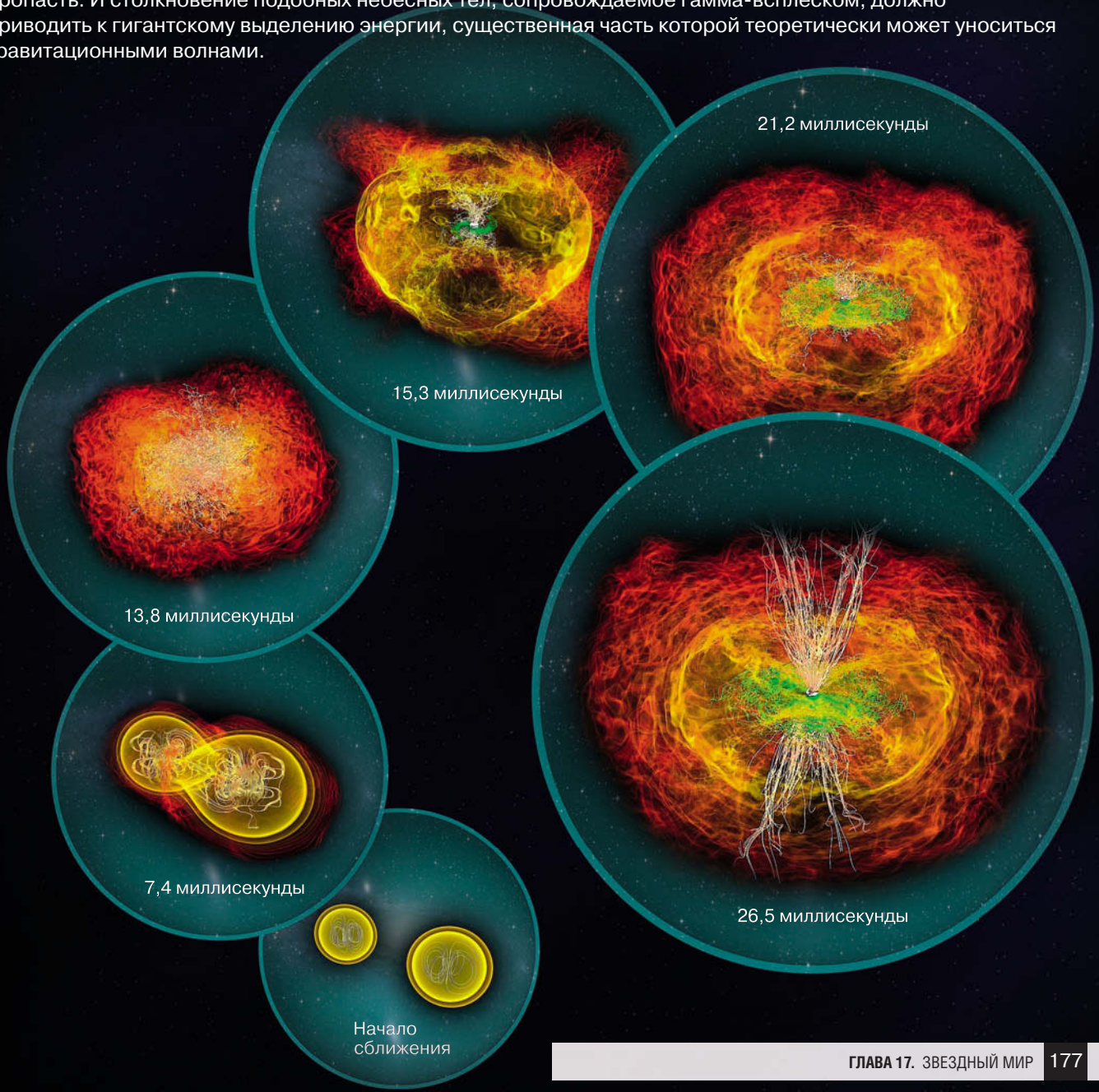
вполне могли бы зарегистрировать такие взрывы не только на Земле и Луне, но и на иных планетах Солнечной системы. Когда короткие всплески гамма-излучения были зафиксированы и расшифрованы, они поставили в тупик военных аналитиков, ведь их источники располагались в открытом космосе и шли из таких мест, где не наблюдалось никаких космических тел или иных объектов.

В течение долгого времени астрономам не удавалось зафиксировать соответствующие вспышки в оптическом диапазоне спектра и таинственные источники гамма-импульсов оставались любопытнейшим научным парадоксом. При этом астрофизиков интриговали аномально широкие координаты положения источников всплеска в гамма-диапазоне, доходившие до нескольких градусов. Ведь в такие обширные области небесной сферы попадали десятки тысяч звезд и других космических объектов.

Какие только модели не предлагали для объяснения таинственных гамма-всплесков! Они включали в себя и некие небесные тела Солнечной системы, и нейтронные звезды в ядре Млечного Пути, и первичные черные дыры, образовавшиеся свыше 10 млрд лет назад, и сверхмощные галактические взрывы, и ядерные реакции неизвестной природы, и даже следы «космических войн» между далекими инопланетными цивилизациями. И лишь уже на исходе прошлого века одной из космических обсерваторий удалось надежно зарегистрировать свечение гамма-всплеска в диапазоне рентгеновских лучей.

▾ Стадии столкновения нейтронных звезд (художественная реконструкция)

Нейтронная звезда представляет собой очень глубокую гравитационную яму, можно сказать, настоящую пропасть. И столкновение подобных небесных тел, сопровождаемое гамма-всплеском, должно приводить к гигантскому выделению энергии, существенная часть которой теоретически может уноситься гравитационными волнами.



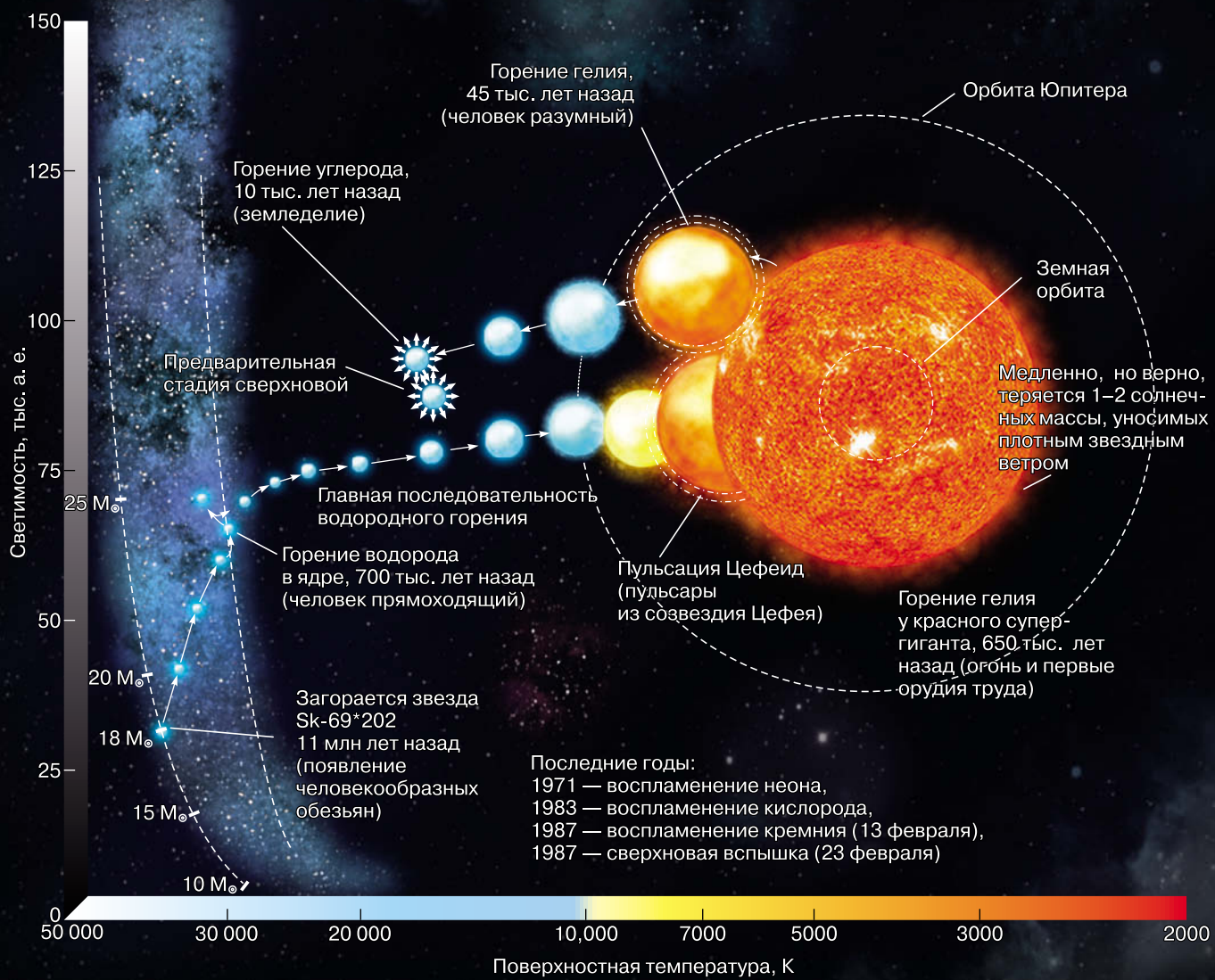
Благодаря возможности определять с более высокой точностью координаты рентгеновских источников по сравнению с гамма-излучением наконец-то удалось зафиксировать свечение и в оптической части диапазона наблюдений. Уже в нашем столетии новое поколение орбитальных обсерваторий составили из мозаики фотографий изображение таинственного гамма-всплеска в оптическом диапазоне! Научный мир был поражен, ведь оказалось, что эти загадочные взрывы происходят где-то в очень далеких галактиках. И при этом взрывная энергия гамма-импульса достигает совершенно фантастических величин порядка 10^{48} Дж. Такое трудновообразимое значение энергетического потока поставило сложную задачу создания модели механизма мгновенного выделения этого фантастического количества энергии перед физиками-теоретиками, занимающимися астрофизическими проблемами. Чаще всего рассматриваются гипотезы сливающихся компактных объектов и гипернового взрыва массивной звезды.

▲ Планета тесной звездной пары

У многократных звездных систем вполне могут существовать многочисленные планеты, однако на них вряд ли может возникнуть жизнь, как часто описывается в научно-фантастических романах. Дело в том, что для появления жизни, не говоря уже о ее венце — разуме, необходимы достаточно стабильные условия природной среды, а потому нужно, чтобы расстояние от планеты до источника света и тепла менялось в относительно небольших пределах. Кроме того, и сами по себе звезды должны обеспечивать достаточно высокоэнергетичный поток. Ну а все эти условия очень редко имеются в близких двойных системах.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

В конце прошлого столетия астрономы открыли необычный класс двойных звезд, сросшихся своими атмосферами. Такое странное образование назвали контактной системой двойной звезды. Наверное, вблизи подобные системы представляют собой просто незабываемое зрелище. Представим себя на одной из гипотетических планет контактной звездной системы красного гиганта и белого карлика и насладимся зрелищем восхода. Сначала из-за горизонта покажется ярко-алый край гигантского светила и от окружающих скал побегут багрово-черные тени, сливаясь с бурыми выжженными породами базальтов и силикатов. Затем, взобравшись на небосвод, красный гигант начинает вытаскивать за собой блистающий хвост плазмы и звездного вещества, и наконец над горизонтом появляется ослепительно белый кружок карлика. Вокруг меньшего звездного партнера сияет бело-красный ореол, рассыпающийся брызгами гигантских сгустков смешивающейся плазмы из атмосфер двух звезд, а вблизи поверхности карликовой звезды зловеще набухает пояс избыточной оболочки, готовый в любое мгновение сорваться вниз и обрушившейся массой породить чудовищную реакцию нового взрыва…



▲ **Звездный жизненный цикл на фоне земной эволюции**

Глава 18
Вспышка сверхновой

«Мы теперь знаем, что небо может быть неистовым и что повсюду в нем разыгрываются акты неимоверной энергетической мощи, что время от времени можно наблюдать невооруженным глазом такое событие, как взрыв звезды, и это событие может оказаться совсем небезопасным для нас здесь, на Земле».

А. Азимов. Взрывающиеся солнца

▲ **Остатки взрыва Сверхновой 1054 в Крабовидной туманности**

Вспышка сверхновой в 1054 году была, судя по историческим летописям, грандиозным астрономическим явлением, во время которого на дневном небе загорелась звезда. Это событие породило Крабовидную туманность. В центре ее сегодня расположена нейтронная звезда, подсвечивающая голубоватым светом окружающий газ, внешние волокна которого состоят из водорода и гелия, входивших во взорвавшуюся массивную звезду.

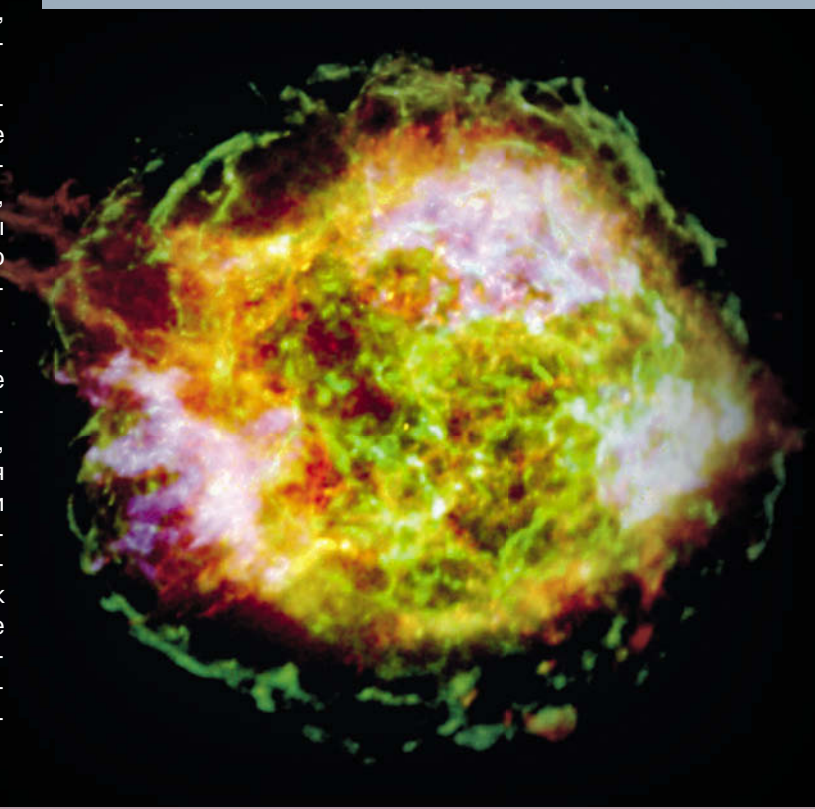
Астрофизики утверждают, что в среднем каждые два-три десятка лет любую колоссальную звездную систему — галактику — заполняют волны чудовищной вспышки. О самих галактиках мы поговорим позже, а сейчас остановим наш мысленный взор на этом одном из самых катастрофических вселенских явлений, известных современной науке. Речь идет о том, что астрономы называют взрывной вспышкой сверхновой звезды. Это действительно грандиозный с любой точки зрения космический катаклизм, ведь в максимуме своего блеска сверхновая легко может затмить остальные сотни миллиардов галактических светил. Во время этого поражающего воображение явления всего лишь за несколько секунд может выделиться энергия, в сотни раз превышающая энергию, высвеченную Солнцем за все миллиарды лет его существования!

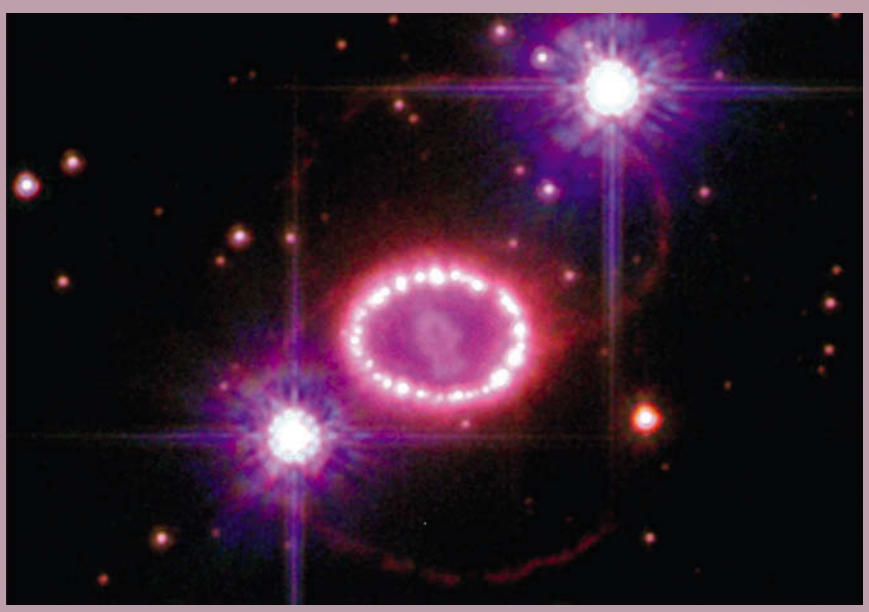
В земной письменной истории первые упоминания о новой звезде, загоревшейся на дневном небе в 1006 году, можно встретить прежде всего в записях китайских и японских звездочетов и, кроме того, в Западной Европе и арабском мире. Фрагменты дошедших до нас хроник свидетельствуют, что это необычное светило было огромной яркости и существовало в течение нескольких лет.

Китайские источники наиболее подробны и точны: они не только описывали точное положение сверхновой, но и вели хронику ее появления в течение трех лет. Новая звезда наблюдалась и в Японии, где ее прозвали звездой-гостьей после появления 1 мая 1006 года. Китайские звездочеты описывали ее как «большой блистающий золотой диск» и «золотистую половину Луны с расходящимися в стороны лучами», замечая, что «в ночное время она так ярка, что в ее свете все прекрасно видно». Японские придворные записи содержат прямую оценку яркости, показывая, что звезда-гостья произвела глубокое впечатление на императорский двор, став совершенно необыкновенным зрелищем.

▾ Туманные остатки Сверхновой 1006

Согласно китайским и японским источникам, сверхновая 1006 года наблюдалась ранней осенью, пока не приблизилась к Солнцу. Вновь она появилась на небосводе уже поздней осенью и скрылась в вечерней заре. Возможно, она была видима на рассвете в конце 1007 года или начале 1008-го и после очередного соединения с Солнцем в конце 1008 года. Вероятно, она все еще была видна и в начале 1009 года.





◂ Оболочка сверхнового взрыва 1181 года

Арабские упоминания о новой звезде сохранились в летописях Египта, Ирака, Северной Африки и Испании. В арабском мире наблюдения сверхновой начались 30 апреля 1181 года, позже их продолжили звездочеты Китая. Датой ухода с небосклона новой звезды арабские рукописи называют 1 сентября 1181 года, что на несколько недель раньше аналогичного события, зафиксированного в Японии.

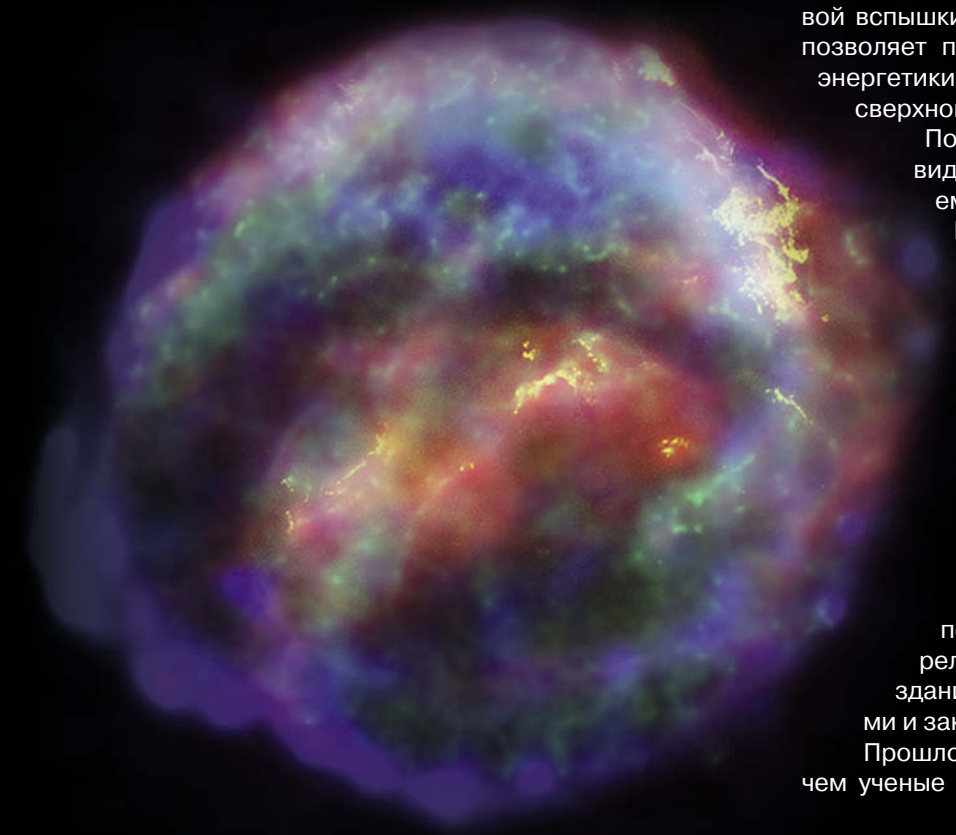
▲ Остатки сверхновых вспышек

Европейские наблюдатели из швейцарских и итальянских монастырей рассказывают в своих хроникальных записях о новой звезде (что она была видна целых три месяца подряд, а потом наблюдения прервались из-за облачности). Некоторые летописцы, не находя нужных слов для описания яркого небесного объекта 1006 года, ошибочно называют ее часто исчезающей новой кометой (скрывалась за северным горизонтом), что и позволяет определить положение сверхновой по ее склонению (астрономической экваториальной координате, измеряемой величиной дуги от небесного экватора до данного светила на небе).

Надо сказать, что знаменитая Крабовидная туманность хорошо известна еще по оптическим наблюдениям с начала XVIII века, но то, что она остаток сверхновой восточной звезды-гостьи 1054 года, стало более-менее очевидным только в 1920-х годах. Китайские и японские летописцы едины в том, что звезда-гостья находилась где-то в созвездии Тельца. К сожалению, нет никаких упоминаний о ее движении, так что, похоже, сверхновая не меняла своего положения на протяжении всего периода наблюдений. Отмечая, что вначале она почти месяц была хорошо видна днем, китайские звездочеты сравнивали ее по яркости с Венерой, а японские — с Юпитером.

Согласно дошедшим до нас китайским астрономическим записям, новое светило было впервые замечено 6 августа 1280 года и наблюдалось в течение 185 дней, в них также есть важная информация о расположении звезды. Японские записи из многих источников сводятся в обзоре 1230 года, включающем также данные о звездах-гостях 1006 и 1054 года. Другие источники информации об этой сверхновой — японские хроники, хотя в отличие от китайских в них нет точных данных о времени ее свечения и лишь отмечается, что звезда-гостья была видна еще в течение нескольких месяцев после своего появления.

В Европе кроме монахов за сверхновым светилом вели наблюдения византийские звездочеты, оставившие несколько кратких записей о видимой в дневное время новой звезде. Скудность свидетельств о наблюдении сверхновой в Европе можно объяснить очередным периодом резкого похолодания, наступившего как раз в то время на Европейском континенте из-за изменения течения Гольфстрима. Подобная локальная перемена климата вызвала повсеместное появление густой облачности, сильно затруднившей астрономические наблюдения.



На противоположном берегу Атлантики в это время стояла сухая ясная погода, и новая звезда, вспыхнувшая очень близко к эклиптике (видимому пути Солнца на небе), была многократно изображена в наскальных рисунках аборигенов северо-запада Америки. Рядом с ней часто можно видеть полумесяц Луны или диск Солнца, что косвенно говорит о яркости сверхновой. Однако надо признать, что в отличие от европейских и восточных хроник датировка таких изображений крайне трудна и до сих пор неточна, хотя в целом изображения относительного положения сверхновой звезды выглядят достаточно правдиво. Ведь даже при условии, что данные пиктограммы связаны с реальными астрономическими событиями, они оставляют большой простор для всяческих догадок, например о близких прохождениях Луны рядом с Венерой.

И лишь в начале 1940-х годов после дополнительного изучения китайских и японских манускриптов нидерландские астрономы и синологи в совместной работе окончательно отождествили Крабовидную туманность с остатками сверхновой вспышки 1054 года. С астрофизической точки зрения Крабовидная туманность — очень интересный объект, представляющий собой один из остатков сверхновой вспышки, в котором наблюдается пульсар. Это позволяет проводить очень важные исследования энергетики и структуры всего того, что осталось от сверхновой.

По своему «взрывному» строению Крабовидная туманность — прототип так называемых заполненных остатков сверхновых. Причем в начале 1960-х годов было обнаружено радиоизлучение этой туманности, а спустя несколько лет — ее излучение в рентгеновском диапазоне. Главным открытием стало обнаружение в 1968 году центрального пульсара, что вызвало большой интерес у астрофизиков во всем мире.

Одним из первых сияющую новую звезду в созвездии Кассиопеи, сравнимую по яркости с Юпитером, открыл астроном эпохи Возрождения Тихо Браге. Вместе с теорией Коперника это послужило весомым аргументом против религиозно-мистической картины мироздания с ее вечными и неизменными небесами и закрепленными на них звездами.

Прошло не менее четырех столетий, прежде чем ученые поняли, что ярко загорающиеся на не-

▲ Сверхновая Тихо Браге

Колоссальный космический катаклизм, который наблюдал знаменитый датский астроном Тихо Браге в 1572 году, сохранил след в виде циклопического облака кремния, железа и прочих тяжелых элементов, светящихся в рентгеновском диапазоне зелеными и красными цветами. Сегодня ударная волна от этого циклопического взрыва продолжает мчаться в пространство со скоростью свыше 7,5 тыс. км/с.

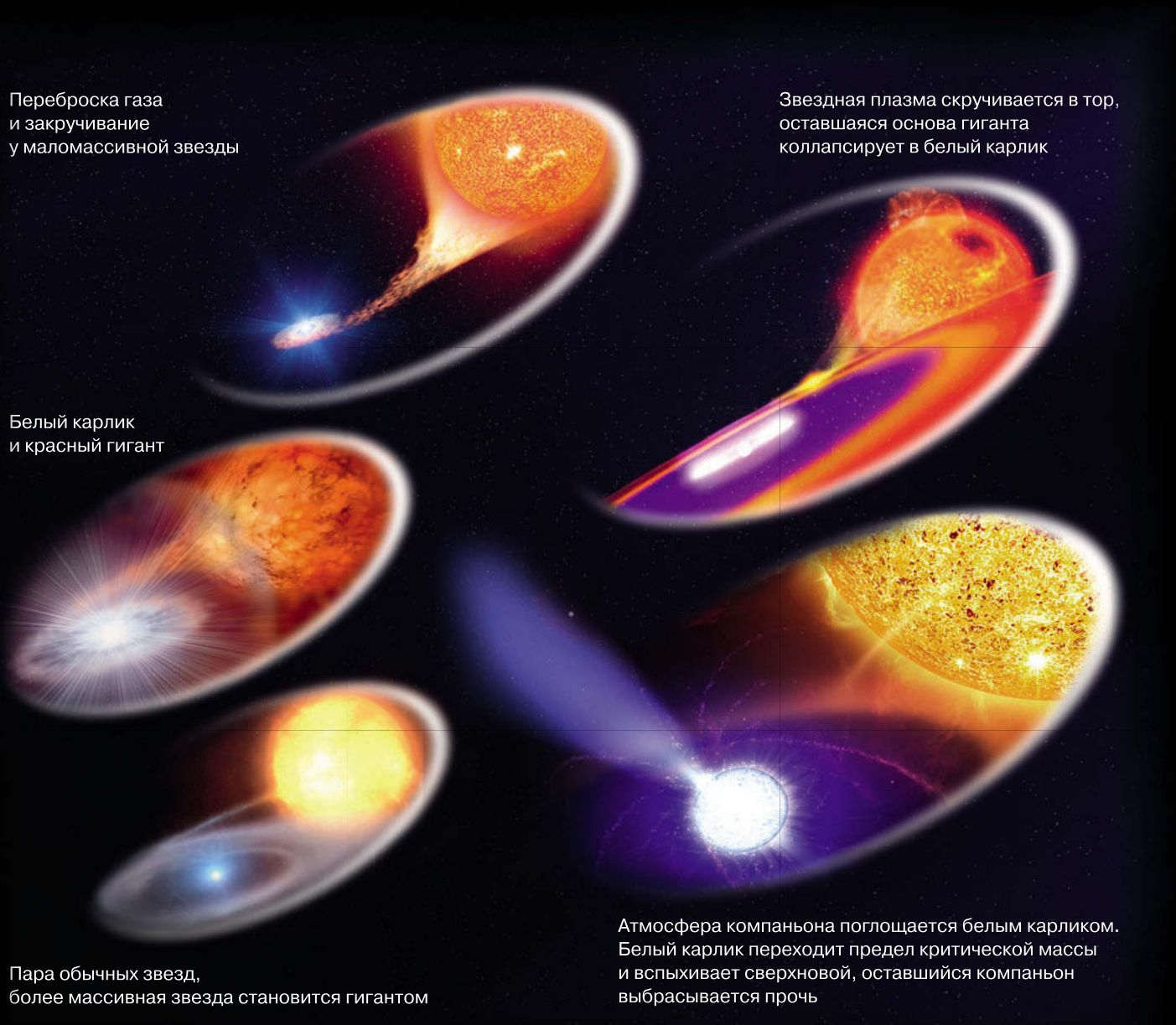
босводе звезды являют собой отголоски колоссальных взрывов в конце своей эволюции. Сам термин «сверхновые звезды» распространился лишь в конце 1930-х годов. Именно тогда появились первые догадки о том, что сверхновые вспышки играют важнейшую роль на космических просторах, снабжая межзвездную среду тяжелыми элементами.

Достоверно известно, что в нашей галактике Млечный Путь достаточно близко прогремели в свое время три сверхновых взрыва.

Первый связывают со знаменитой Крабовидной туманностью, отражающей вспышку 1054 года. Вторую сверхновую наблюдал в 1572 году Тихо Браге, а третью в 1604 году Иоганн Кеплер.

К глубочайшему сожалению, эти близкие и прекрасно наблюдаемые сверхновые вспыхнули еще до появления телескопов.

Одна из сравнительно близких вспышек сверхновых произошла в 1885 году в туманности Андромеды. Несмотря на удаленность, в максимуме своего сияния



▲ Модель взрыва сверхновой

Когда термоядерное топливо истощается, недра звезды начинают охлаждаться и не могут противостоять гравитационному сжатию. Звездное вещество стремительно падает к центру, коллапсируя и порождая сверхновую вспышку. Сверхновая звезда может засиять ярче миллиардов обычных светил и выделить столько же энергии, сколько Солнце излучает за миллиарды лет. При этом цепная ядерная реакция, распространяясь из глубины наружу, превращает углерод и кислород в кремний и железо.

◂ Пустая оболочка сверхновой

Большая часть взрывов сверхновых происходит без остатка. Астрономы называют их сверхновыми первого типа. Вероятно, сверхновые 1572 и 1604 года принадлежали именно к первому типу. На их месте мы не видим сейчас ни пульсара, ни черной дыры — звезды разнесло без остатка.

▾ Маленькие горячие белые карлики шарового скопления

Мы уже знаем, что белые карлики представляют собой малоактивные остатки остывающих и затухающих звезд, похожих на Солнце. Внутри них уже остановились термоядерные реакции, поэтому они будут продолжать остывать как обычные незвездные небесные тела типа коричневых карликов. Однако тут возможен и иной сценарий событий, ведь если белый карлик входит в тесную звездную систему, вращаясь вокруг своего звездного партнера на достаточно близком расстоянии, то он вполне может заняться каннибализмом, начав поглощать плазму своего компаньона. При этом масса белого карлика будет естественным образом расти, а вместе с тем будут увеличиваться центральная плотность и температура, доходя до некоторого критического предела, за которым последует сверхновая вспышка.

эта сверхновая даже была видна невооруженным глазом. Телескопы тогда уже имелись, но уровень наблюдательных средств был в целом еще низок.

Достаточно сказать, что в те времена еще не знали, что туманность Андромеды представляет собой соседнюю галактику, отделенную от Млечного Пути колоссальным расстоянием. Поэтому сам факт, что на Земле наблюдается звезда из туманности Андромеды, прошел мимо внимания астрономов того времени.

Сегодня астрономы ежегодно фиксируют около двух десятков сверхновых взрывов. Но, к их сожалению, все эти катаклизмы принадлежат далеким галактикам и плохо видны даже с помощью самых современных телескопов.

В 1980-х годах после создания основ квантовой физики и открытия нейтрона астрономы, вооружившись новыми знаниями, стали интенсивно исследовать эволюцию звездных объектов. При этом они открыли возможность формирования из «обычных» звезд удивительных небесных тел, названных белыми карликами и нейтронными звездами, о которых мы уже знаем. Впрочем, давайте еще раз пройдемся по основным вехам нашего рассказа. Итак, при изучении строения звезд было установлено, что они по своей сути являются колоссальными газовыми шарами, в которых непрерывно выделяется энергия при слиянии атомов водорода с образованием атомов гелия. Естественно, что тут же астрофизики перешли к вопросу о том, что же будет со светилом при выгорании его звездного топлива.

Известный британский астрофизик Артур Эддингтон в 1930-х годах предложил модель, описывающую внутреннее строение звезды. Главный вывод Эддингтона состоял в том, что эволюцию звезд в каждый момент определяет баланс равновесия между сжимающими звездное тело силами гравитации и противоположно направленным внутренним давлением, создаваемым горячей плазмой и излучением, образующимся в его ядре. Модель британского астрофизика предсказывала, что звезда представляет собой газовый шар с очень высокой температурой в центре, достигающей десятков миллионов градусов и достаточной для горения реакций термоядерного синтеза.

Между прочим, современные Эддингтону физики считали, что он ошибается и температура в ядрах

▲ **След сверхновой со многими оболочками**

звезд явно недостаточна для зажигания термоядерной реакции.

На основе построений Эддингтона свой сценарий звездной эволюции разработал индийский физик Субраманьян Чандрасекар, который в 1930-х годах высказал мнение, что звезды с околосолнечной массой в конце своего эволюционного пути образуют особый класс белых карликов, по размерам уступающих даже земному шару. Материя этих светил настолько плотна, что атомы остались без своих электронных оболочек, а сами электроны образовали так называемый вырожденный электронный газ, который и сдерживает силы внутреннего гравитационного сжатия. А вот более тяжелые звезды должны под действием чудовищного тяготения сжиматься и сжиматься. Но где же лежит предел этого непрекращающегося процесса? После открытия еще одной ядерной частицы — нейтрона — ответ пришел сам собой: гигантское гравитационное давление должно порождать невероятно плотные нейтронные звезды. Всего лишь один сантиметровый кубик нейтронной материи должен весить около миллиарда тонн, и даже пылинка потянула бы на сотни килограммов. После открытия нейтронных звезд «на кончике пера» астрономы выдвинули гипотезу, что загадочные сверхновые взрывы представляют собой результат катастрофического сжатия ядер массивных звезд.

Течение термоядерных реакций в чем-то похоже на обычный процесс горения. Поэтому и термоядерный фронт горения можно представить себе как «пожар», распространяющийся через тело звезды и оставляющий за собой шлейф ядерного пепла, состоящего из тяжелых элементов. Из данной простой модели видно, что реакции термоядерного синтеза должны идти в сравнительно небольшом объеме тонких поверхностных слоев, охватывающих полости, заполненные ядерным пеплом в глубине белого карлика. Можно предположить, что, обладая низкой плотностью, подобные «шлаковые пузыри» станут подниматься к звездной поверхности, однако термоядерные реакции будут постепенно затухать вместе с расширением и охлаждением светила.

Чтобы понять, что же взрывается с таким шумом во Вселенной, вспомним уже известные нам факты из жизни звезд. Так, звезды, значительно превосходящие по массе Солнце, и горят значительно быстрее,

▲ Колоссальные выбросы сверхнового взрыва

Это ударная волна, выбросы которой расходятся от нейтронного остатка со скоростью, достигающей 1000 км/с. Чтобы сообщить им такую энергию, взрыв должен быть несимметричным, как выхлоп ракеты.

приходя в состояние, когда практически весь водород в центральной области прогорает и превращается в гелий. При этом поток энергии, исходящей из звездного ядра и прилегающих слоев, резко падает, переставая компенсировать силы гравитационного сжатия, а тело звезды, естественно, начинает сжиматься все быстрее и быстрее. На определенном этапе такого сжатия температура повышается настолько, что загорается гелий. Начинается термоядерная реакция, в процессе которой образуются ядра углерода при слиянии трех ядер гелия. Новый поток ядерной энергии от центра на периферию снова воссоздает баланс сил гравитации и стабилизирует звезду. Наконец гелий тоже прогорает — и в звездном ядре образуется область, наполненная углеродным пеплом. Теперь для дальнейшей судьбы звезды определяющее значение будет иметь ее масса.

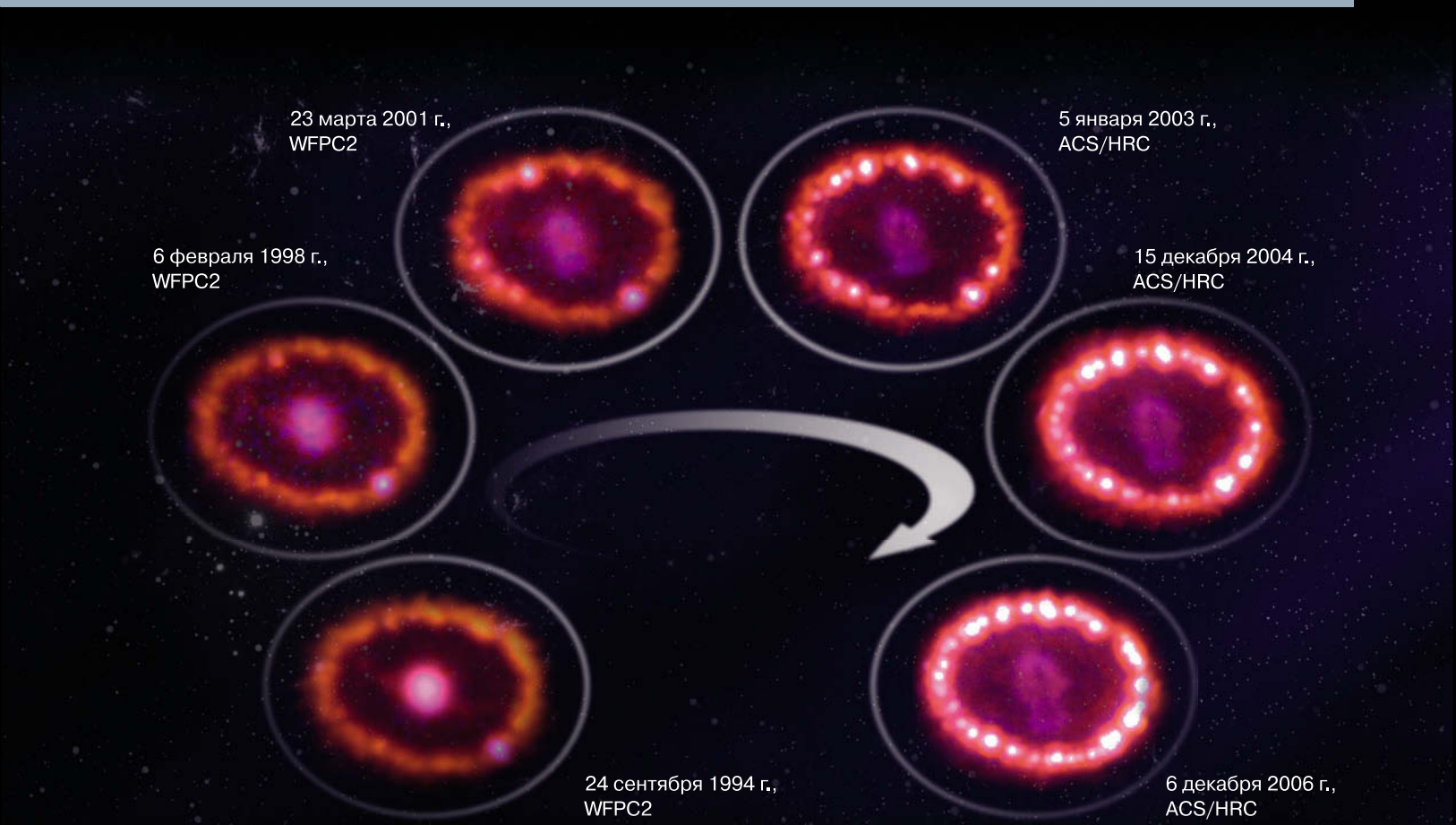
У маломассивных звезд сжатие останавливается на этапе, когда ядро, наполненное углеродом от предыдущих термоядерных реакций, переходит в особый «конденсат» квазижидкого состояния. В результате образуется квазижидкий кристаллоид алмазоподобного типа, имеющий структуру плотно упакованных ядер углерода, сцементированных электронами. Этот гигантский квазикристалл «жидкого алмаза» вполне способен противостоять силам гравитационного сжатия так же успешно, как это происходит у обычных твердых карликовых планет.

Если же изначальная масса звезды более чем в пять раз превышает солнечную, то даже «сверхупакованный» углерод не может противостоять циклическим силам тяготения — и с повышением температуры загорается в следующем термоядерном цикле.

Итак, можно сделать вывод, что температура термобарического равновесия, как говорят астрофизики, вместе со скоростью термоядерного синтеза напрямую зависит от звездной массы. К примеру, наше светило горит очень ровно и, можно сказать, даже как-то вяло, поскольку в килограмме солнечной мас-

▾ Ярчайшая сверхновая

Из всех наблюдавшихся в современную эпоху сверхновых взрывов звезд наиболее впечатляющий был зафиксирован космическим телескопом «Хаббл» несколько лет назад. На полученном изображении хорошо видно, как ударная взрывная волна сталкивается со скоплениями материи, причем центральный остаток вспышки также продолжает стремительно расширяться. Астрономы считают, что этот чудовищный взрыв с коллапсом звездного ядра и последующей детонацией крупнейшего светила, в десятки раз превышающего по массе Солнце, произошел где-то 170 тыс. лет назад.

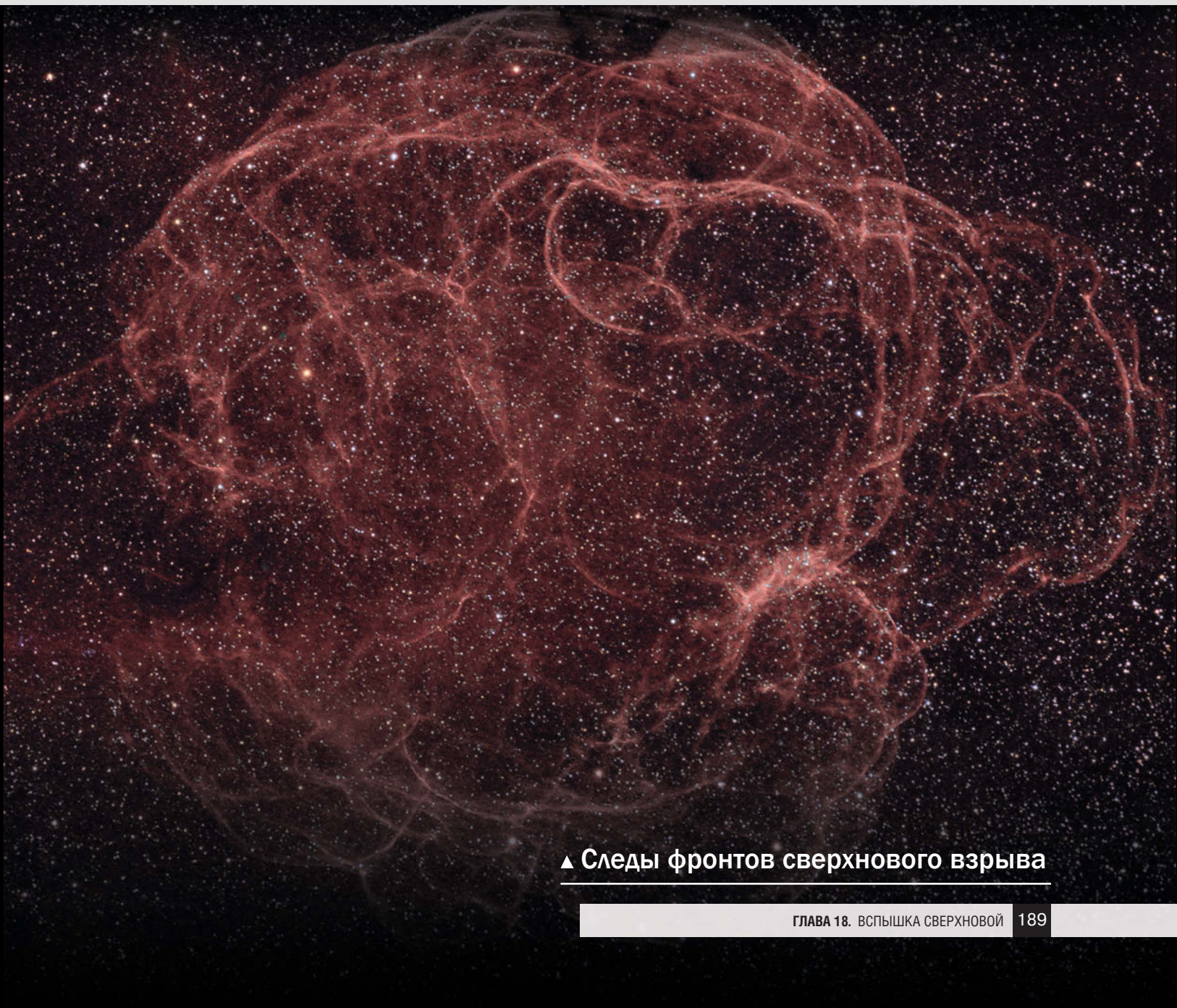


сы за час горения выделяется энергия где-то на уровне одной сотой калории. Это существенно меньше даже плотности энергии при горении обычной спички, но и большое счастье для всех живущих на Земле, поскольку именно такое неспешное и очень ровное горение и дает возможность нашему светилу сохранять постоянную светимость в течение миллиардов лет его существования.

Рекордную по силе вспышку сверхновой астрономы наблюдали на расстоянии сотен миллионов световых лет, причем она сохранялась намного дольше, чем все известные сверхновые. Астрофизики считают, что здесь они столкнулись с каким-то необычным механизмом вспышки, например у такой массивной звезды причиной взрыва могло бы быть образование аннигилирующих (взаимно уничтожающихся с выделением энергии) частиц и античастиц. В этом случае на месте сверхновой должна остаться только совершенно пустая оболочка взорвавшейся звезды.

Продуктом термоядерного горения углерода является железо и прочие элементы, соседние в таблице Менделеева. Дальнейший процесс термоядерного синтеза более тяжелых элементов энергетически маловыгоден и прекращается. Но если масса стареющей звезды составляет не менее 12 солнечных, то горение может приобрести взрывной характер. Тогда весь оставшийся углерод буквально за несколько секунд обратится в железо с образованием ряда тяжелых и даже близких к трансурановым элементов. В таком чудовищном термоядерном катаклизме новой вспышки звезда просто разлетается в разные стороны.

В самом начале астрофизики предполагали, что энергию сверхновому взрыву дает гравитационное сжатие звезды, пока центральная область не приблизится к плотности атомного ядра. И действительно, по расчетам, стремительно сжимающееся в гравитационном коллапсе вещество вполне может выделить сверхгигантскую потенциальную энергию, достаточную для взрывного выброса наружу внешней



▲ Следы фронтов сверхнового взрыва

▲ Далекий отклик сверхновой

Астрономы заметили, что некоторое время после сверхнового взрыва рядом со звездой на фотографиях появляются светлые точки. Эти объекты выглядят на три-четыре звездные величины слабее самой сверхновой, и астрофизики предположили, что это облака межзвездного газа, подсвеченные ультрафиолетовыми лучами от сверхновой вспышки. Свет взрыва достигает облака и, поглотившись, нагревает его до нескольких тысяч градусов, газ начинает светиться, являясь уникальным подтверждением наличия ультрафиолетовой составляющей.

оболочки сверхновой звезды. Позже появились модели сверхновых в виде гигантских ядерных бомб.

Когда солнцеподобная звезда сжигает все водородное топливо, а затем и гелиевое, реакция термоядерного синтеза переходит на кислород и углерод. Ядерные реакции с участием этих элементов не только выделяют гигантскую энергию, но и порождают радиоактивные изотопы, которые, распадаясь, обеспечивают длительное свечение остатков вспышки. В конечном итоге оба сценария сверхновой вспышки оказались близкими к реальным наблюдениям и астрофизики поделили все сверхновые на два типа.

И сегодня теория взрыва сверхновых звезд — одна из главных проблем теоретической астрофизики. Здесь трудно построить адекватные модели для их обсчета на мощных компьютерах. Это связано с устойчивостью звезд как саморегулирующихся физических систем, которые при всех своих бурных процессах умудряются остаться стабильными и светить многие миллиарды лет. Даже в конце своего жизненного пути звезды чаще всего тихо и медленно затухают, а не взрываются.

Компьютерные расчеты показывают, что вокруг ядра сверхновой звезды нейтрино нагревают плазму, создавая всплывающие в турбулентных потоках пузыри термоядерного пепла.

Сложность «взрывных» звездных сценариев настолько велика, что их модели трудно рассчитать даже с помощью самых современных суперкомпьютеров. Проверить подобные модельные построения нелегко, ведь астрофизики не могут исследовать сам процесс сверхновой вспышки в лаборатории — его можно наблюдать лишь в космических далях. Причем в схемах развития сверхновых катаклизмов должны еще обязательно учитываться атомная и ядерная физика, магнитогидродинамика и даже теория относительности.

Выдающийся популяризатор науки и фантаст Айзек Азимов как-то сравнил взрывные процессы при сверхновых вспышках с работой двигателя внутрен-

▲ Ударные волны плазмы и газа

него сгорания. В любом таком моторе происходит перемешивание воздуха с бензином, точнее — с кислородом, а их последующее воспламенение создает зоны турбулентности, увеличивающие площадь и скорость горения.

Вот так и бурлящая неистовым кипением плазма звезды вся скручена гигантскими водоворотами турбулентностей. Поэтому потоки плазмы распространяются в теле звезды с гигантской скоростью, а малейшие возмущения мгновенно образуют из спокойного течения бурный и закрученный поток. При этом в звездном объеме непрерывно всплывают исполинские горячие пузыри, перемешивающие вещество. Это настолько ускоряет процесс горения, что звездная структура просто не успевает перестроиться и затушить пламя термоядерного горения.

В настоящее время астрофизики создали много разных моделей взрывного термоядерного горения, при этом они часто используют оригинальные компьютерные модели, применяемые в исследованиях взрывного химического горения, турбулентностей атмосферы, формирования тайфунов и торнадо. При этом главная идея состоит в дроблении входящих потоков в турбулентном каскаде на мельчайшие фрагменты газовых полостей горячих пузырей, поднимающихся в неоднородной среде, насыщенной турбулентностями. В случае того же белого карлика турбулентное ускорение термоядерных реакций в мгновение ока может привести к полному разрушению тела звезды. А ее остатки стремительно разлетятся со скоростью в десятки тысяч километров за секунду, что в общем и соответствует наблюдаемой астрономами картине.

Среди белых пятен процессов сверхновой вспышки выделяется загадка ключевого момента воспламенения белого карлика. Кроме того, быстрое термоядерное горение должно сбрасывать в окружающее пространство вещество карлика большей частью неизмененным, а это полностью противоречит наблюдаемой картине разноса «звездного пепла».

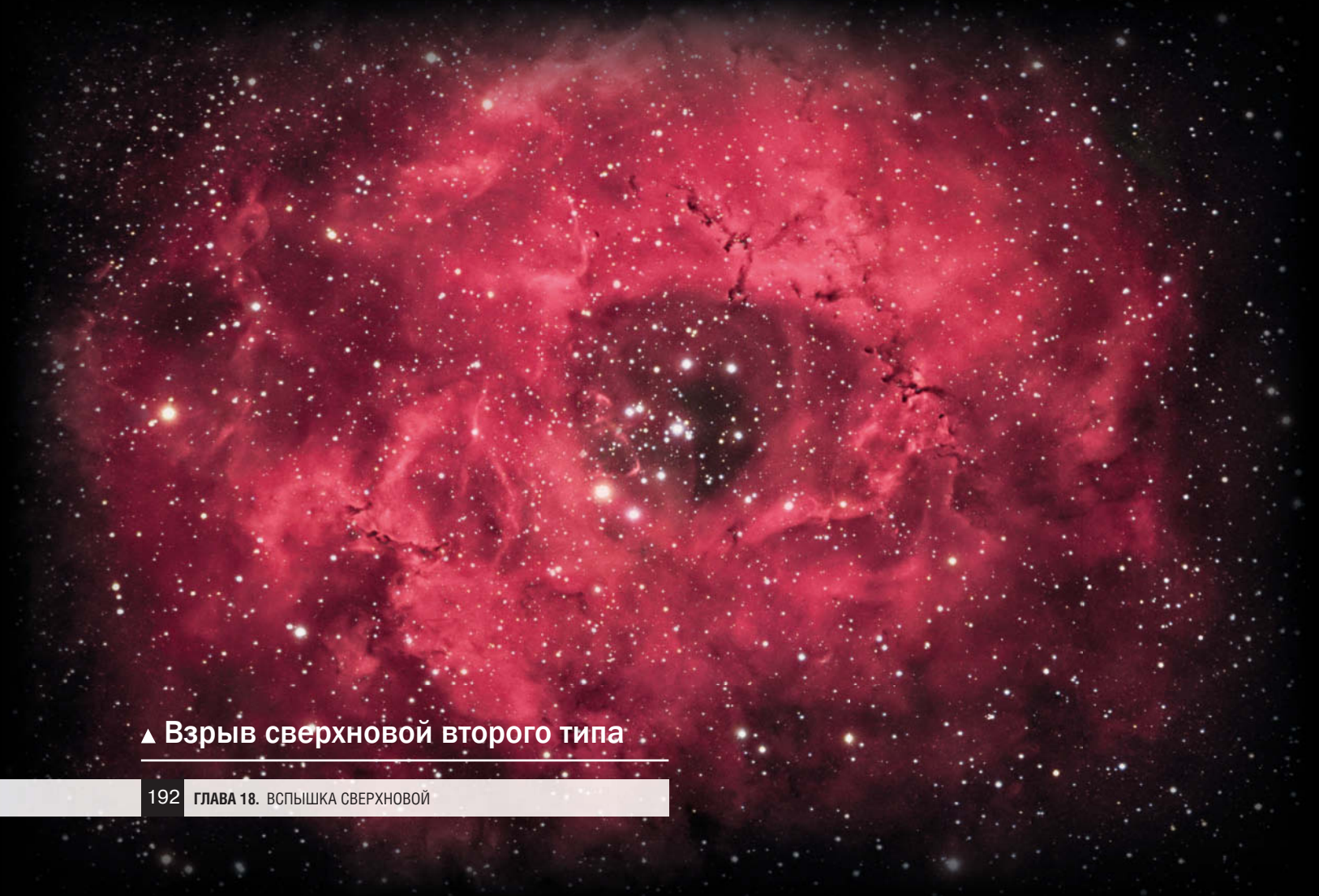
Получается, что взрывные процессы все же обусловлены не столько быстрым, сколько детонационным горением, при этом причиной сверхнового взрыва могут быть именно процессы слияния двух карликовых звезд. Получается модель, в которой конвекция вещества насыщает энергией ударные волны, распространяющиеся в радиальном направлении к поверхности, что и вызывает сверхновую вспышку.

Более детально это может выглядеть так: при замедлении взрывной волны пузыри раскаленной расширяющейся плазмы начинают сливаться в потоке относительно холодного звездного вещества. С течением времени возникает несколько колоссальных пузырей, плывущих в окружении нисходящего потока, именно это может объяснить асимметричность взрыва. К тому же в заторможенной ударной волне вполне способна возникнуть череда деформаций, и тогда коллапс выглядит как форма песочных часов. В дальнейшем возможны и дополнительные неустойчивости, когда ударные волны вырвутся наружу, проходя через неоднородные слои взрывающейся звезды. При этом возможно интенсивное перемешивание химических элементов, возникших на протяжении всей жизни звезд и мгновенно синтезированных во время вспышки.

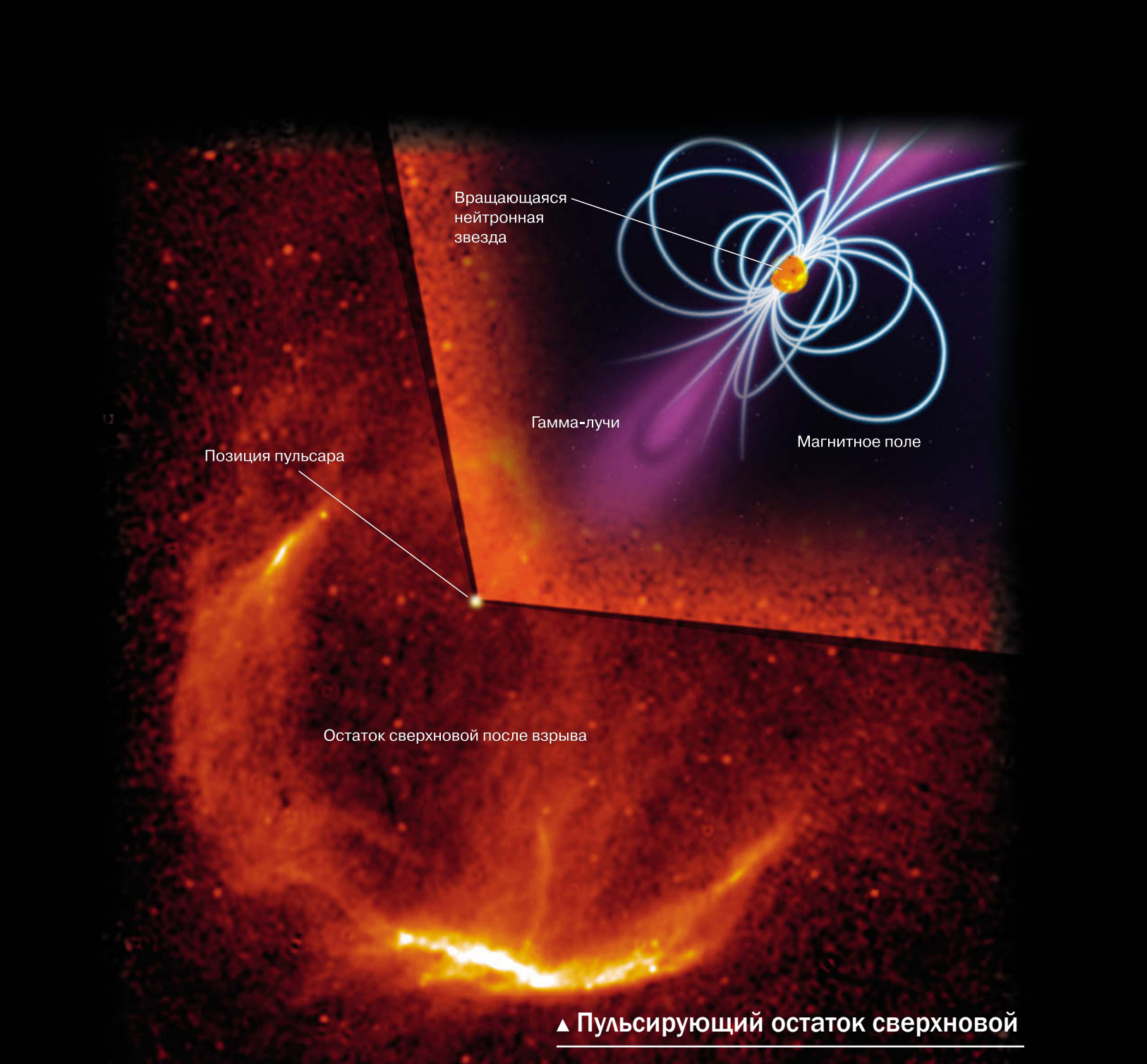
Сверхновую вспышку как результат коллапса единичного звездного ядра объяснить гораздо труднее. Наблюдения показывают, что такие сверхновые довольно разнообразны и одни из них насыщены водородом, а в других больше гелия; одни взрываются в центре плотных молекулярных облаков, другие — в почти пустой межзвездной среде; одни испускают гигантское количество радиоактивных металлов, а другие нет. В широких пределах варьируется и сама энергия выброса вместе со скоростью расширения взрывной оболочки. И на это все еще накладывается проблема природы продолжительных гамма-всплесков.

Таким образом, одиночные ядра сверхновых могут быть центрами синтеза самых тяжелых элементов в природе — и оттуда к нам попали атомы золота, свинца, тория и урана. Несмотря на свою простоту, модель гравитационного сжатия неясна в деталях, ведь у зрелых звезд с десятикратным превышением солнечной массы должна образовываться слоеная структура с увеличением доли тяжелых элементов на глубине. Ядро, как известно, будет состоять в основном из атомов железа, а баланс равновесия поддерживается взаимным отталкиванием электронов. После того как силы гравитации вжимают электроны в атомные ядра, они начинают реагировать с протонами, образуя нейтроны и нейтрино. Нейтроны и протоны так сильно прижимаются друг к другу, что их силы отталкивания начинают компенсировать силы гравитации, останавливая коллапс.

Так, сжатие сменяется расширением — и звездная материя устремляется наружу, вызывая ударную волну при сверхзвуковом «налете» внешних слоев звезды на остановившееся в своем сжатии ядро. Подобно своеобразному звездному прибою волна



▲ Взрыв сверхновой второго типа

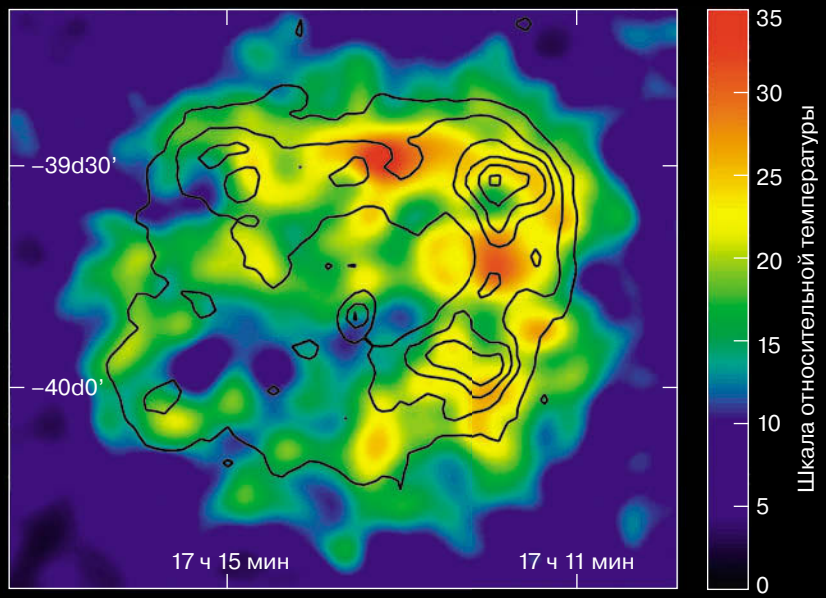


▲ Пульсирующий остаток сверхновой

отката стремится наружу, нагревая и сжимая вещество. На своем пути такая волна, совсем как морская, очень быстро теряет всю энергию и затухает. Но тогда опять возникает вопрос: что же взрывается во вспышке сверхновой? Может быть, сверхновый взрыв спровоцирован совершенно различными механизмами? Например, магнитное поле может перехватить вращательную энергию сформировавшейся нейтронной звезды и дать новый импульс ударной волне.

Если масса звезды составляет десяток солнечных, происходит загорание углерода, но термоядерные реакции идут не взрывным образом, а стационарно. Обычно уже через сравнительно небольшое по астрономическим меркам время углерод прогорает до железа — и запасы топлива для термоядерных реакций в центральной части звезды заканчиваются. Гравитационные силы успешно преодолевают давление плазмы — и начинается необратимое сжатие, переходящее в гравитационный коллапс. Внутриядерные реакции слияния электронов с протонами выделяют огромную энергию, уносимую особыми элементарными частицами — неуловимыми нейтрино. Нейтрино очень слабо взаимодействуют с веществом и в основном беспрепятственно вылетают из звезды наружу, но некоторая их часть все же рассеивается на внешних слоях, стремительно разбрасываясь во все стороны.

После выхода ударной волны на поверхность светящаяся оболочка стремительно разлетается, ее температура быстро падает. Это первая фаза очень яркого свечения сверхновой. Затем увеличение



Галактические астрономические координаты

◂ Новорожденный сверхновый пульсар в рентгеновских лучах

Через несколько лет после взрыва сверхновой ее оболочка прекратит светить и станет прозрачной. В этот момент глазам астрономов должен открыться новорожденный пульсар, образовавшийся при коллапсе. Его масса должна раза в полтора превышать солнечную, а период вращения будет составлять всего несколько тысячных долей секунды.

площади светящейся поверхности уже не может скомпенсировать падение яркости, связанное с остыванием, и светимость существенно падает.

Но после понижения температуры до отметки 5500 K падение светимости приостанавливается. Дело в том, что при этой температуре начинается рекомбинация ионов, при которой электроны заполняют свои места в ионах, превращая их в атомы нейтрального газа. При этом выделяется энергия, стабилизирующая температуру свечения. Кроме того, резко возрастает прозрачность нейтрального газа, чем он сильно отличается от плазмы, и мы начинаем видеть границу между плазмой и нейтральным газом, открывающую глубокие слои с высокотемпературной плазмой, продолжающей излучать свет.

Таким образом, мы все время видим фотосферу сверхновой с эффективной температурой вблизи 5500 K. Радиус фотосферы поначалу растет, и это приводит к увеличению светимости, в миллиард раз превышающей яркость Солнца. При этом радиус фотосферы распространяется на десятки миллиардов километров, в несколько раз превосходя планетарный размер Солнечной системы.

Первоначально астрофизики предполагали, что вся энергия взрыва мгновенно переходит в энергию расширения и высвечиваемого излучения. Однако наблюдаемое медленное падение светимости сверхновых свидетельствует о наличии каких-то дополнительных энергетических источников, поддерживающих яркость взрывной оболочки. Возможно, в данном процессе участвует распад радиоактивных изотопов металлов.

Анализ различных сверхновых показывает, что многие из них сравнительно компактны. Если поместить типичную сверхновую на место нашего светила, то граница ее фотосферы будет располагаться где-то между орбитами Меркурия и Марса. Когда взрывается компактная звезда, большинство энергии уходит на разлетающуюся оболочку, а на излучение тратится всего лишь 1 %. При взрыве протяженного сверхгиганта излучается еще большая доля энергии — и сверхновая светит намного ярче.

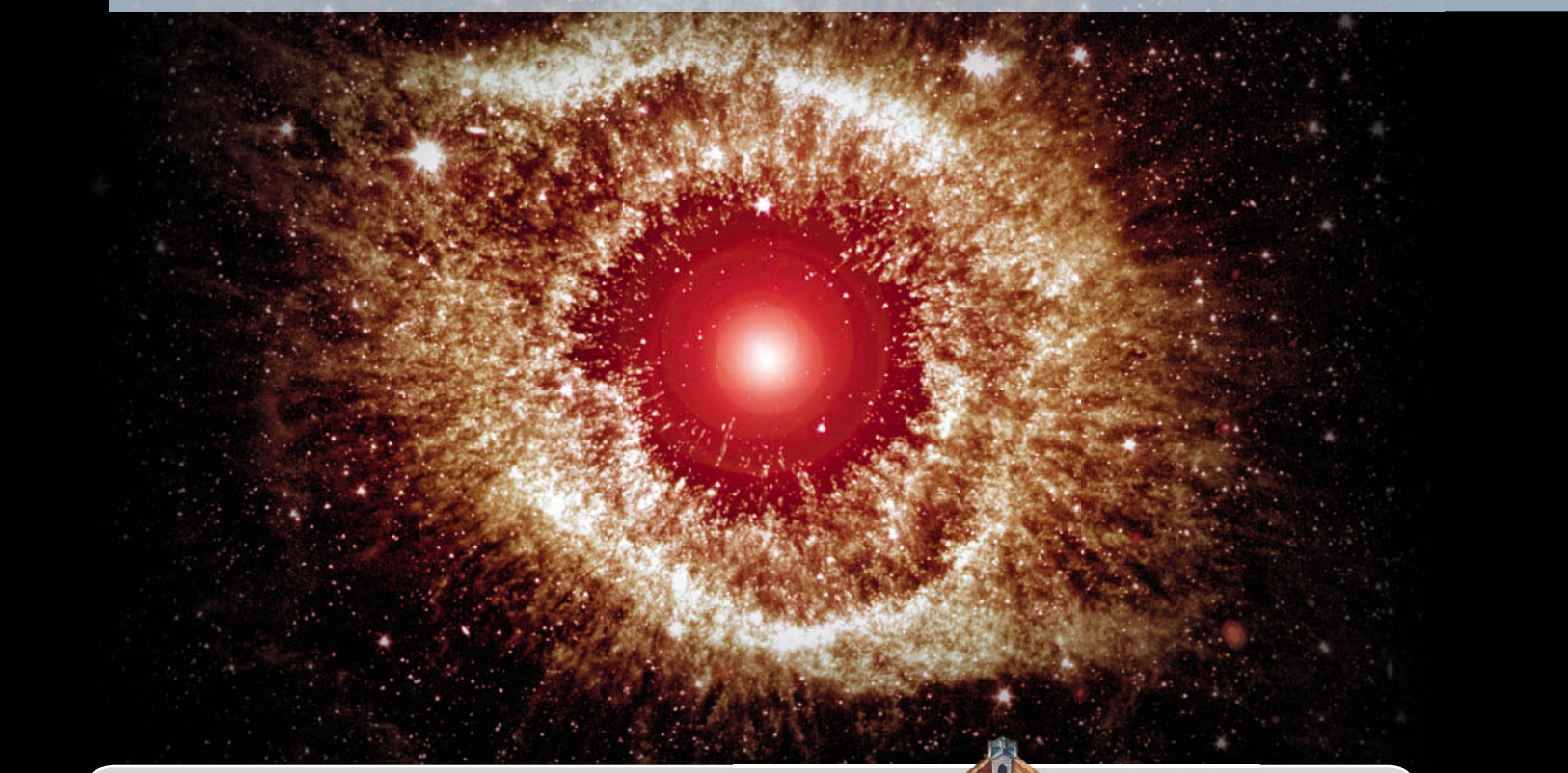
Довольно часто свой буйный нрав проявляют и кратные системы белых карликов, разражаясь катаклизмами вспышек циклопических взрывов. За это астрономы и дали им название — катаклизмические. Эти взрывные вспышки заставляют светиться малозаметных карликов как новые звезды на небоскло-не, поэтому их так и называют — новые, повторные новые и карликовые новые. Каждая вспышка такой новой, когда блеск звезды может возрасти в десятки раз, для астрономов — значительное событие, которое долго потом обсуждается на конференциях и симпозиумах. Вспыхивают подобным образом обычно системы, состоящие из красного карлика главной последовательности, где находится и наше Солнце, и белого карлика. Их соседство может быть очень тесным с орбитой взаимного вращения около солнечного радиуса. Конечно же, при этом становятся вероятными процессы интенсивного взаимодействия между атмосферами и телами этих маломассивных звезд.

К повторным новым относятся звездные системы, у которых время повторения вспышек составляет несколько десятков лет с постепенными возрастанием светимости примерно в 20 раз. А вот к карликовым новым относят системы звезд с циклом вспышек, длящимся около 100 дней, за которые блеск новой меняется где-то в 10 раз.

Как же происходят подобные вспышки? Наиболее распространена версия, что масса красного карлика, постепенно перетекая в атмосферу своего белого соседа, создает водородную оболочку. При этом за определенный период легко накапливается критическая масса водорода с достаточно высокими плотностью и температурой для начала термоядерных реакций. Тут же происходит колоссальный взрыв этой звездной водородной бомбы, который и наблюдается как вспышка одной из разновидностей новой.

▾ Остаток сверхновой

Нейтронные звезды возникают после сверхновой вспышки звезд с массой выше десятка масс Солнца, а черные дыры — из массивных звезд, во многие десятки раз превышающих по массе наше дневное светило. Вообще говоря, эта граница довольно плохо изучена и зависит еще от целого ряда неизвестных параметров.



ЭТО ИНТЕРЕСНО

В 1572 году великий датский астроном Тихо Браге, путешествуя по Германии, заметил необычное небесное явление, которое описал в своем дневнике так:

«Я остановился в одном старом монастыре Гарриц-вальде, имеющем замечательно красивое местоположение. Однажды вечером, когда я по своему обыкновению осматривал небесный свод, к неописуемому моему удивлению я увидел близ зенита в Кассиопее яркую звезду необыкновенной величины. Чтобы убедиться, что это была не иллюзия, я призвал рабочих, находившихся в моей лаборатории, и спросив их, как и прохожих, видят ли они звезду. Позже я узнал, что в Германии извозчики и другие люди предупредили астрономов, открыв это великое явление на небе.

Вспыхнувшая звезда по блеску не уступала Венере в период ее наилучшей видимости. Люди с хорошим зрением видели ее даже днем, а иногда и ночью сквозь довольно плотные облака. Начиная с декабря звезда начала постепенно меркнуть, а спустя семнадцать месяцев и вовсе исчезла».

◄ План Ураниборга из старинного атласа

Тихо Браге провел очень много наблюдений этого внезапно появившегося светила и даже написал обширный трактат «О новой звезде». Эта книга во многом определила дальнейшую судьбу астронома, вызвав интерес датского короля, предоставившего крупную сумму на развитие астрономической науки. На этот «грант», полученный за исследование сверхновой, названной впоследствии его именем, Тихо Браге построил на датском острове Вен знаменитую обсерваторию Ураниборг.

Глава 19
Провалы космоса

«Если светящиеся тела вращаются вокруг невидимого чего-то, то мы должны быть в состоянии из движения этого вращающегося тела с известной вероятностью сделать вывод о существовании этого центрального тела».

Дж. Мичелл.
Темные звезды

«Светящаяся звезда с плотностью, равной плотности Земли, и диаметром, в 250 раз большим диаметра Солнца, не дает ни одному световому лучу достичь нас из-за своего тяготения; поэтому возможно, что самые яркие небесные тела во Вселенной оказываются по этой причине невидимыми».

П.-С. Лаплас. Система мира

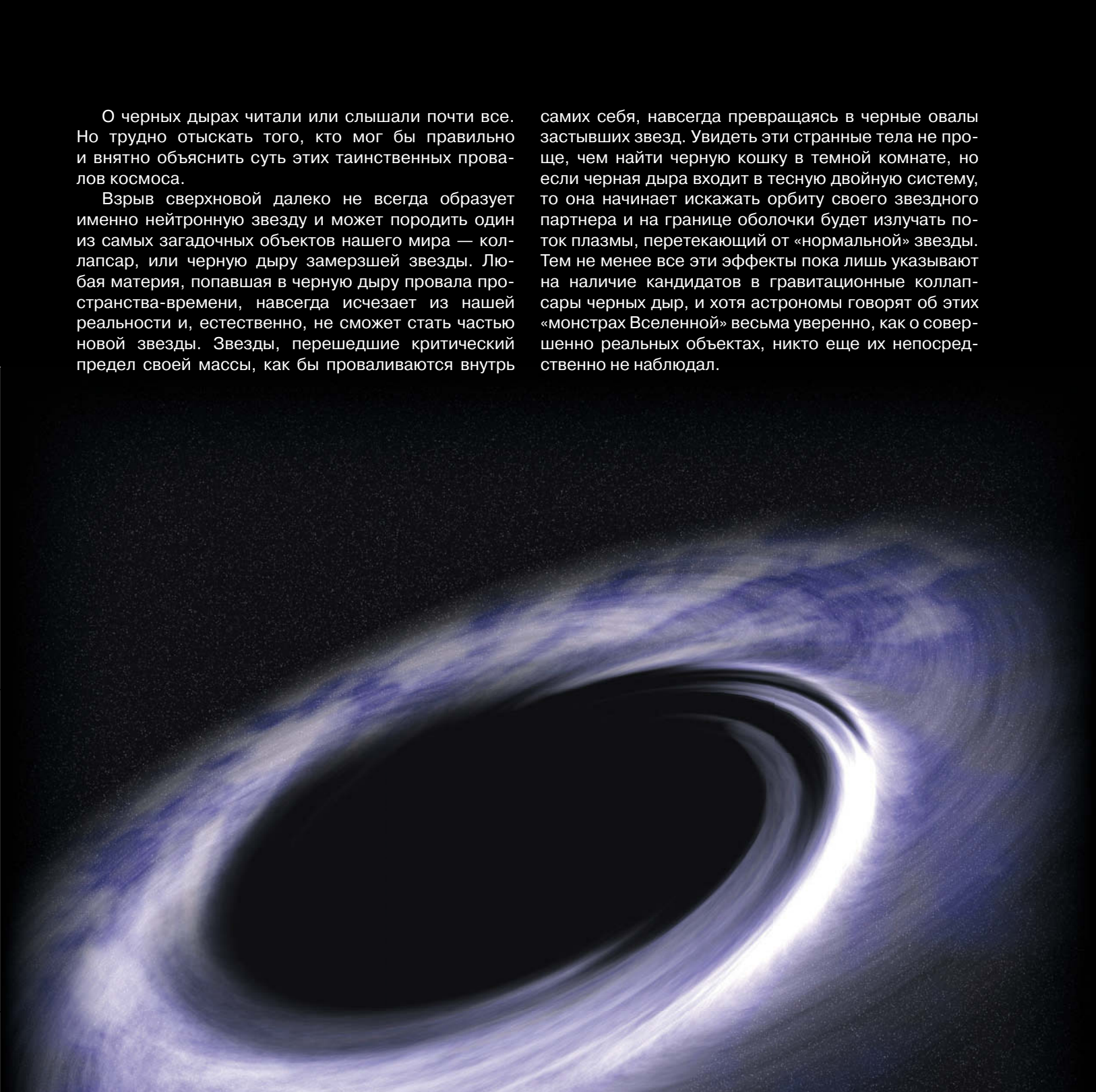
▲ Провал пространства-времени

«Свойства черных дыр столь фантастичны, что в существование этих экзотических объектов в реальном мире верится с трудом и об этом уже несколько десятилетий идут споры. Даже сам Эйнштейн сомневался в возможности их существования».

А. М. Черепащук. Демография черных дыр

О черных дырах читали или слышали почти все. Но трудно отыскать того, кто мог бы правильно и внятно объяснить суть этих таинственных провалов космоса.

Взрыв сверхновой далеко не всегда образует именно нейтронную звезду и может породить один из самых загадочных объектов нашего мира — коллапсар, или черную дыру замерзшей звезды. Любая материя, попавшая в черную дыру провала пространства-времени, навсегда исчезает из нашей реальности и, естественно, не сможет стать частью новой звезды. Звезды, перешедшие критический предел своей массы, как бы проваливаются внутрь самих себя, навсегда превращаясь в черные овалы застывших звезд. Увидеть эти странные тела не проще, чем найти черную кошку в темной комнате, но если черная дыра входит в тесную двойную систему, то она начинает искажать орбиту своего звездного партнера и на границе оболочки будет излучать поток плазмы, перетекающий от «нормальной» звезды. Тем не менее все эти эффекты пока лишь указывают на наличие кандидатов в гравитационные коллапсары черных дыр, и хотя астрономы говорят об этих «монстрах Вселенной» весьма уверенно, как о совершенно реальных объектах, никто еще их непосредственно не наблюдал.



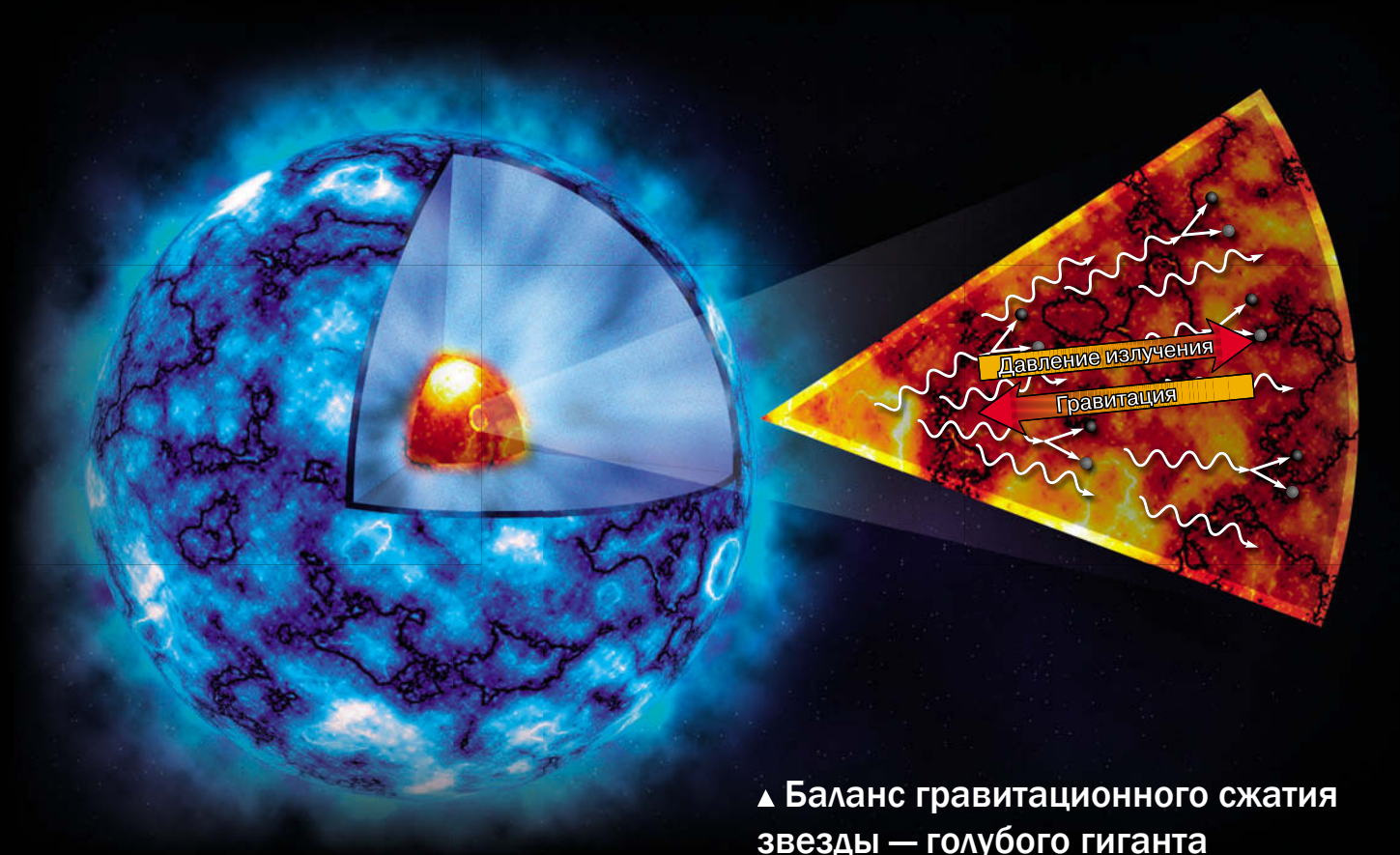
▲ Гравитационный коллапсар

Черные дыры могут возникнуть в результате катастрофического сжатия — гравитационного коллапса гигантских нейтронных звезд, масса которых превышает три солнечных. В процессе подобного коллапса тело звезды приобретает такую плотность, что концентрация гравитационного поля уже не выпускает свет наружу. Так рождается гравитационный коллапсар.

◂ Замкнутый свет звезды Мичелла — Лапласа

В конце XVIII века английский математик Джон Мичелл и французский астроном, физик и математик Пьер-Симон Лаплас рассмотрели ситуацию, когда луч света в принципе не может покинуть поверхность звезды. Построения ученых были довольно просты и полностью основывались на выдающемся достижении человеческого разума — ньютоновской теории всемирного тяготения.

Сегодня черные дыры — уже привычные объекты астрономических исследований, однако, строго говоря, астрофизики все же наблюдают косвенные признаки их присутствия, так что ряд физиков-скептиков все же настаивают на корректности формулировки «кандидаты в черные дыры». Тем не менее астрономы продолжают обращаться с подобными уникальными космическими феноменами как с вполне реальными небесными телами и уже могут предложить вашему вниманию целую галерею гравитационных коллапсаров — от карликовых экземпляров солнечной массы до сверхмассивных объектов в сотни и даже тысячи солнечных масс, родившихся при коллапсе целых звездных скоплений в ядрах галактик. И кроме того теоретики предсказывают возможность существования микроколлапсаров — микроскопических черных дыр, которые экспериментаторы мечтают обнаружить с помощью ускорителей элементарных частиц. Существует даже совершенно фантастический проект их массовой генерации «для промышленного применения» при рассеянии сверхэнергичных встречных пучков ядер атомов на будущих ускорителях — коллайдерах.



▴ Баланс гравитационного сжатия звезды — голубого гиганта

▲ Черная дыра — не вещество и не излучение

Физики-теоретики представляют себе черные дыры как некие самоподдерживающиеся гравитационные поля сверхвысокой концентрации, вызывающие настолько сильное искривление пространства-времени, что оно начинает напоминать своеобразный прокол. Наше Солнце может превратиться в черную дыру, сжавшись до трехкилометрового радиуса. При этом плотность его вещества достигнет колоссальной величины. Для Земли критический гравитационный радиус сжатия равен примерно 1 см.

Впрочем, даже само значение факта существования гравитационных коллапсаров для науки трудно переоценить, ведь они подтверждают современную теорию гравитации, выходя далеко за рамки астрофизики. Таким образом, изучая эти таинственнейшие небесные тела, мы можем многое понять о фундаментальных свойствах пространства-времени.

Термин «черная дыра» возник в конце 1960-х годов в одной из научно-популярных передач Би-би-си, в которой выступал американский физик Джон Арчибальд Уиллер, и быстро прижился, вытеснив такие выражения, как «застывшие звезды», «темные звезды», «замерзшие звезды» и «коллапсары».

История открытия черных дыр в науке развивалась в несколько этапов. В 1783 году профессор математики Кембриджского университета Джон Мичелл сумел, объединив механику Ньютона и корпускулярную оптику, показать, что корпускулы света, подобно обычному веществу, полностью подчиняются законам небесной механики всемирного тяготения. Из этой гипотезы возникла парадоксальная модель небесного тела — ловушки для света.

Мичелл полагал, что частица света наподобие пушечного ядра, выпущенного с поверхности небесного тела, сможет преодолеть его притяжение, если начальная скорость превысит вторую космическую (скорость убегания). Используя механику Ньютона, Мичелл показал, что если бы звезда солнечной массы имела трехкилометровый радиус, то частицы света просто не смогли бы улететь с ее поверхности. Это же произойдет и с отраженным светом, так что для удаленного наблюдателя планета или звезда окажутся практически невидимыми. Мичеллу даже удалось вычислить критическое значение радиуса такого небесного тела по отношению к массе Солнца. При этом он рассчитал наименьшую силу притяжения, удерживающую частицы света на поверхности темной звезды, и установил, что небесное тело в 500 солнечных масс вообще не позволит лучу света покинуть его.

Издалека такая звезда выглядела бы как темное пятно, не отличимое от черноты космоса. Свои выкладки Мичелл представил Лондонскому королевскому обществу (Академии наук Великобритании)

27 ноября 1783 года. Доклад ученого заслужил несколько отзывов его коллег, но особого внимания в научных кругах не привлек. Позже к аналогичным выводам пришел и знаменитый французский астроном и математик Пьер-Симон Лаплас. Так из работ Мичелла и Лапласа родилась модель классической ньютоновской темной звезды. Однако по расчетам выходило, что ее масса в десятки миллионов раз больше солнечной, а физики перешли от частиц к волновой природе света, тем более что о взаимодействии волн излучения и гравитации тогда еще не было известно. Таким образом темные звезды Мичелла — Лапласа были забыты на долгие годы. Более того, Лаплас настолько проникся концепцией «светоносной волновой субстанции», что даже удалил в последующих переизданиях своих работ все упоминания о взаимодействии сил тяготения и света.

Однако к проблеме ньютоновских темных звезд пришлось вернуться, когда великий Эйнштейн представил научному сообществу свою знаменитую теорию гравитации, входящую в общую теорию относительности. Там содержалось поистине революционное объяснение природы тяготения, и это сразу же привлекло внимание коллеги Эйнштейна по Берлинской академии наук математика и физика Карла Шварцшильда. Очень упрощенно теория Эйнштейна уподобляет свободное от гравитации пространство ровной эластичной пленке. В этой плоской модели небесные тела прогибают пленку подобно тяжелым бильярдным шарам. Любой более легкий шарик, находясь рядом, скатится в углубление массивного шара. Но если мы придадим второму шару определенную скорость по касательной к лунке тяжелого шара, то центробежная сила уравновесит силу скатывания — и маленький шарик начнет кружиться вокруг большого, точно так же как планеты вращаются вокруг звезд.

Что такое кривизна пространства? Представьте себе, что вы находитесь на пересечении эквато-

▲ Релятивистский коллапсар в ранней Вселенной

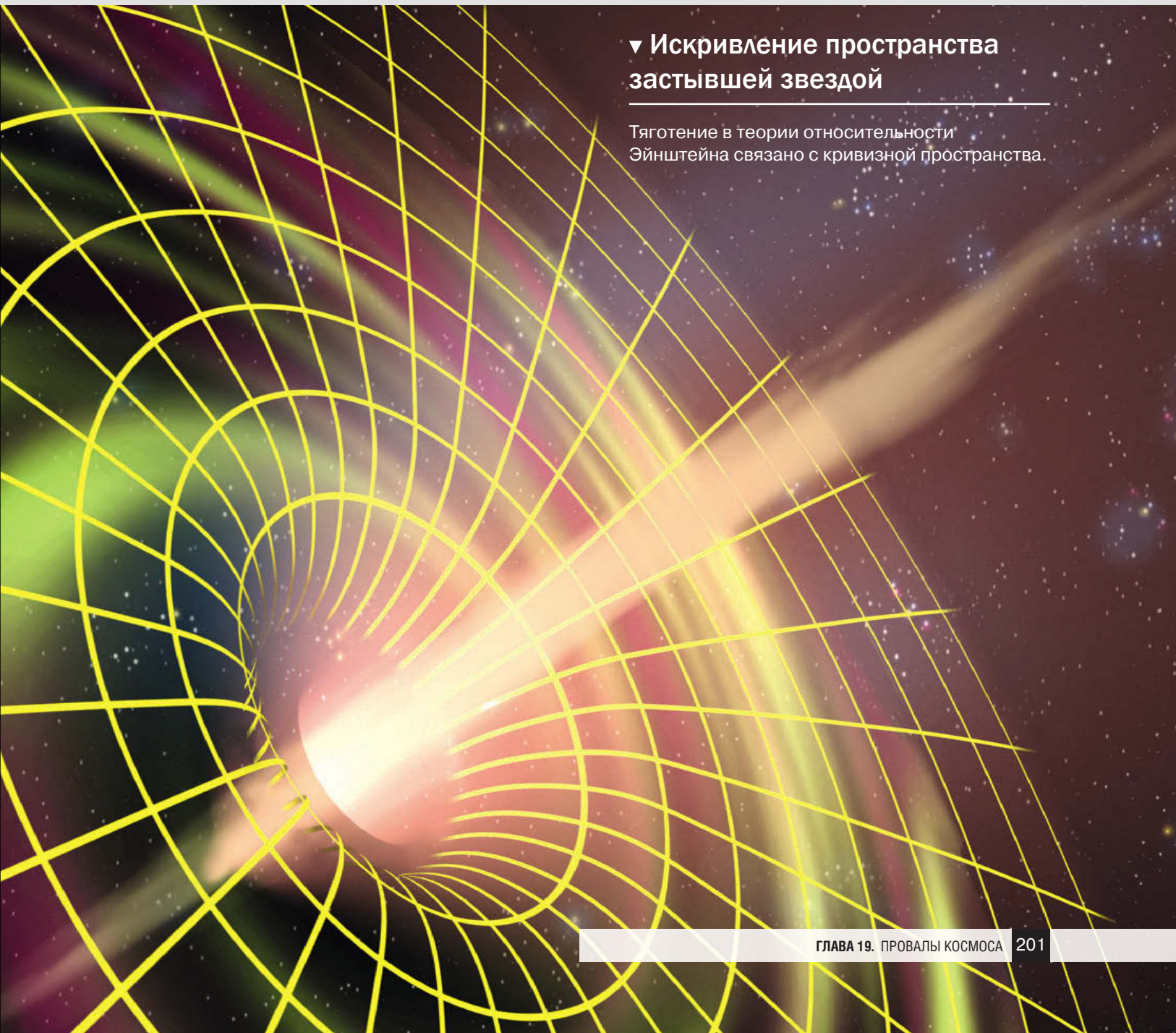
(художественная реконструкция)

Современная теория гравитации предсказывает, что сильные поля тяготения оказывают замедляющее действие даже на время, искажая структуру пространства. Все эти странные выводы прошли достаточную экспериментальную проверку, но парадоксы релятивистской теории тяготения становятся ощутимыми, только когда дело касается очень больших масс и скоростей. Именно такие условия существовали в ранней Вселенной, и астрофизики с космологами надеются обнаружить реликты черных дыр, оставшихся от той эпохи.

ра с нулевым меридианом, стоя лицом на восток. Затем вы начинаете движение вдоль экватора до долготы 180°. Здесь, резко изменив направление движения, вы двигаетесь по меридиану на север. В итоге, побывав на Северном полюсе, вы вернетесь в исходную точку, но окажетесь уже лицом к западу. Таким образом, если бы вы несли в руках стрелу, параллельную вашему перемещению, изображающую вектор, то она «прокрутилась» бы вместе с вами относительно исходного направления. Вот данное «прокручивание» и характеризует кривизну пространства.

Проанализировав некоторые решения уравнений теории относительности, Шварцшильд пришел к поразительному выводу, что с математической точки зрения экзотические темные звезды не только имеют право на существование, но и связаны с фантастическим процессом гравитационного коллапса. Так, исследуя движение частицы вблизи очень массивного тела, Шварцшильд увидел, что уравнения теряют свой физический смысл, поскольку их решения обращаются в бесконечность. Особые точки, в которых это происходило, получили название сингулярных (с латыни «сингл» — «точка»). Сингулярные точки составляют сферическую поверхность, с которой и за которой свет уже не может вырваться в открытое пространство, поскольку его скорость равна скорости убегания. Тут же родился и термин «застывшие, или замерзшие, звезды», сменивший «темные ньютоновские звезды». Вот только сам процесс гравитационного коллапса оставался совершенно неясным.

Из построений Шварцшильда следовало, что поле тяготения небесного тела можно считать ньютоновским только лишь в том случае, если его радиус намного превышает ту самую величину, которую в свое время вычислил Мичелл! Этот параметр так и называют — радиус Шварцшильда, или гравитационный радиус.



▾ Искривление пространства застывшей звездой

Тяготение в теории относительности Эйнштейна связано с кривизной пространства.

Современная теория гравитационных коллапсаров очень мало напоминает расчеты для темных звезд Мичелла — Лапласа, поскольку в ее основе лежат понятия о кривизне пространства, следующей из эйнштейновской общей теории относительности. Как мы уже отмечали, согласно теории гравитации Эйнштейна, черная дыра представляет собой тело, настолько сильно искривляющее пространство-время, что любой сигнал, включая световой луч, не может вырваться с его поверхности, «соскальзывая» по стенкам гравитационной воронки, уходящей в бесконечность.

В те далекие уже времена структура черных дыр казалась настолько загадочной, что сам Эйнштейн не полностью верил в их существование. И хотя коллапсары были во многом результатом решений уравнений теории относительности, великий физик не раз заявлял, что существование такого природного явления весьма сомнительно, и, будучи уверенным в своей правоте, до конца жизни к исследованию проблем гравитационного коллапса больше не обращался.

Между тем коллеги неоднократно пытались убедить Эйнштейна в правоте выводов из его теории, доказывая, что если масса коллапсирующей звезды превысит три солнечные, то уже никакие силы не смогут остановить ее катастрофического падения «внутрь самой себя».

На вопрос, что же в этом случае произойдет с тяжелой звездой, в свое время попытался ответить один из отцов американского атомного проекта Роберт Оппенгеймер, который в конце 1930-х годов установил, что после преодоления предела устойчивости массивная коллапсирующая звезда начинает стремительно стягиваться к своему гравитационному радиусу. Много позже Оппенгеймер сумел теоретически доказать, что ядро массивной звезды долж-

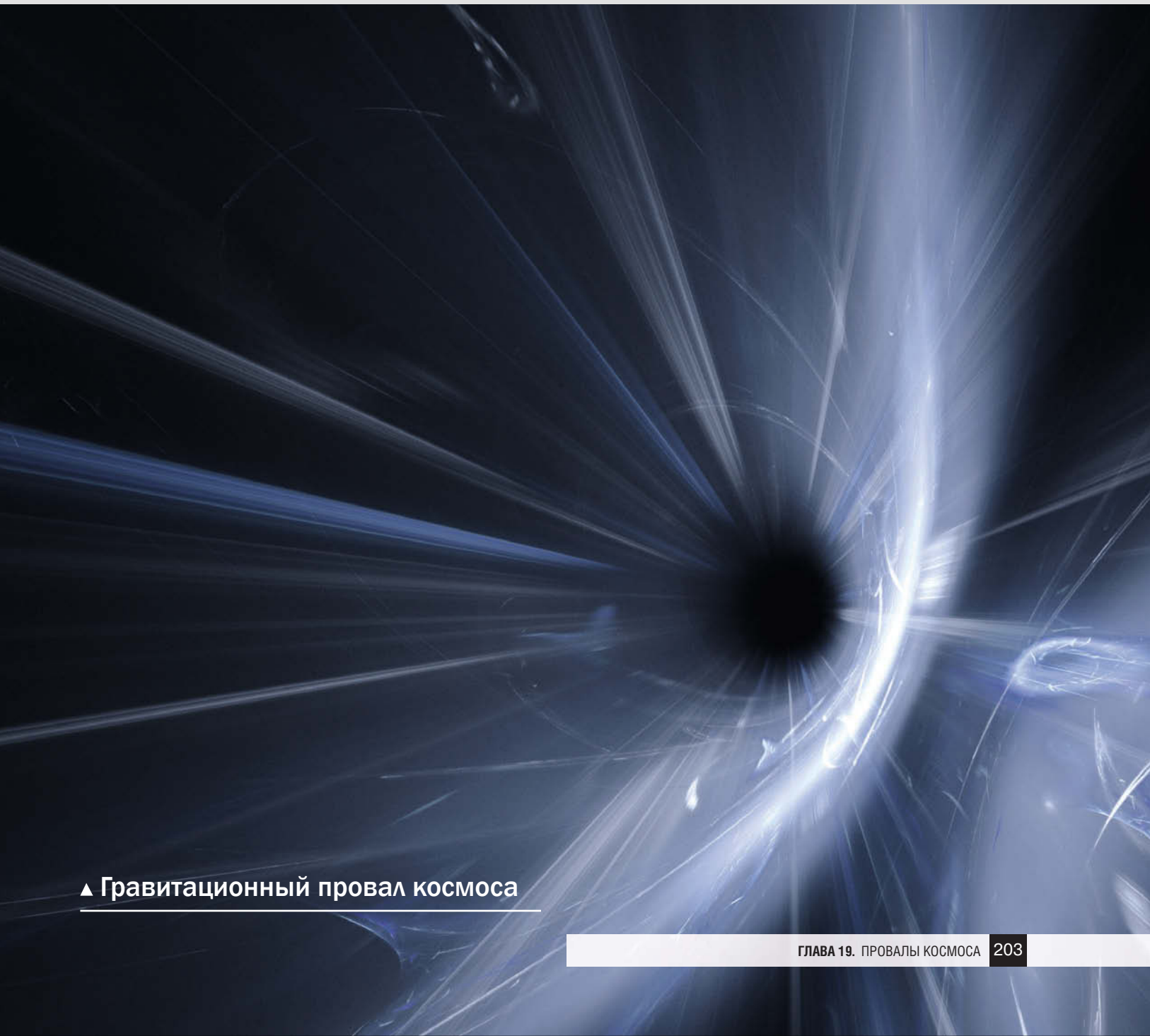
▾ Пространство замерзшего светила

но непрерывно коллапсировать в точечный объект, свойства пространства которого описываются формулами Шварцшильда. Проще говоря, массивная звезда в конце своего эволюционного пути начинает стремительно сжиматься, превращаясь в гравитационный коллапсар.

Окончательная модель черной дыры была разработана во второй половине прошлого века, когда выяснилось, что в результате гравитационного коллапса должна возникать сингулярность гравитационного поля, замкнутая в бесконечность. В принципе, не существует сил в природе, которые могли бы противостоять этому стремительному коллапсионному падению звезды «внутрь самой себя». Иными словами, поверхность черной дыры служит своеобразной границей пространства-времени, которое еще может видеть сторонний наблюдатель. До самого начала 1970-х годов ничего существенно нового к этому добавлено не было и черные дыры казались самыми загадочными космическими феноменами, содержимое которых непостижимо.

Согласно квантовой физике, вакуум — это не привычная пустота после откачивания воздуха или на космических просторах, а некое мельтешение виртуальных (то есть кажущихся и напрямую принципиально не наблюдаемых) частиц. В квантовом вакууме непрерывно блещут виртуальные искры флуктуаций энергии, генерирующие вполне реальные пары частица — античастица, что физики постоянно наблюдают в лабораторных условиях.

Вот подобные квантовые флуктуации и регулируют излучение черных дыр. Ведь если виртуальная пара частиц возникнет на границе гравитационной сферы, то одна частица может уйти под гравитационный горизонт, а вторая — в окружающее пространство.



▲ Гравитационный провал космоса

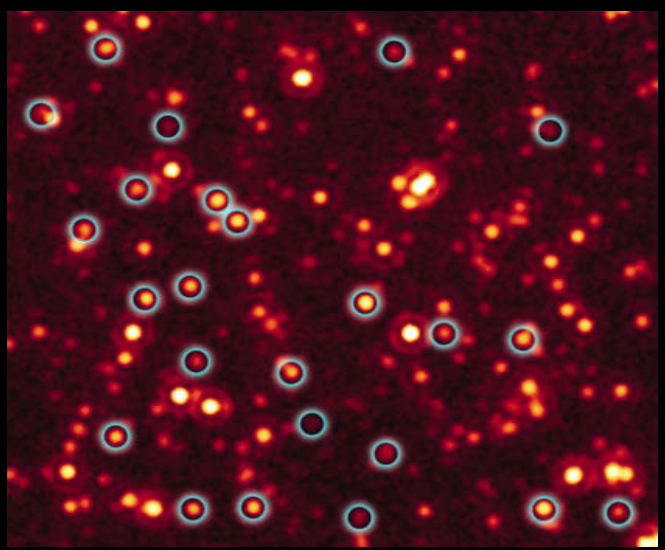
▾ Черная дыра в двойной системе

Показаны излучения межзвездного газа и плазмы звезды-партнера при падении на гравитационную оболочку коллапсара.

При этом стороннему наблюдателю покажется, что данную частицу испустила именно черная дыра.

Любопытно, что Оппенгеймер точно так же, как и Эйнштейн, на определенном этапе своих исследований полностью разуверился в существовании черных дыр и не стал продолжать многообещающую работу в этом направлении.

Новый этап в теории гравитационных коллапсаров наступил в середине 1970-х годов, когда знаменитый британский физик-теоретик Стивен Хокинг доказал, что гравитационным коллапсарам не чуждо и понятие температуры, поэтому они могут излучать в процессах очень медленного квантового испарения. Правда, согласно его теории, излучение можно зафиксировать лишь для относительно небольших коллапсаров, что тут же поднимает вопрос о реальности найти их в безбрежных космических просторах. По расчетам Хокинга, из-за разделения и поглоще-

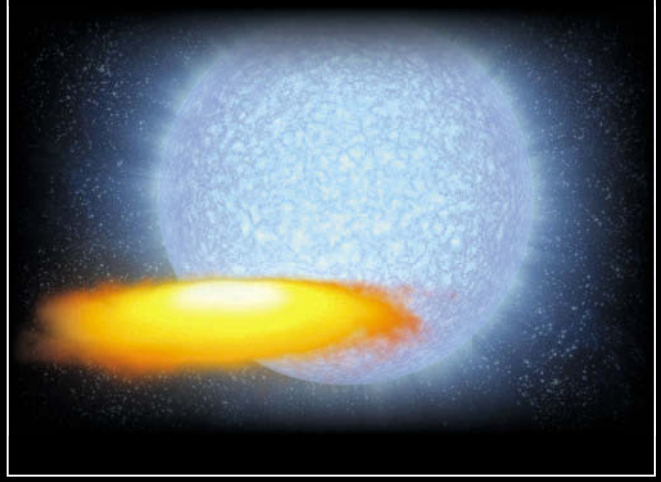


◂ Кандидаты в черные дыры из далеких галактик

(по данным космического телескопа «Спитцер»)

Находясь в газопылевом облаке, коллапсар подобно циклопическому пылесосу поглощает окружающее вещество, затягивая его закрученный поток своим сверхмощным гравитационным полем. При этом, сталкиваясь, частицы пыли и молекулы газа сильно разогреваются, теряют энергию и скорость, по спирали приближаясь к гравитационной поверхности коллапсара. В конечном итоге вихрь пылегазового потока нагревается до температуры в несколько миллионов градусов и со скоростью, достигающей сотен тысяч километров в секунду, навсегда поглощается черной дырой.

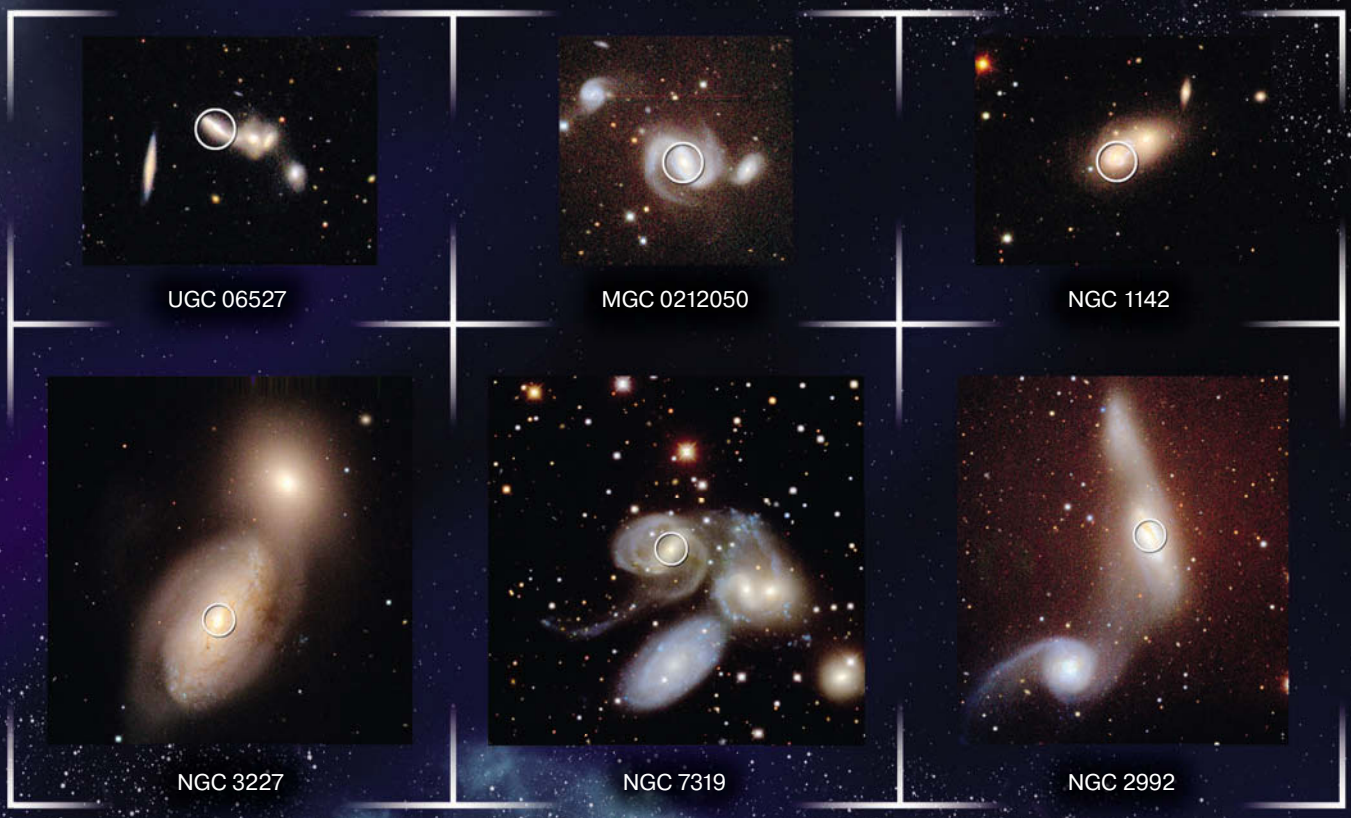
▼ Аккреционный диск коллапсара и голубой гигант



ния частиц с отрицательной энергией на гравитационной границе черная дыра будет постепенно терять энергию и массу. Испаряясь, коллапсар должен излучать энергию, как и любое тело с очень низкой, но не нулевой (по шкале Кельвина) температурой: например, расчетная температура коллапсара с шестикратной солнечной массой равна приблизительно одной стомиллионной доле градуса Кельвина.

Как сегодня астрономы все же ухитряются наблюдать гравитационные провалы коллапсаров? Помочь обнаружить неуловимые черные дыры может запыленность космоса. Межзвездная среда часто заполнена атомами водорода, который, попадая в гравитационную ловушку черной дыры, должен потоком низвергаться в сердцевину провала пространства. При этом молекулы водорода, естественно, будут сталкиваться друг с другом, нагреваясь и излучая электромагнитные волны. Некоторые оценки для подобных водородных каскадов предсказывают температуру в несколько

▲ Квантовая пена коллапсаров



▲ Застывшие звезды в ядрах взаимодействующих галактик

миллионов градусов, что предполагает интенсивное излучение рентгеновских и гамма-лучей.

В конечном итоге удаленный наблюдатель обнаружил бы поток всевозможных частиц, излучаемых коллапсаром, который постоянно расходует массу и энергию на рождение пар частица — античастица, пока полностью не испарится в потоке излучения.

Тем не менее расчеты показывают, что испарения черных дыр — очень медленный процесс и коллапсар солнечной массы должен по возрасту быть ровесником Метагалактики.

Получается, что, хотя ничто и не может вырваться из-под гравитационного радиуса внутренней части застывшей звезды, изолированной от остальной Вселенной, существуют эффекты внешнего излучения на границе коллапсара. Вещество и излучение, падающие в черную дыру, свободно проникают внутрь, но при этом гравитационный коллапсар не только все поглощает, но и выпускает частицы и электромагнитное излучение со своей внешней оболочки.

Уже на примере Земли и Солнца можно понять, что черные дыры настолько экзотичные объекты, что до недавнего времени далеко не все ученые даже верили в их существование. Их образование тесно связано с уже неоднократно обсуждавшимися процессами выгорания термоядерного топлива, когда внутренний поток энергии иссякает и баланс между

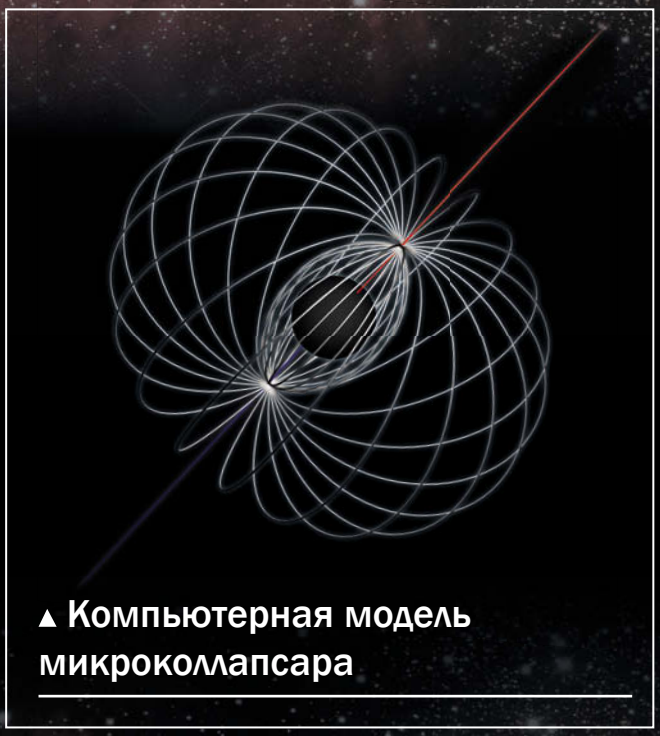
▲ Кандидаты в застывшие звезды

В наше время астрономы уже научились эффективно проводить поиск кандидатов в коллапсары. Есть несколько способов обнаружить провалы застывших звезд. Во-первых, можно проследить за траекторией звезд в скоплениях вокруг некоего общего центра гравитации. Если вдруг окажется, что на центре вращения ничего нет, то можно предположить, что в этой области находится черная дыра. Именно по такому признаку выделили кандидата в коллапсары в ядре нашей Галактики и даже оценили его массу. Во-вторых, замерзшая звезда должна, по идее, достаточно активно поглощать окружающую межзвездную среду. Газопылевые облака и плазма ближайших звезд оседают на коллапсар по спирали, образуя при этом хорошо видимый аккреционный диск, подобный кольцам Сатурна.

давлением излучения и силами гравитации нарушается в пользу последней.

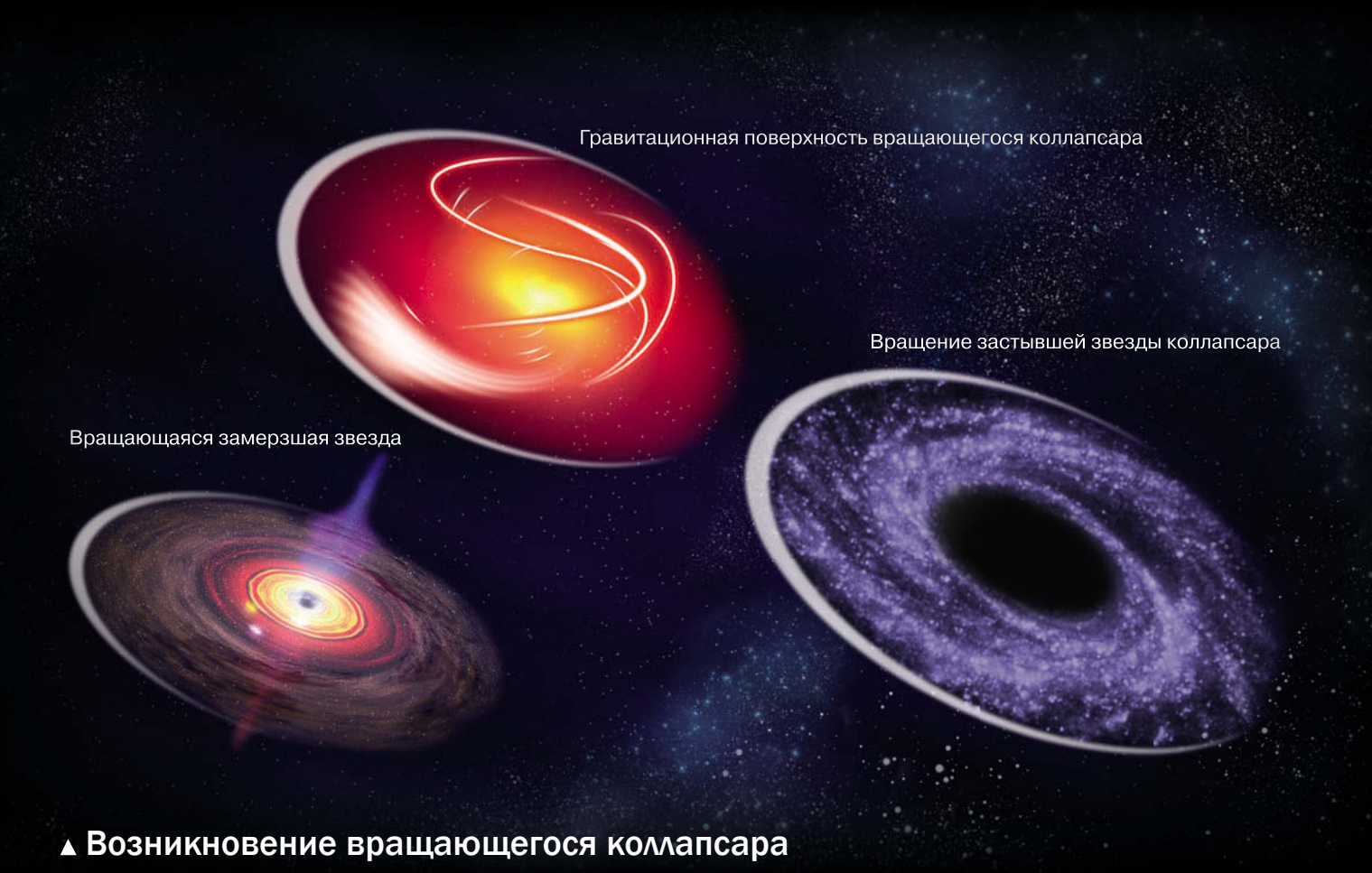
Сжатие тела массивной звезды происходит в быстро возрастающем темпе, поскольку силы гравитации обратно пропорциональны квадрату расстояния. С течением времени процесс становится необратимым и переходит в гравитационный коллапс. Скорость падения внешних слоев коллапсара приближается к скорости света, и определяющую роль начинают играть эффекты теории относительности. Сверхмощное поле тяготения застывающей звезды порождает эффект так называемого гравитационного красного смещения. В этом случае частота излучения, исходящего от очень массивного объекта, резко смещается в низкочастотную часть спектра. В пределе, на границе гравитационной сферы Шварцшильда, излучение замирает с нулевой частотой. Для внешнего наблюдателя, находящегося вдали от коллапсара, все внутренние события исчезают за абсолютно черной оболочкой черной дыры.

Астрофизики серьезно ищут экзотические объекты гравитационных коллапсаров с середины 1960-х годов. Вначале черные дыры высматривали среди тяжелых и мощных источников излучения.



▲ Компьютерная модель микроколлапсара

▲ В заповеднике гравитационных коллапсаров



▲ Возникновение вращающегося коллапсара

Особенно много надежд связывали с компактными источниками, равными по размерам нашей Солнечной системе, но излучающими в тысячи раз больше энергии, чем все звезды нашей Галактики — Млечного Пути. Тут же были высказаны предположения, что подобные космические вулканы являются застывшими звездами, еще не полностью закрытыми «коконами» искривленного пространства.

Для внешнего наблюдателя возникает очень странная картина, в которой оболочка коллапсирующей звезды, объективно стремительно удаляющаяся с нарастающим ускорением, вместо того чтобы приблизиться к скорости света, начинает субъективно замедляться и в конце концов останавливается. Итак, с точки зрения изначального наблюдателя сжатие коллапсара полностью прекратится вблизи гравитационного радиуса. Сколько бы ни вглядывался в бортовой телескоп космонавт, он так никогда и не увидит, чтобы хоть одна частица пересекла снаружи горизонт событий.

Однако если отважный исследователь решит устремиться прямо на застывшую звезду, то его полет закончится в считаные мгновения по корабельному времени. Разумеется, гораздо лучше было бы отправить на разведку робота, ведь любое протяженное тело по мере приближения к горизонту черной дыры начинают подстерегать нешуточные неприятности, связанные с необычной геометрией пространства-времени. Если к дыре послать автоматический зонд, сигнализирующий о своем положении лазерным лучом зеленого цвета, то по мере удаления луч начнет изменять тон, все больше и больше краснея. Затем автомат-разведчик неминуемо попадет в сильно искривленное пространство и вскоре будет вынужден прекратить передачу информации, поскольку вблизи гравитационной поверхности силы тяготения устремятся в бесконечность и растянут ракету с роботом в бесконечно тонкую и длинную нить. Между тем приливные силы вблизи горизонта событий черной дыры, согласно общей теории относительности, будут обратно пропорциональны квадрату массы коллапсара, поэтому чем массивнее застывшая звезда, тем меньше величина приливных сил на ее гравитационном горизонте и тем дальше гравитационный горизонт от центра коллапсара. Но сам кибернетический разведчик вряд ли сможет рассказать об особенностях полета вблизи горизонта событий — эргосферы коллапсара, поскольку в реальности любое материальное тело будет разорвано приливными силами еще на далеком подходе к гравитационной границе черной дыры.

В научно-фантастических романах тема черных дыр очень популярна и иногда, как в произведениях австралийского писателя Грега Игана, может служить иллюстрацией к научно-популярным текстам. Кроме всего прочего, фантасты успешно строят с помощью черных дыр — порталов мосты и туннели в иные измерения. Например, в нашем случае, если бы робот-разведчик каким-то чудесным образом избежал разрушения при подлете и пересечении эргосферы,

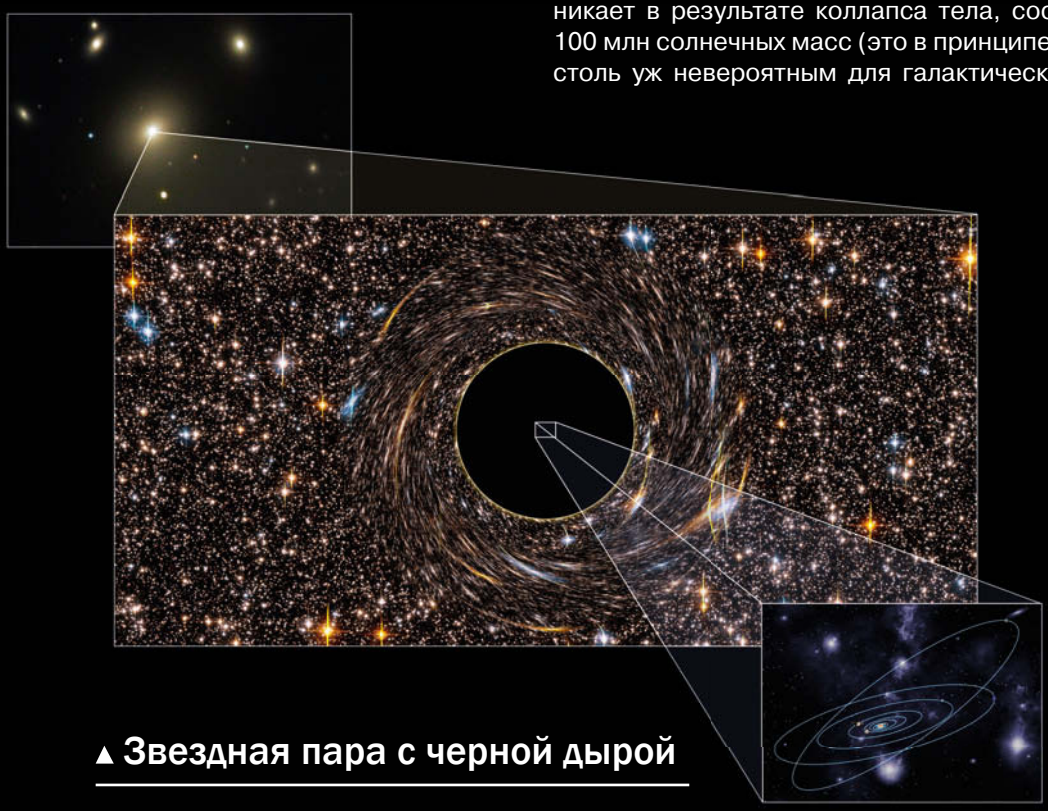
◂ Слияние застывших звезд

При слиянии двух черных дыр теоретически должно возникать гравитационное излучение в виде знаменитых волн Вебера. Но до сих пор еще никому так и не удалось зафиксировать этот удивительный «прибой Вселенной».

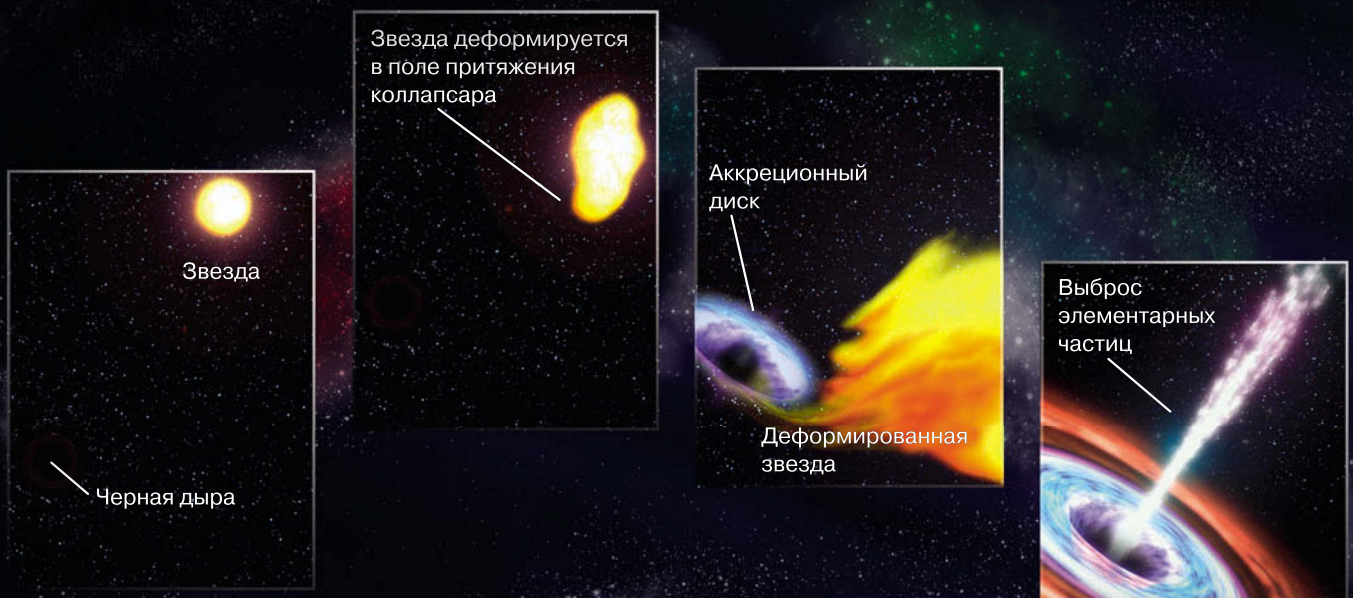
а также проскочил горнило коллапсара, то он мог бы оказаться в чужой вселенной. Возможно, не менее чудесным образом земной аппарат из далекого будущего был встречен иномирянами, которые в полной мере смогли бы оценить бесценный подарок, расшифровав корабельные записи. Так они бы узнали, как на зонде встали все хронометры вне зависимости от конструкции — и механические, и электронные, и даже атомные. Затем погасли все приборы и видимый свет перешел в инфракрасную часть спектра, растеряв всю свою энергию в борьбе со все усиливающейся гравитацией. Все предметы внутри корабля-зонда приобрели искаженные очертания.

Поместив земной исследовательский автомат в свой паноптикум космических артефактов, жители иного мира решат направить аналогичное устройство в глубины черной дыры, чтобы и земляне поняли, как распадается, переходя в сингулярное состояние, материя пробного тела, становясь частью иной вселенной.

Среди застывших звезд, судя по всему, могут попадаться и просто колоссальные сверхгиганты. В теории черных дыр нет четких ограничений на размеры коллапсирующих тел. Тут возможны любопытные парадоксы. К примеру, если черная дыра возникает в результате коллапса тела, составляющего 100 млн солнечных масс (это в принципе не выглядит столь уж невероятным для галактических ядер, где



▲ Звездная пара с черной дырой



▲ **Возникновение излучения у вращающегося коллапсара**

могут слиться сотни тысяч, а то и миллионы звезд), его радиус составит 300 млн км, вдвое превысив радиус земной орбиты. В то же время средняя плотность вещества такого странного образования будет близка к плотности планет газовых гигантов, мало отличаясь от плотности воды.

Сегодня взоры всех астрофизиков, интересующихся микроколлапсарами, направлены не в глубины Метагалактики, а на дисплеи сверхмощного ускорителя элементарных частиц ЦЕРНа — Большого адронного коллайдера (БАК). На этой уникальной установке моделируются условия, которые были в ранней Вселенной. Опыты на БАКе интенсивно продолжаются, причем некоторые не слишком компетентные ученые даже высказывают определенную тревогу: а не возникнет ли в ходе рассеяния на встречных пучках элементарных частиц ужасная черная мини-дыра, которая разовьется, втягивая окружающее вещество в гигантского монстра, и в конечном итоге поглотит нашу планету?

Эти беспочвенные опасения вызвали такой сильный общественный резонанс, что пришлось создавать авторитетную комиссию для всесторонней проверки безопасности работы БАКа. Вполне естественно, что комиссия, состоявшая из известных профессионалов, дала взвешенное и объективное заключение. В нем подчеркивалось, что частицы, многократно превышающие энергетический предел БАКа, мириадами ежесекундно пронизывают атмосферу Земли, не вызывая никаких видимых последствий. Если же в ходе экспериментов и возникнут микроколлапсары, по всем расчетам они тут же исчезнут из-за нестабильности своего энергетического состояния.

Есть уже и определенные успешные результаты, полученные в многочисленных экспериментах интернациональным коллективом исследователей. Так, уже удалось получить кварк-глюонную плазму — материю, существовавшую еще до рождения элементарных частиц и, возможно, каким-то образом участвующую в образовании микроколлапсаров.

Трудно в деталях описать, как именно ведет себя звезда в поле тяготения массивной черной дыры, но можно предположить, что вначале она разрывается на части приливными силами, а затем поглощается коллапсаром в виде ярко светящегося потока сильно ионизированного газа. После такого акта звездного каннибализма от голубого гиганта останется лишь разреженное облако, вращающееся вокруг черной дыры.

И все-таки хотя само существование гравитационных коллапсаров уже давно не вызывает сомнения у подавляющего числа астрономов и физиков, категорично утверждать, что в данной точке небесной сферы расположилась именно невидимая замерзшая звезда коллапсара, было бы несколько опрометчиво. Ведь мало еще оценить по косвенным признакам массу небесного тела, которое правильнее было бы считать неопознанным космическим объектом, нужно еще обязательно измерить его радиус, для чего необходимы прямые наблюдения. Это пока еще не решенная задача даже для нашего ближайшего галактического окружения. Поэтому астрофизики все же предпочитают говорить именно о кандидатах в гравитационные коллапсары, хотя газеты и журналы часто сообщают об очередном открытии черной дыры как о точно установленном научном факте.

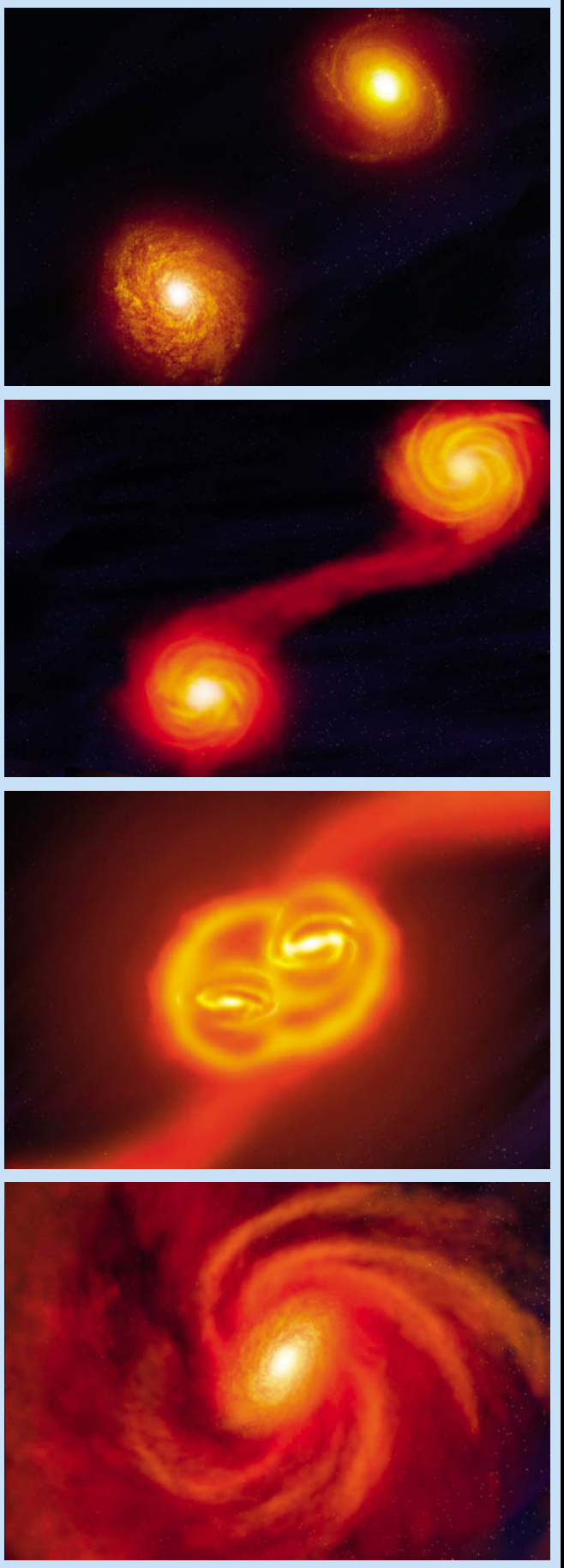
▾ Скрытое пространство черной дыры

Теория струн предсказывает, что пространство имеет более трех измерений, то есть своеобразные атомы пространства-времени закручены в многомерный кокон дополнительных измерений. Гравитация, в отличие от прочих сил, должна распространяться по всем этим измерениям и поэтому может теоретически усиливаться на сверхмалых расстояниях.

Все приведенные рассуждения справедливы и для миниатюрных коллапсаров с массой, составляющей несколько миллиардов тонн, которые нагреваются до температур в десятки тысяч градусов. Следует сразу отметить, что противоречий с основными свойствами замерзших коллапсаров здесь нет, ведь это излучение испускается слоем вещества, притянутого к гравитационной сфере, а не содержащегося в самой черной дыре.

Итак, черная дыра в теории рано или поздно должна исчезнуть испарившись. По мере того как будет происходить «усыхание», темп испарения увеличится, но все равно данный процесс займет чрезвычайно много времени. Подсчитано, что реликтовые коллапсары, возникшие 10–13 миллиардолетий назад, должны уже испариться практически полностью. Тут могут быть и весьма любопытные соображения, касающиеся таинственных источников сверхвысокоэнергетических частиц, иногда попадающихся в космических ливнях. Дело в том, что в конце жизни реликтовые мини-дыры имеют колоссальную температуру, поэтому продуктами их испарения могут быть частицы очень высокой энергии. Рассеиваясь на атомах атмосферы, они и будут по-

▸ Рождение черной дыры при слиянии тесной звездной пары



рождать космические ливни из высокоэнергетических частиц.

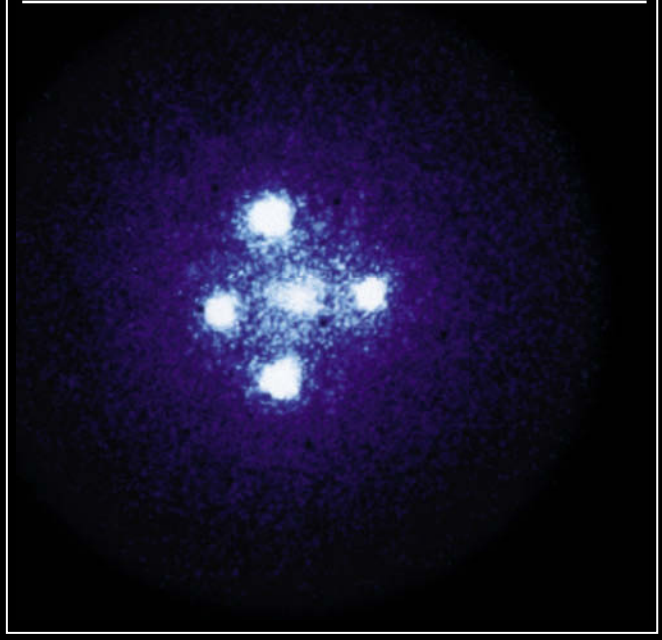
Существует гипотетическая возможность рождения микроскопических черных дыр при взаимных соударениях быстрых элементарных частиц. Таков один из прогнозов теории струн, конкурирующей сейчас среди физических теорий строения материи.

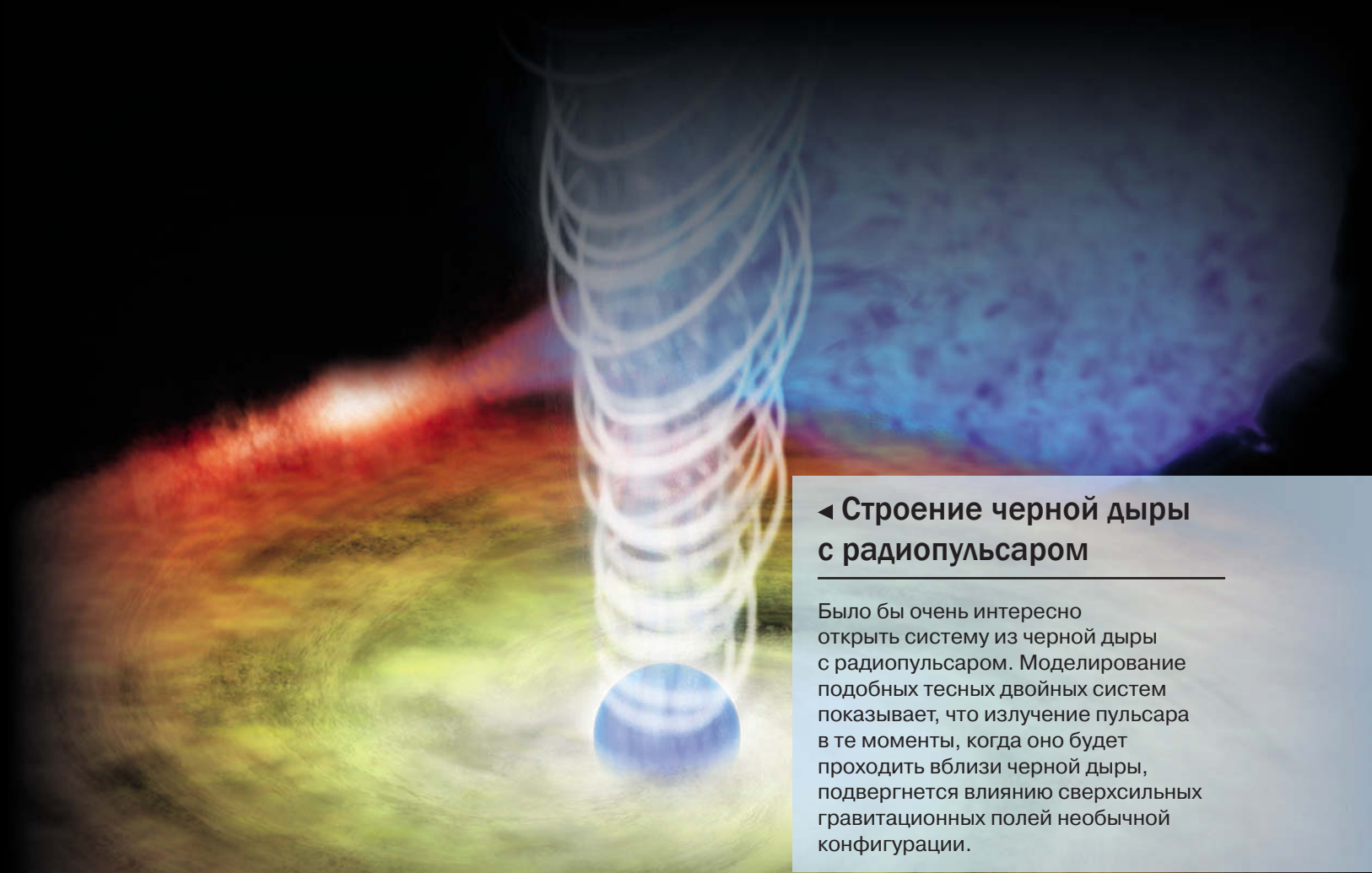
Как и всякое очень массивное тело, застывшая звезда отклоняет световые лучи, проходящие вблизи нее. Причем обладая значительно концентрированным гравитационным полем, черная дыра отклоняет поток света чрезвычайно сильно. Поэтому если на луче зрения оказался бы звездный коллапсар, то открывающаяся перед нами картина сильно бы исказилась.

Нынешний успех астрономии в поиске новых кандидатов в гравитационные коллапсары показывает, что черные дыры могут быть не только экзотическими объектами Метагалактики, но и открывать перед нами многие причудливые особенности природы небесных тел.

Первые доказательства правоты теории Эйнштейна были получены еще в 1920-е годы. Тогда астрономы обнаружили, что при полном солнечном затмении видны звезды, которые должны быть на самом деле

▼ Гравитационная линза «Крест Эйнштейна»





◄ Строение черной дыры с радиопульсаром

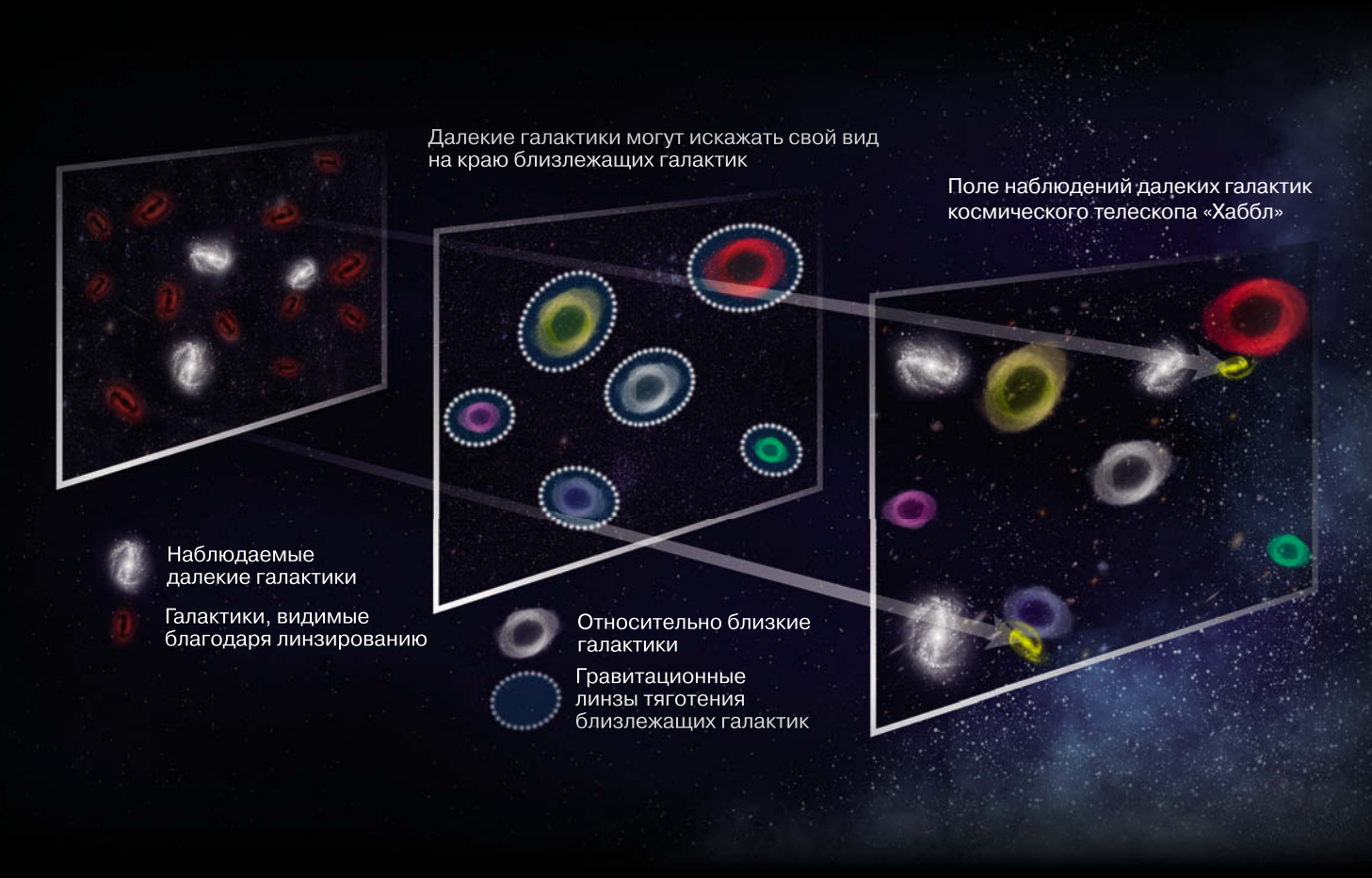
Было бы очень интересно открыть систему из черной дыры с радиопульсаром. Моделирование подобных тесных двойных систем показывает, что излучение пульсара в те моменты, когда оно будет проходить вблизи черной дыры, подвергнется влиянию сверхсильных гравитационных полей необычной конфигурации.

заслонены краем лунного диска, своей чернотой полностью покрывающего Солнце. Между тем солнечная гравитация настолько сильно искривляла лучи этих звезд, что их изображения сместились и выплыли из-за солнечного диска. Этот эффект назвали гравитационным линзированием, и сегодня астрономы прекрасно знают, что под влиянием гравитационных линз массивных звезд и черных дыр реальное положение многих небесных тел существенно отличается от видимой на небосводе картины.

Для массивных коллапсаров, многократно превышающих Солнце по массе, должны наблюдаться удивительные визуальные эффекты, при которых вокруг контура черной дыры лучи проходящего вблизи света составят яркое кольцо. Это гравитационное линзирование связано с тем, что свет отклоняется в сверхмощном гравитационном поле наподобие того, как это происходит с ним в стеклянной линзе. В результате астрономы могли бы увидеть сразу несколько изображений каждой звезды или дальней галактики.

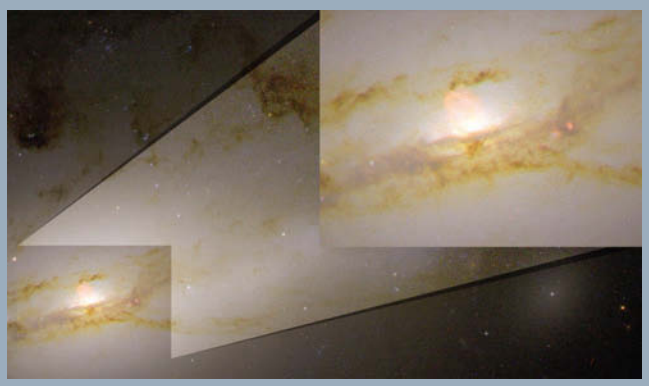
Излучение для черной дыры звездной массы, приводящее к ее очень медленному испарению, невелико, поэтому единственным реальным источником свечения коллапсара следует считать падение на его поверхность межзвездной среды. В блестящем научно-фантастическом рассказе «Проверенным дедовским способом» Артур Кларк описывает, как попавшие в беду космонавты сигнализируют азбукой Морзе, бросая в черную дыру обломки астероида и вызывая вспышки гамма-излучения. Однако далеко не каждый камень, провалившийся в черную дыру, проявит себя для земных детекторов, ведь пока еще мы можем зарегистрировать лишь космические катаклизмы, дающие вспышки излучения при падении одной черной дыры на другую и их слиянии, какие уж там камни…

Если мы представим себе падение массивного тела на нейтронную звезду, то при столкновении с ее поверхностью возникнет вспышка излучения, а у застывшей звезды реальная поверхность отсутствует, поэтому для подачи сигнала космонавтам пришлось бы не просто бросать камни, а сталкивать их друг с другом на подлете. Именно поэтому пыль и газ, поглощаемые черной дырой коллапсара, дают весьма незначительный выход энергии. Для высвечивания замерзшей звезды необходимо, чтобы вокруг нее возник вращающийся пылегазовый диск. Только тогда частички межзвездной среды, двигаясь по сходящимся к гравитационной поверхности коллапсара спиралям в плоскости диска, будут эффективно сталкиваться и разогреваться. Именно подобные «горячие» диски и являются признаком наличия кандидатов в черные дыры.



▲ **Линзирование изображения далеких галактик**

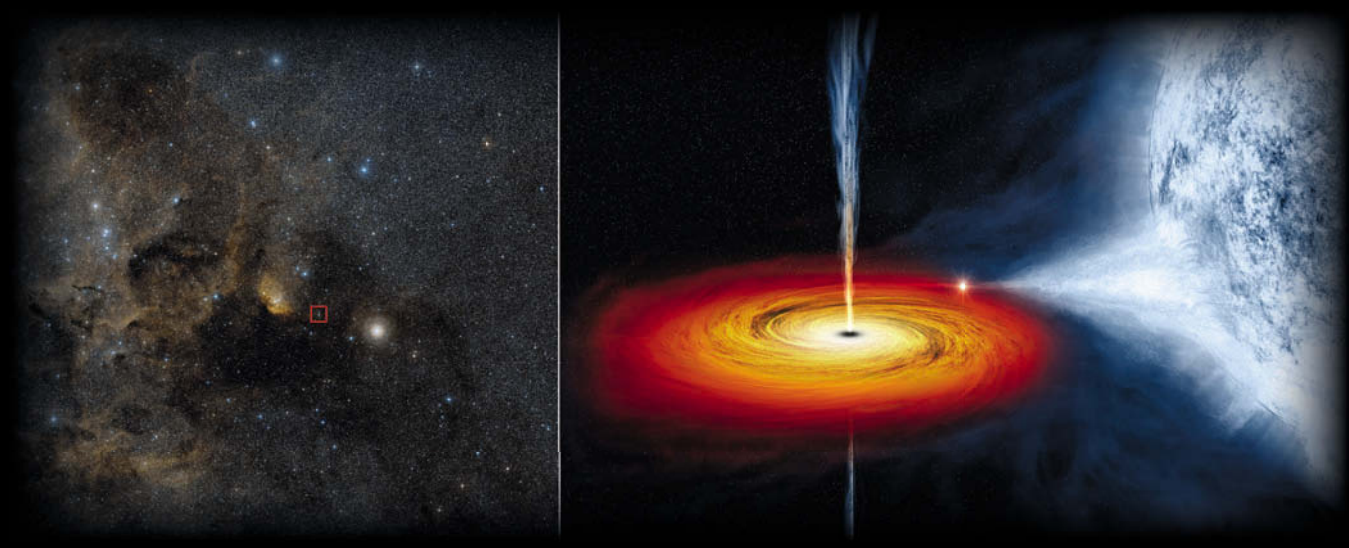
▸ Гипотетический коллапсар в ядре активной галактики



Астрофизики вплотную приблизились к открытию коллапсаров в ядрах активных галактик. Во многих из них звездные траектории свидетельствуют о присутствии очень массивных и компактных объектов. Но оптическая сила даже лучших современных космических телескопов не позволяет увидеть хотя бы окружение коллапсара из излучающей межзвездной материи. Хотя наша галактика никак не относится к активным, но в ядре Млечного Пути, как мы уже отмечали, тоже притаился кандидат в черные дыры массой в миллион Солнц. Застывшие звезды в ядрах галактик должны интенсивно поглощать межзвездную среду и ближайшие звезды, разрывая их гравитацией. В теории коллапсары могут образовывать и двойные системы, как при слиянии двух галактик с ядрами-коллапсарами, когда может выстроиться удивительная система из нескольких черных дыр.

Ну а что же произойдет, когда масса коллапсара уменьшится до критического размера? Достоверно ничего не известно, поскольку мы не имеем представления, что в действительности происходит за эргосферой черной дыры. Можно, к примеру, предположить, что коллапсар исчезнет в колоссальной вспышке излучения. Вполне возможно, что подобную природу имел и Большой взрыв, создавший нашу физическую реальность. Но если наша Вселенная будет продолжать свое ускоренное расширение, эффективная температура упадет ниже температуры черных дыр. Трудно сказать, как будут тогда выглядеть вселенские просторы, на которых станут, испаряясь, выделять энергию далекие коллапсары. Некоторые космологи строят на этом смелые гипотезы о грандиозных циклических процессах, протекающих во Вселенной с участием черных провалов пространства-времени.

Если в настоящее время критическая плотность вещества, необходимая для образования коллапсара,

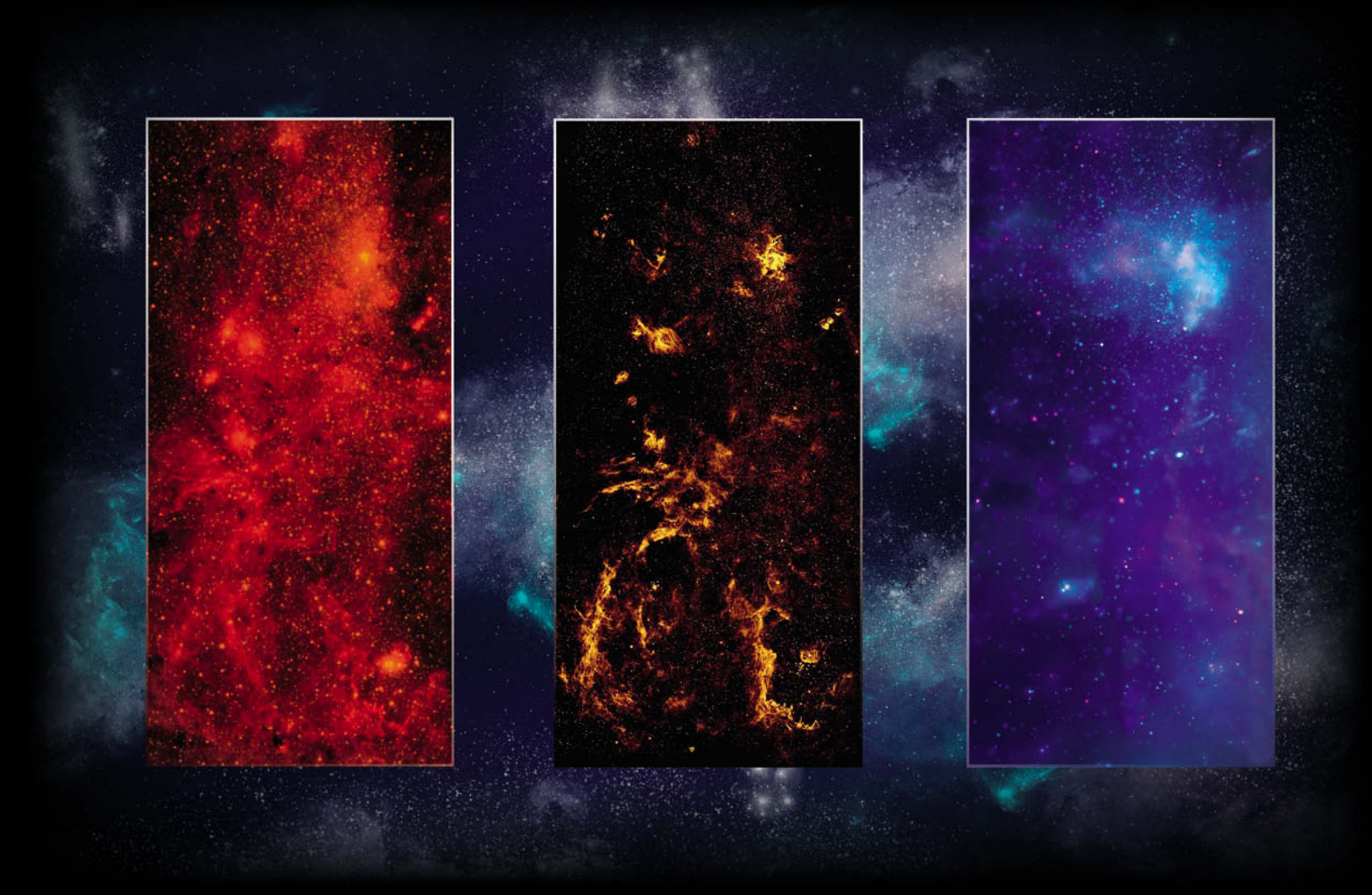


▴ Призрачная оболочка замерзшей звезды

Международный консорциум астрономов совместными усилиями обнаружил в пределах созвездия Лебедя, входящего в нашу Галактику, еще одного кандидата в черные дыры. В данном случае наблюдается гигантский пузырь диаметром в десяток световых лет. То, что коллапсары, поглощая значительные массы межзвездной материи, могут выбрасывать в пространство колоссальные потоки заряженных частиц, называемых джетами, известно уже давно. Однако подобный коллапсар в двойной звездной системе, сумевший «раздуть» в окружающем пространстве такой огромный пузырь, расширяющийся со скоростью свыше 100 км/с, встречается ученым впервые.

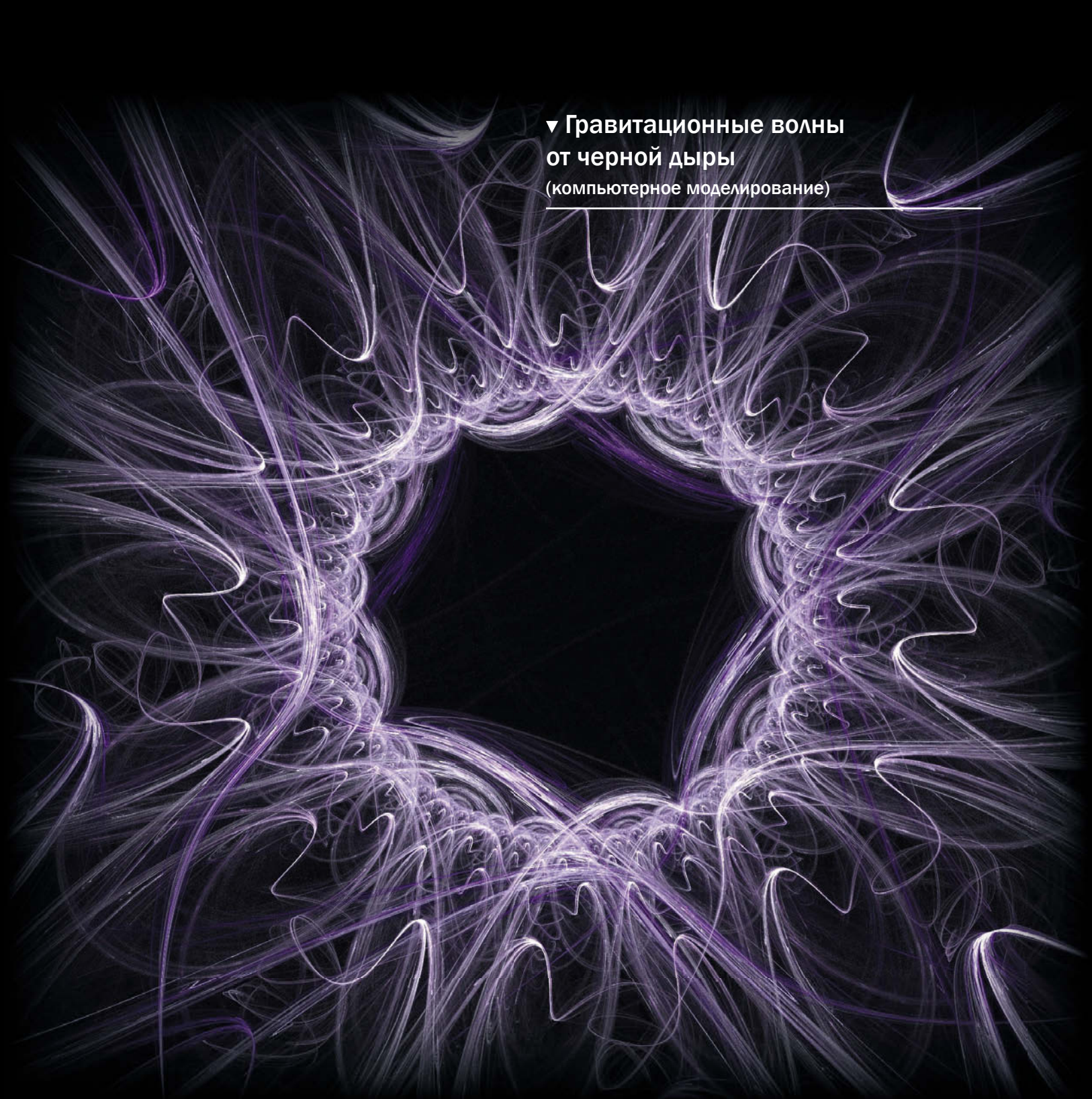
возможна лишь при определенных условиях в ядрах массивных звезд, то при рождении нашего мира около 13 млрд лет назад высокая плотность материи была повсеместно. Поэтому даже небольшие флуктуации плотности могли привести к рождению черных дыр разной массы. Самые незначительные из них в силу определенных квантовых эффектов должны были быстро испариться, теряя свою массу в виде излучения потоков частиц. Первичные коллапсары, в принципе, могли бы сохраниться и до нашего времени, причем самые микроскопические из них могут иметь размер порядка протона или нейтрона.

В тесных двойных системах с участием застывшей звезды вокруг нее сравнительно легко и быстро возникает газопылевой диск, определяемый орбитальным вращением двух звезд и перетеканием вещества с обычной звезды на замерзшую. В случае одиночной черной дыры ситуация сильно усложняется, и для возникновения плотной газопылевой оболочки из турбулентной и неоднородной межзвездной среды могут потребоваться десятки, если не сотни миллионолетий. Если диск возник, то каждая падающая масса может выделить колоссальную энергию. Но все же одиночные коллапсары вряд ли будут заметными источниками излучения — слишком мало



▲ Ядро нашей Галактики в инфракрасном, видимом и рентгеновском диапазонах

В центре изображения находится кандидат в сверхмассивные коллапсары из нашего галактического центра, хорошо известный как радиоисточник Стрелец А (эта замерзшая звезда или даже система из нескольких коллапсаров превышает в 3–4 млн раз массу Солнца). Такой монстр еще занимается звездным каннибализмом, то и дело проглатывая ближайшие массивные светила. При этом обреченные звезды разогреваются до сотен миллионов градусов, высвобождая энергию, сравнимую с самыми масштабными катаклизмами Вселенной — вспышками сверхновых.

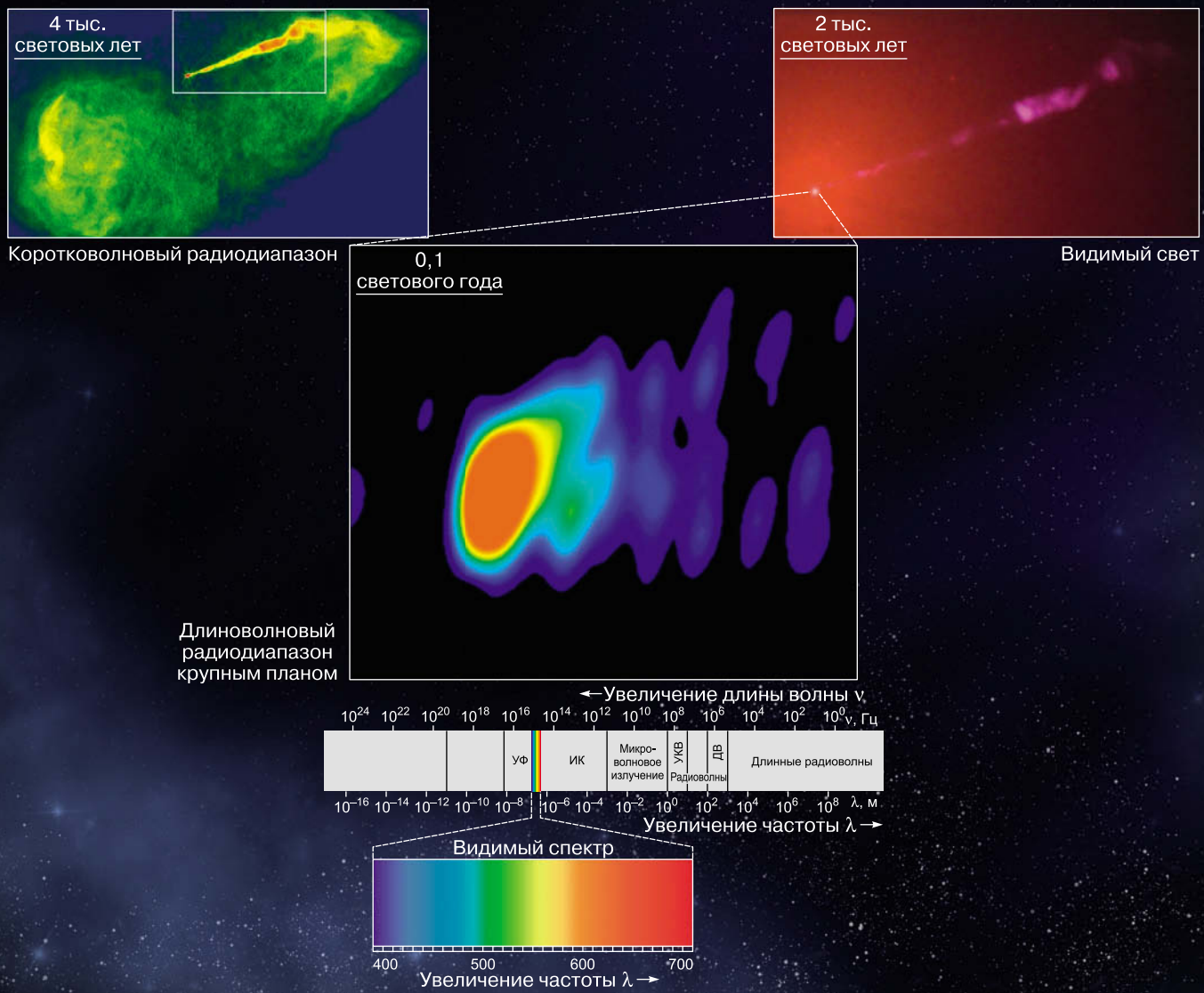


▼ Гравитационные волны от черной дыры
(компьютерное моделирование)

вещества рассеяно в космосе, наверное, поэтому они еще и не открыты.

Астрофизикам известно уже несколько десятков двойных систем, где на роль невидимого компаньона претендуют коллапсары массой более трех солнечных с некоторыми характерными проявлениями активности вещества вокруг загадочного компактного объекта. К примеру, наблюдаются довольно быстрые колебания яркости в потоках раскаленного газа, стремительно закручивающегося в гигантские вихри вокруг невидимого тела. В этом отношении астрономы находят перспективной рентгеновскую двойную звезду V404 Лебедя с неизвестным компонентом в шесть солнечных масс. Есть и еще кандидаты в черные дыры, располагающиеся в двойных системах Лебедь X-1, LMC X-3, V616 Единорога, QZ Лисички, а также в рентгеновских новых звездах Змееносец 1977, Муха 1981 и Скорпион 1994.

Еще одно направление поиска коллапсаров — исследование ядер галактик. Астрономы давно уже заметили, что в них скапливаются, уплотняясь, гигантские



▲ Полет кандидата в коллапсары

массы вещества, взаимодействуют, сливаясь сотни и тысячи светил, что теоретически должно приводить к возникновению сверхмассивных черных дыр, во много раз превосходящих по массе Солнце. Эти циклопические коллапсары должны притягивать окружающие тела, ярко светя в центрах галактик. Они могут разрушать все близко обращающиеся звезды, создавая вокруг себя колоссальные аккреционные диски. Если коллапсар стремительно вращается, то из его полярных областей будут вырываться джеты в виде очень быстрых струйных потоков частиц и жесткого электромагнитного излучения. Подобные процессы действительно наблюдаются в ядрах некоторых галактик, указывая на вероятность присутствия кандидатов в сверхгигантские коллапсары с массами чуть ли не в миллиард масс Солнца.

▲ Эволюция группы коллапсаров в черную дыру

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Космический телескоп «Хаббл» помог астрономам обнаружить уникального кандидата в черные дыры, который стремительно несется по просторам галактики M87. Обычно застывшие звезды ведут себя несколько иначе, достаточно спокойно располагаясь в звездных парах, скапливающихся вблизи галактических ядер. В данном же случае кандидат в коллапсары летит с фантастической скоростью, превышающей 400 тыс. км/ч, обгоняя более чем в четыре раза другие звезды, вращающиеся вместе с M87. Скорее всего, стремительным коллапсаром выстрелила вспышка сверхновой из тесной звездной пары, когда значительная часть оболочки взрывающейся звезды мгновенно сбрасывается. Обычно массивные светила появляются в звездных скоплениях, и для поиска их места рождения нужно аккуратно пустить время вспять, продолжив траекторию назад в прошлое, пока она не пересечет подходящее место для «звездных яслей». Интересно решить и обратную задачу: зная начальную скорость коллапсара, продолжить траекторию его полета в будущее, указав его местоположение в настоящий момент. Это было бы весьма любопытно с любой точки зрения, ведь свет от далеких застывших звезд (вернее, от их окружения) часто идет сотни тысячелетий.

Глава 20
Белые дыры и параллельные вселенные

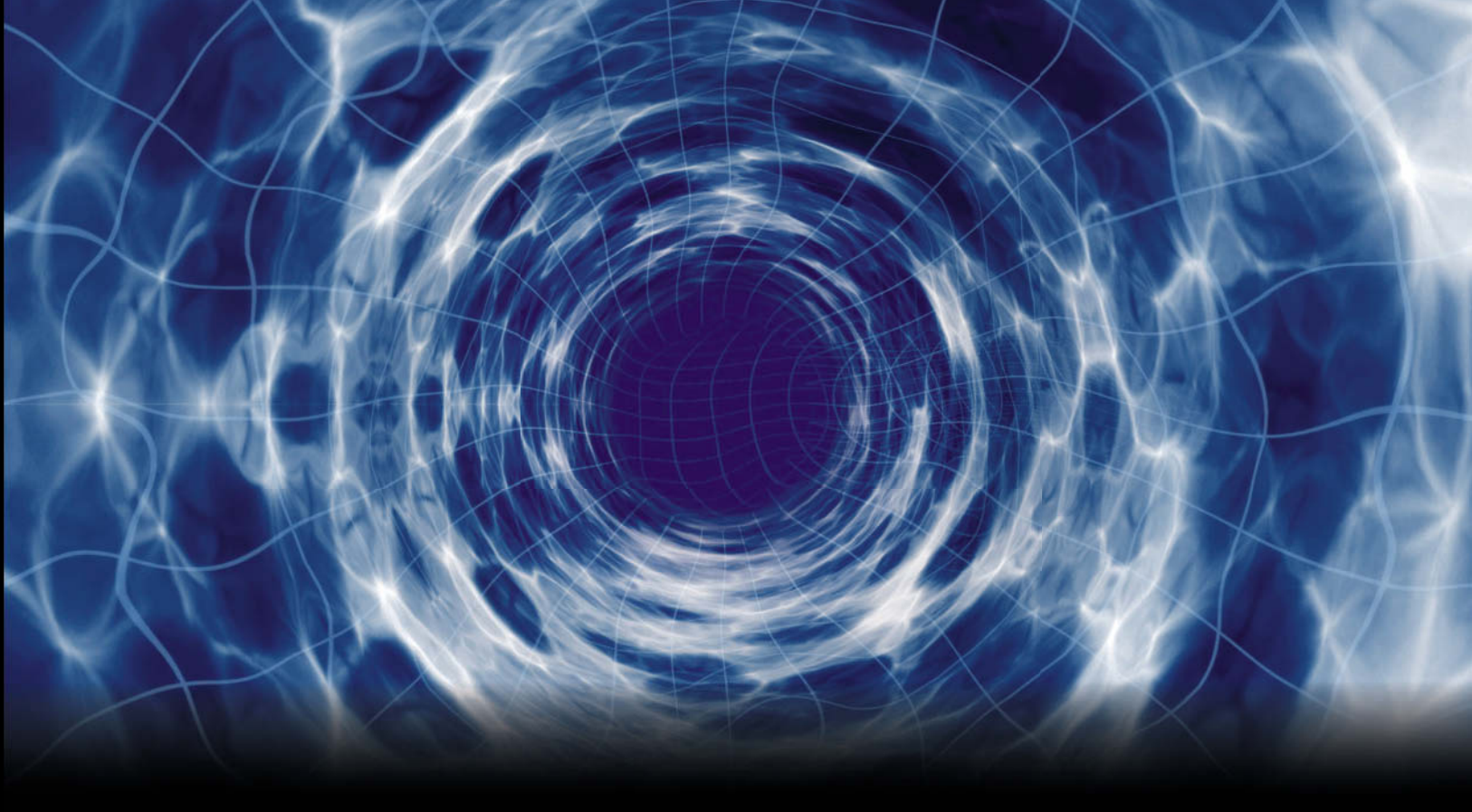
«Исследование звезд позволило узнать много нового и о законах физики, ибо для нас звезды — это гигантские физические лаборатории, в которых материя находится в условиях, вряд ли осуществимых в скором времени, а может быть и вообще неосуществимых в земных лабораториях».

С. А. Каплан. Физика звезд

▲ Белая дыра антиколлапсара

«Белых дыр столько же, сколько черных.
Это космические вулканы, которые выбрасывают поглощенную черными дырами материю, порождая новые вселенные».

Б. Темпл. Современная космология



Долгое время, развивая теорию гравитационных коллапсаров, никто даже не пытался задаваться «запрещенным» вопросом: а что же находится в самом центре ядра застывшей звезды? Формальные рассуждения о том, что в сингулярности черных дыр исчезают привычные нам свойства пространства-времени, а многие параметры начинают стремиться к бесконечности, мало кого могли удовлетворить. В последней четверти XX века неожиданно возникла парадоксальная теория, предполагающая, что во Вселенной кроме черных есть еще и белые дыры и к ним ведут подпространственные каналы из области сингулярности коллапсаров.

Будучи полными антиподами застывших звезд, белые дыры должны постоянно выбрасывать энергию и материю, и хотя белых дыр (впрочем, как и черных) никто еще не видел, их существование вполне вписывается в современную концепцию гравитационного коллапса и безукоризненно с математической точки зрения. Авторами идеи о белых коллапсарах являются физики-теоретики, которые интерпретировали таким образом некоторые необычные решения, полученные при моделировании на сверхмощных компьютерах сценариев возникновения коллапсирующих объектов.

У теоретиков эстафету перехватили астрофизики, которые, основываясь на уравнениях теории гравитации Эйнштейна и их решениях, полученных Шварцшильдом, смело связали возможность существования белых застывших звезд с точками разрыва между различными вселенными, одна из которых связана с черной дырой, а вторая — с белой. При этом может существовать некий подпространственный туннель, на одном конце которого располагается черная дыра со стороны нашей Вселенной, а на другом — белая дыра со стороны уже иного мира. Ученые полагают, что вся материя, исчезающая в черной дыре, в неизмененном виде выбрасывается через белую. Но происходит это совершенно парадоксальным образом, а не в последовательности «поглощение — выброс». Согласно теории относительности, время в подобных межпространственных каналах способно течь вспять, и поэтому сам по себе момент выброса материи из перехода может произойти до момента ее поглощения.

Кроме черных и белых дыр можно представить себе еще и необычные коллапсары, в которых вещество выбрасывается из внутренней оболочки вблизи сингулярности и поднимается на некоторую высоту над горизонтом событий застывшей звезды, чтобы затем опять устремиться под гравитационную оболочку. В своих теоретических моделях некоторые физики настойчиво доказывают, что геометрия коллапсаров вполне допускает наличие подобных явлений для нового вида небесных тел, названных серыми дырами. Если представления об обычных гравитационных коллапсарах появились в исследованиях эволюции звезд, то идеи о белых и серых дырах возникли в чисто теоретических построениях, связанных с попытками хоть как-то прояснить внутреннюю структуру застывших звезд.

Детальное изучение процессов гравитационного коллапса показало, что возможность образования

▲ Серая дыра

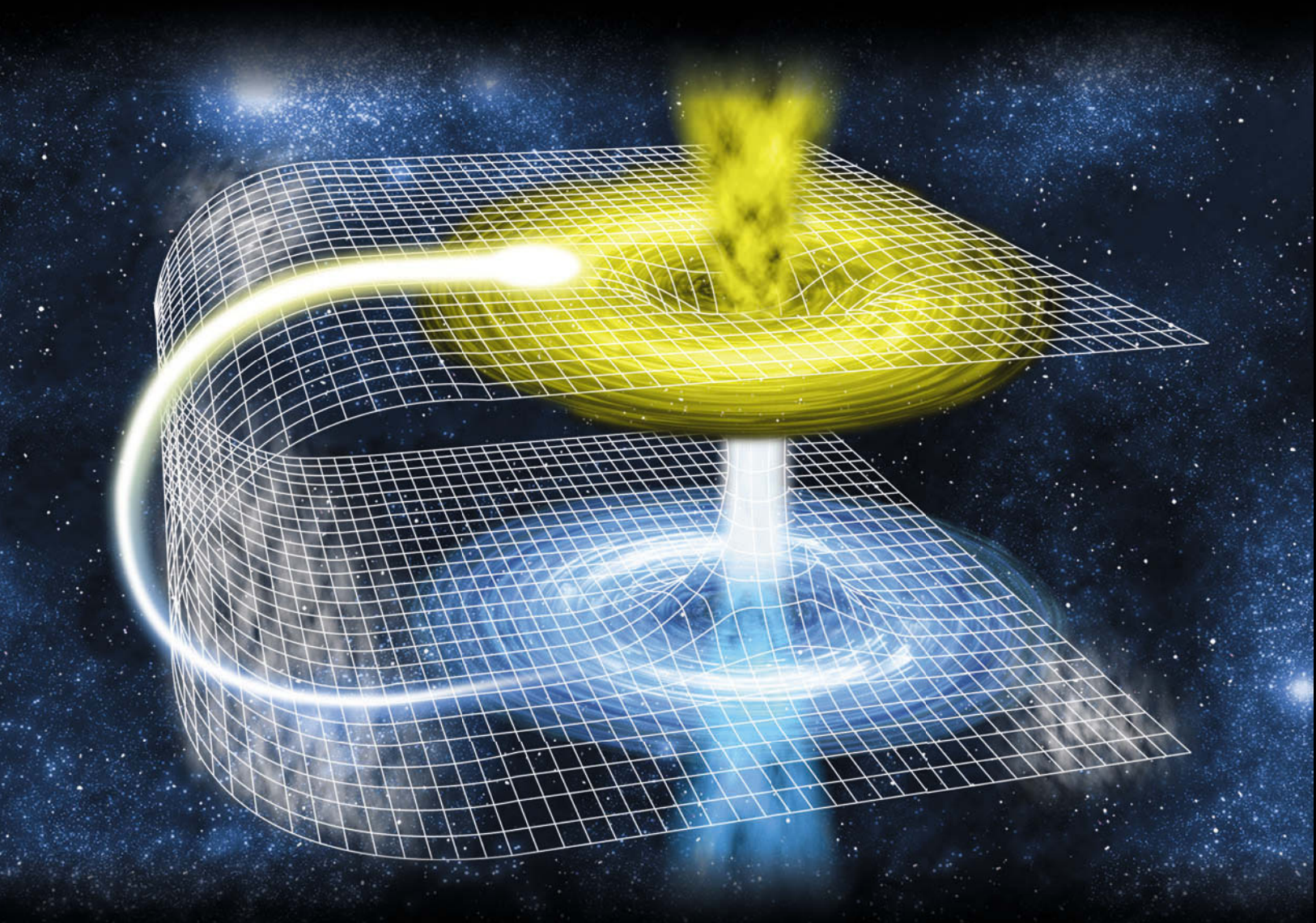
Некоторые физики-теоретики доказывают, что процесс гравитационного коллапса не может развиваться бесконечно, как следует из классической теории, и должен остановиться на некоторой досингулярной стадии, образовав серую дыру.

стационарных серых и белых дыр крайне мала. Однако большинство реальных звезд вращается, как стремительные волчки, и следовательно, из них должны образовываться крутящиеся черные дыры. Если попытаться детально представить гравитационный коллапс вращающегося светила, то надо учитывать и обширные области пространства-времени, находящиеся над гравитационной поверхностью формирующейся застывшей звезды. Именно отсюда следует логический вывод, что подобная звезда, превращающаяся в черную дыру в одной вселенной, может предстать белой дырой в ином мире. Так, сингулярность гравитационного коллапса в одной вселенной может отразиться расширяющимся антиколлапсом в другую вселенную. Причем устойчивость этих странных белых дыр напрямую зависит от скорости вращения исходного коллапсирующего объекта.

Схематическая модель вращающейся белой дыры была разработана во второй половине прошлого века советским астрофизиком и космологом Игорем Дмитриевичем Новиковым. Относительно стационарных белых дыр профессор Новиков предположил, что, несмотря на их нестабильность, эти образования могли бы играть важную роль в процессе рождения нашего мира.

В этом взрывном процессе отдельные области протопространства напоминали осколки от взрыва гранаты, не принимая участия во всеобщем расширении, сохраняя признаки первичной протосингулярности. Когда же подобные осколки довзрывного состояния начали наконец расширяться, они и проявили все свойства белых дыр. Это должны быть удивительнейшие образования, представляющие собой «доисторические» фрагменты сингулярности Большого взрыва, из которой в нашу Вселенную ворвались вещество и излучение.

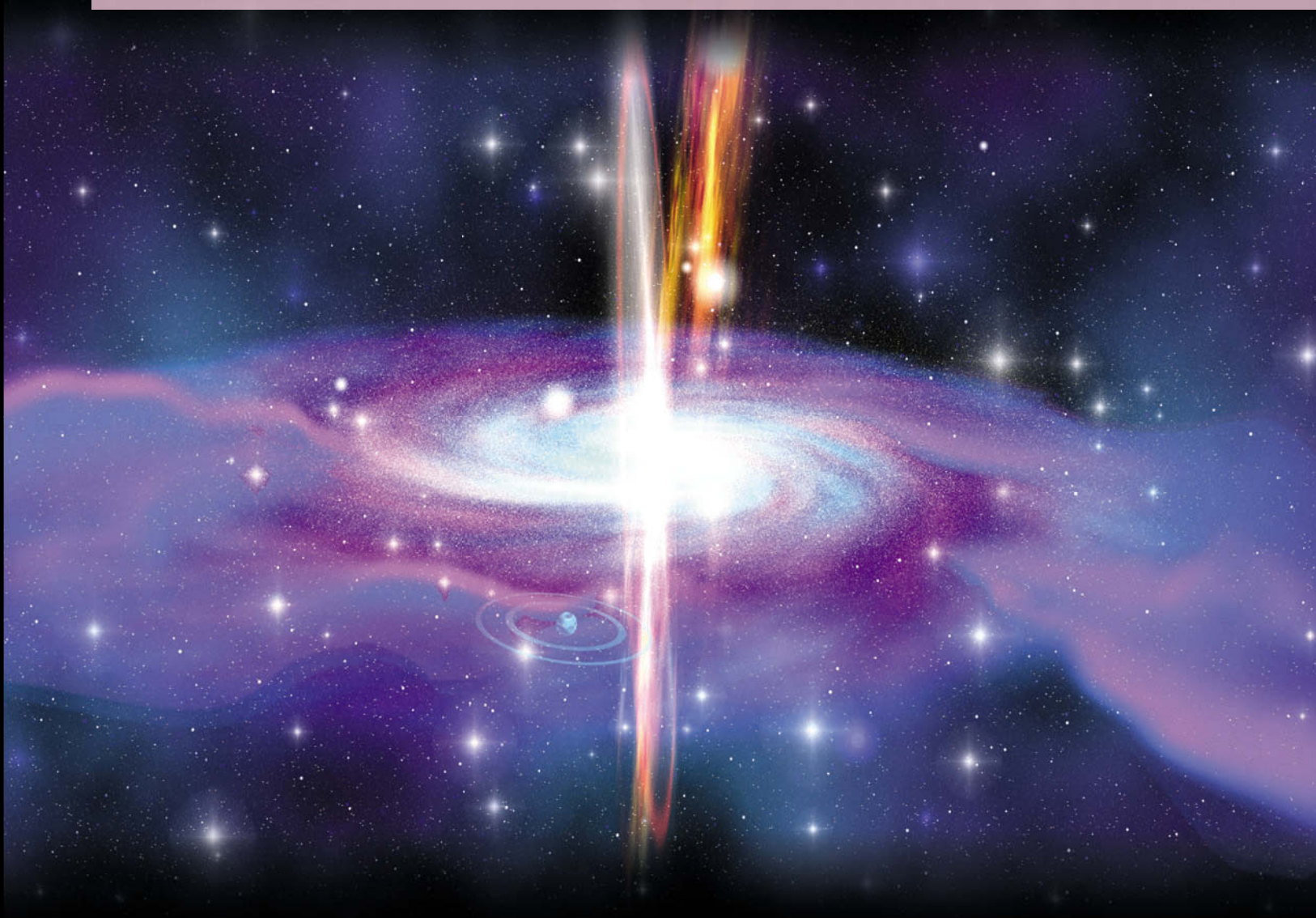
Именно размышления о том, что некие остатки Большого взрыва могли сохраняться очень длитель-



▲ Система из черной и белой дыр, называемая мостом Эйнштейна — Розена (по имени исследовавших этот феномен ученых)

▾ Вращающаяся белая дыра

Расчеты физиков-теоретиков полностью исключили возможность существования в природе стационарных белых дыр. Но что можно сказать о вращающихся или заряженных? Хотя все детальные расчеты для данного случая еще не выполнены, похоже, многие предположения остаются в силе. Для возникновения вращающейся белой дыры должны появиться специальные условия, связанные с локальным перераспределением масс, а может быть, и близким присутствием обычного коллапсара.



ное время, привели Игоря Дмитриевича к предположению о возможности существования белых дыр. По его расчетам, вокруг каждого подобного посланца из сингулярного мира должно накапливаться колоссальное количество мощнейшего излучения фиолетовой части спектра. Через определенное время в фиолетовом слое соберется много света и его массовые и энергетические характеристики начнут настолько сильно искривлять пространство-время, что вокруг зародыша белой дыры замкнется эргосфера гравитационного коллапсара. Время такого превращения белой дыры в черную занимает где-то тысячные доли секунды.

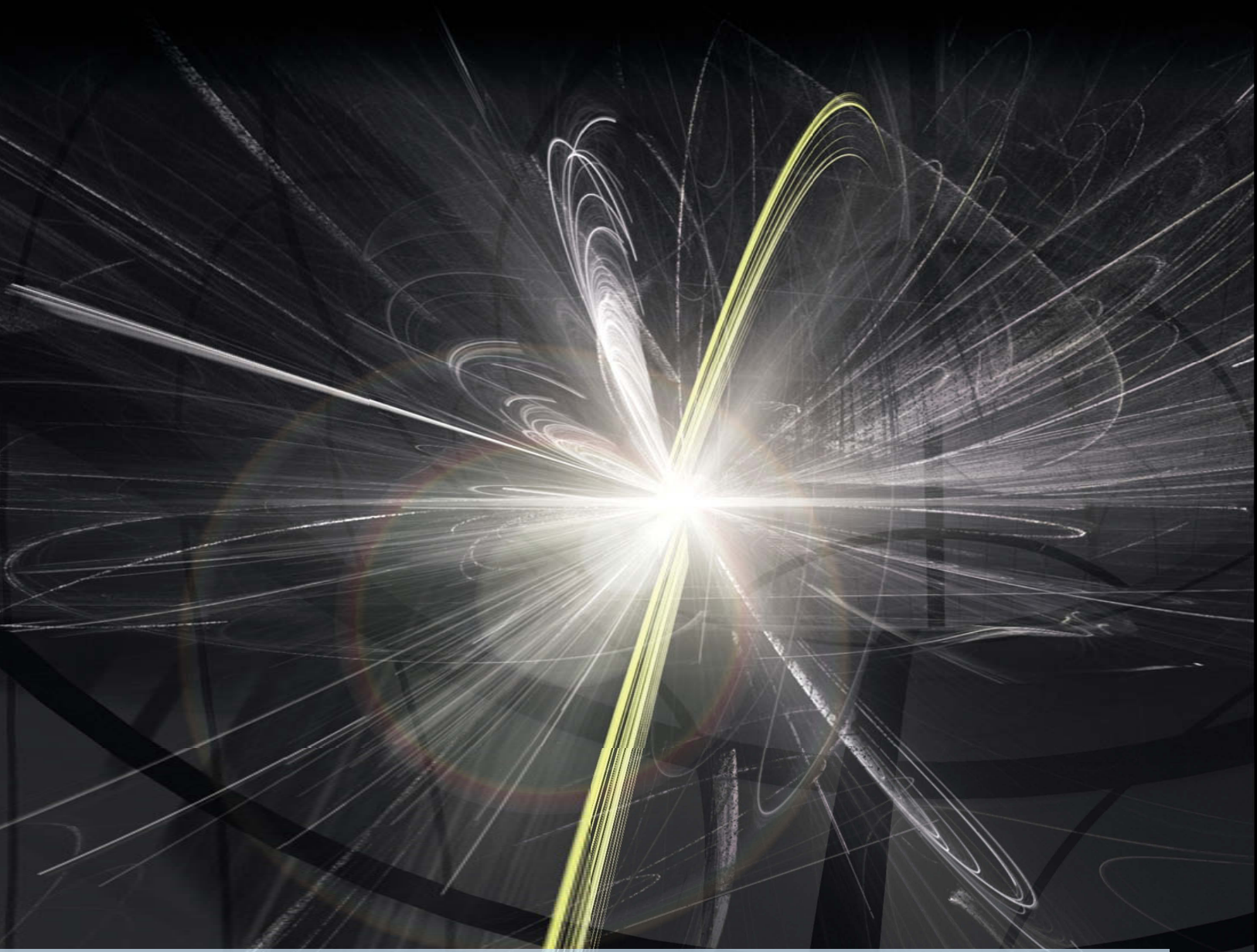
За прошедшие годы проблема белых дыр неоднократно поднималась космологами и астрофизиками, причем ученые прекрасно понимали, что, если от Большого взрыва и сохранились удивительные элементы протосингулярности, обнаружить их будет далеко не просто, поскольку не очень-то и понятно, как они должны выглядеть.

При теоретическом анализе внутренней геометрии гравитационного коллапсара выяснилось, что горизонт будущего для одной вселенной может в то же время как бы являться горизонтом прошлого для другой. То есть любой горизонт событий застывшей звезды в одной вселенной представляет «с изнанки» еще один горизонт событий, через который материя попадает уже из белой дыры в иную вселенную.

Вопрос только в том, когда же это может произойти. Ответ найти непросто, и надо опять окунуться

в глубины микромира. Мы уже знаем, что при изучении рождения пар элементарных частиц физики открыли, что лишенное вещества пространство вакуума заполнено виртуальными парами частиц. Например, для любой точки физического вакуума можно сопоставить наличие виртуальной пары электрон — позитрон. В другую точку можно поместить виртуальную пару протон — антипротон. В каждом приведенном случае влияние виртуальных частиц в полной мере компенсируется влиянием виртуальных античастиц. А теперь представим, что извне падает достаточно мощный гамма-квант и соударяется с виртуальной парой частица — античастица. Виртуальная пара может поглотить столько энергии, что станет вещественной и появится в нашем мире. Таким образом, со стороны процесс «овеществления» пар элементарных частиц воспринимается как поглощение виртуальными парами энергии, превращающей их в реальные микрообъекты.

Ну а теперь давайте вспомним, что происходит вблизи пространственно-временной сингулярности в застывшей звезде. Все, что падает на сингуляр-



▲ У горизонта событий белой дыры

Если взять обычные черные дыры, то на их гравитационном горизонте течение времени с точки зрения внешнего наблюдателя как бы приостанавливается, поэтому и свет, испускаемый каким-либо источником в окрестностях гравитационной поверхности коллапсара, должен испытывать сильнейшее красное смещение. Существует и обратный эффект для света, попадающего за горизонт коллапсара. Приобретая энергию, он получает сильное фиолетовое смещение.

▾ Вселенная белых дыр

Отдельные космологи предлагают экзотический сценарий, когда наша Вселенная все еще продолжает формироваться в оболочке сверхмировой белой дыры. В то же время идет просачивание нашей физической реальности «наружу», так что через некий космологический срок, может быть, включающий сотни миллиардолетий, можно будет увидеть внешнюю оболочку белой дыры. Что же смогли бы увидеть наши сверхдалекие потомки? Скорее всего, ничего, что имеет хоть какой-то аналог в нашем мире, ведь белые дыры таинственным образом изменяют понятия времени и пространства, по крайней мере так это выглядит в теории.

ность, разрывается на части приливными силами, поскольку в непосредственной близости от сингулярности они настолько велики, что способны разрушить любой объект.

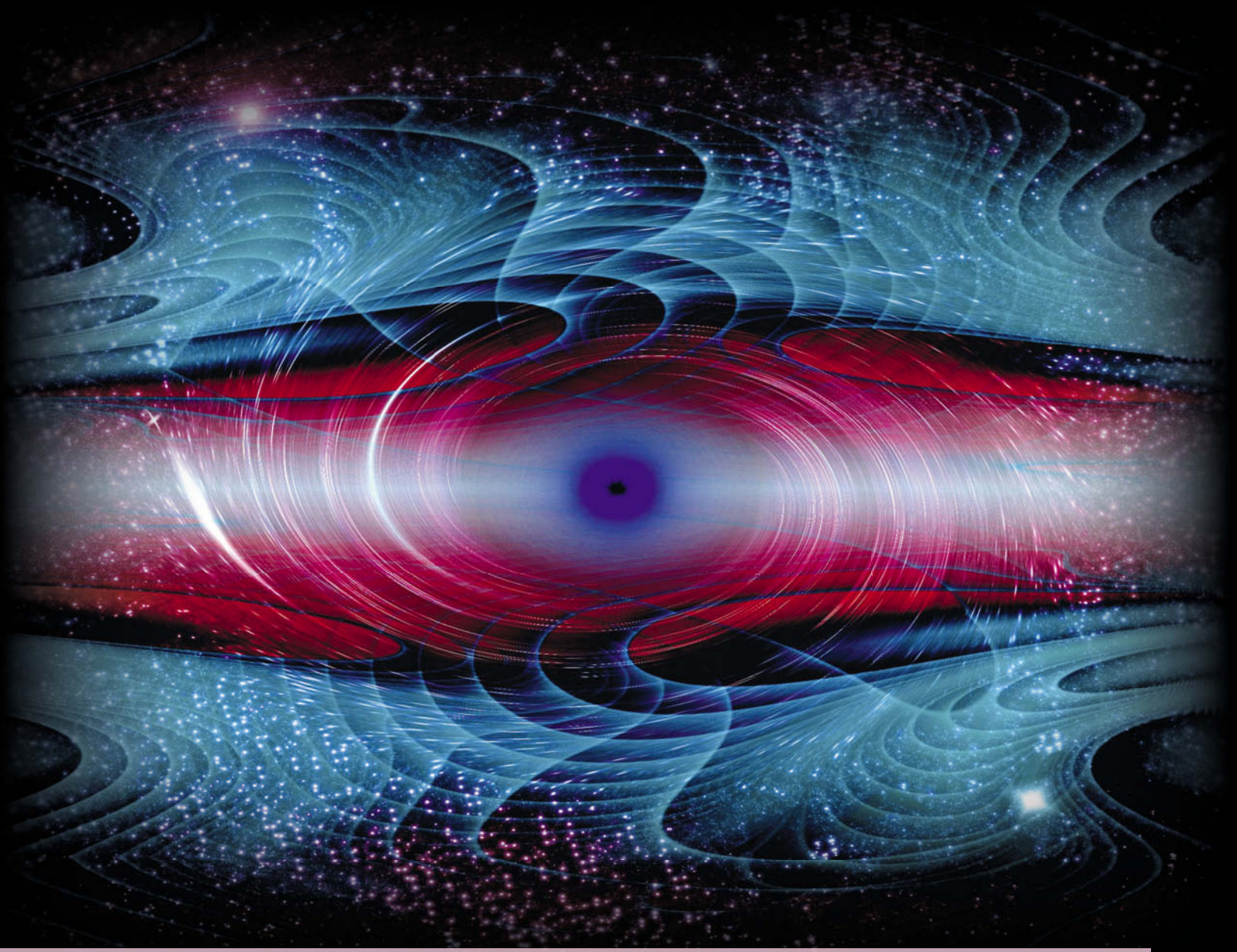
Ну а теперь рассмотрим еще раз физический вакуум, окружающий эргосферу — область пространства-времени, расположенную между горизонтом событий и так называемым пределом статичности. Объекты, находящиеся в пределах эргосферы, неизбежно вращаются вместе с застывшей звездой. Космический корабль, попавший в эргосферу, мог бы еще, в принципе, вырваться наружу, имея достаточную мощность двигателей. Физический вакуум просто кипит океаном невидимых виртуальных частиц, непрерывно рождая такие же виртуальные пары частица — античастица. В области сингулярности приливные силы вполне способны разорвать эти пары на отдельные элементы.

Теория предсказывает, что сам процесс разрыва пар может оказаться настолько сильным, что каждая виртуальная частица получит энергетическую возможность стать реальным микрообъектом. Так в субсингулярном пространстве возникают потоки частиц и античастиц.

Предсказание этого явления впервые встречается в оригинальных теоретических статьях Стивена Хокинга и приводит к некоторым важным выводам. Таким образом, если в стационарном коллапсаре возникает сингулярность, то она теоретически может разорвать около себя метрику пространства-времени и заполнить коллапсар веществом и антивеществом. Во вращающихся коллапсарах процесс должен

протекать аналогично. Надо еще учитывать то, что в газопылевом диске, опоясывающем застывшую звезду, скорости частиц достаточно велики, так что их столкновения порождают интенсивное электромагнитное излучение, включая высокоэнергичные фотоны рентгеновского излучения. Через некоторое время непрерывные столкновения уменьшают энергию частиц и скорость их вращения вокруг черной дыры, так что они начинают постепенно приближаться к гравитационной оболочке коллапсара и поглощаться им. Другая часть заряженных частиц дрейфует в магнитосфере коллапсара к его полюсам, чтобы затем вылететь оттуда в гигантском джете. Так образуются выбросы частиц, излучающих радиоволны при столкновении с межзвездной материей. Длина подобных выбросов может достигать одного миллиона световых лет.

Изложенные теоретические результаты позволили многим астрофизикам считать, что в нашей Вселенной может существовать равное число белых и черных дыр, что само по себе выглядит достаточно парадоксально. Кроме того, высказывались предположения, что серые и белые дыры равномерно разбросаны по всей Метагалактике и их можно найти



▲ Вход в иные миры

Судя по всему, человеку никогда не создать межзвездных кораблей на химическом топливе, ведь тогда дорога даже к ближайшим звездам займет тысячелетия. Но вполне возможно, что когда-нибудь на пути отважных космонавтов встретится белая дыра, открывающая вход в совершенно иные миры и связывающая нашу Вселенную с иными пространствами и временами.

▲ Полет в иную вселенную

даже в окрестностях Солнечной системы. И сразу же возникает любопытный вопрос: а можно ли найти белые «обратные коллапсары» в окрестностях Солнечной системы? Несмотря на изрядную фантастичность подобного предположения, астрономы изредка сообщают о все новых источниках энергии, расположенных на окраине Вселенной и чем-то напоминающих колоссальные космические вулканы, которые извергают материю, поглощенную замерзшими звездами.

А нельзя ли использовать связь между черными и белыми коллапсарами для построения трансмирового пути между разными вселенными? Ведь идея о существовании внепространственных переходов-туннелей давно уже будоражит умы не только писателей-фантастов, но и вполне солидных ученых. Пока еще главная теоретическая проблема — в краткости мига самого перехода. Призрачный мост между мирами, по всем расчетам, может возникнуть лишь на очень краткие доли мгновения как некая эфемерная вспышка, освещающая изнанку черной дыры. И если белая дыра даже в десяток раз превышает размеры нашего Солнца, то она «сгорит» за тысячные доли секунды, и даже для колосса в миллионы солнечных масс время жизни измеряется всего лишь минутами.

Впрочем, даже если это совершенно фантастическое путешествие когда-нибудь и состоится, отважным космонавтам придется столкнуться со многими затруднениями. Например, их ждет полная неизвестность за границами замерзшей звезды, да и совершенно непонятно, как будет выглядеть мир, в который они попадут. И если даже звездолет уцелеет в новой реальности иного мира, неясно, в каком месте чужой вселенной расположится белая дыра, выбросившая

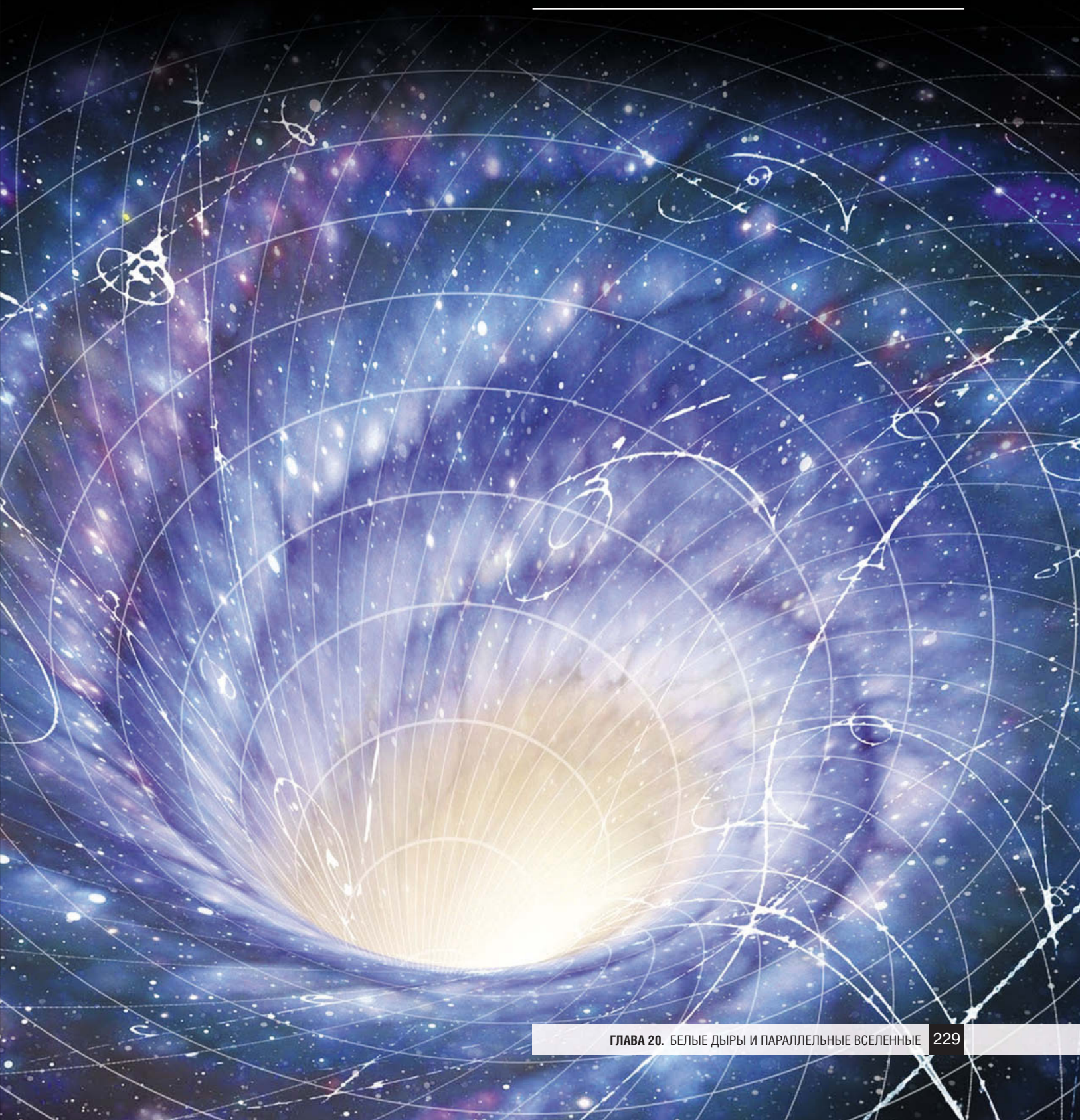
▲ Столкновение белой и черной дыр

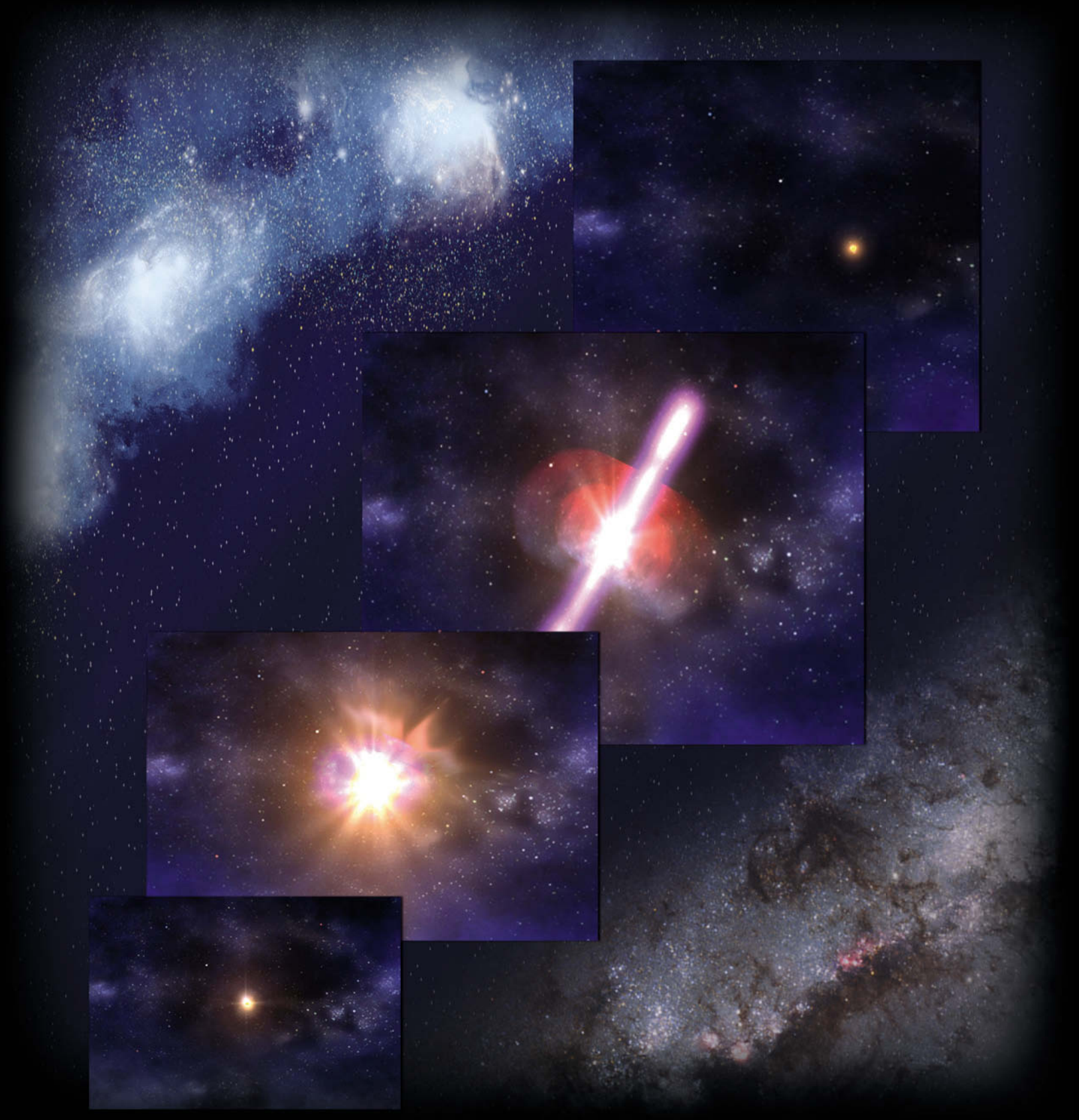
космический корабль. Шанс попасть в родной мир у путешественников останется один на миллиард. Но если допустить, что путешественники сумеют определить, какая именно застывшая звезда связана с их родной Вселенной, они, скорее всего, вернутся совсем в иные времена. Ведь наверняка в силу различных парадоксов теории относительности даже несколько дней для космонавтов, проведенных на борту звездолета в ином мире, выльются в тысячи, а то и миллионы лет, прошедших в нашей Вселенной. Возвратившись в родной мир, экспедиция может не найти ни Солнечной системы, ни Млечного Пути. Впрочем, все эти опасности совсем не пугают энтузиастов внепространственных путешествий, и они уже давно рассуждают, как могут выглядеть космические корабли, способные пролететь через подпространственные ходы, связывающие разноименные коллапсары.

Пока еще все рассуждения о путешествиях через подпространственные каналы, состоящие из порта-

лов черных и белых дыр, выглядят настоящей фантастикой. Да и само существование белых дыр предстает сугубо гипотетическим предположением, правда, подкрепленным множеством математических выкладок и даже компьютерными моделями. Возможно, открытие в будущем реальных белых дыр знаменует для наших потомков получение подпространственного канала, по которому можно будет получать какую-нибудь информацию из иного мира. Можно даже пофантазировать, что вместе с потоками излучения из белого коллапсара когда-нибудь вылетит аппарат, созданный по ту сторону мироздания. Ну а наиболее любопытным будет, если это окажется земной транспространственный зонд, ушедший в странствия через черную дыру и вернувшийся в иные времена через белую... На самом деле ученые все чаще

▾ Белая дыра как антипод черной



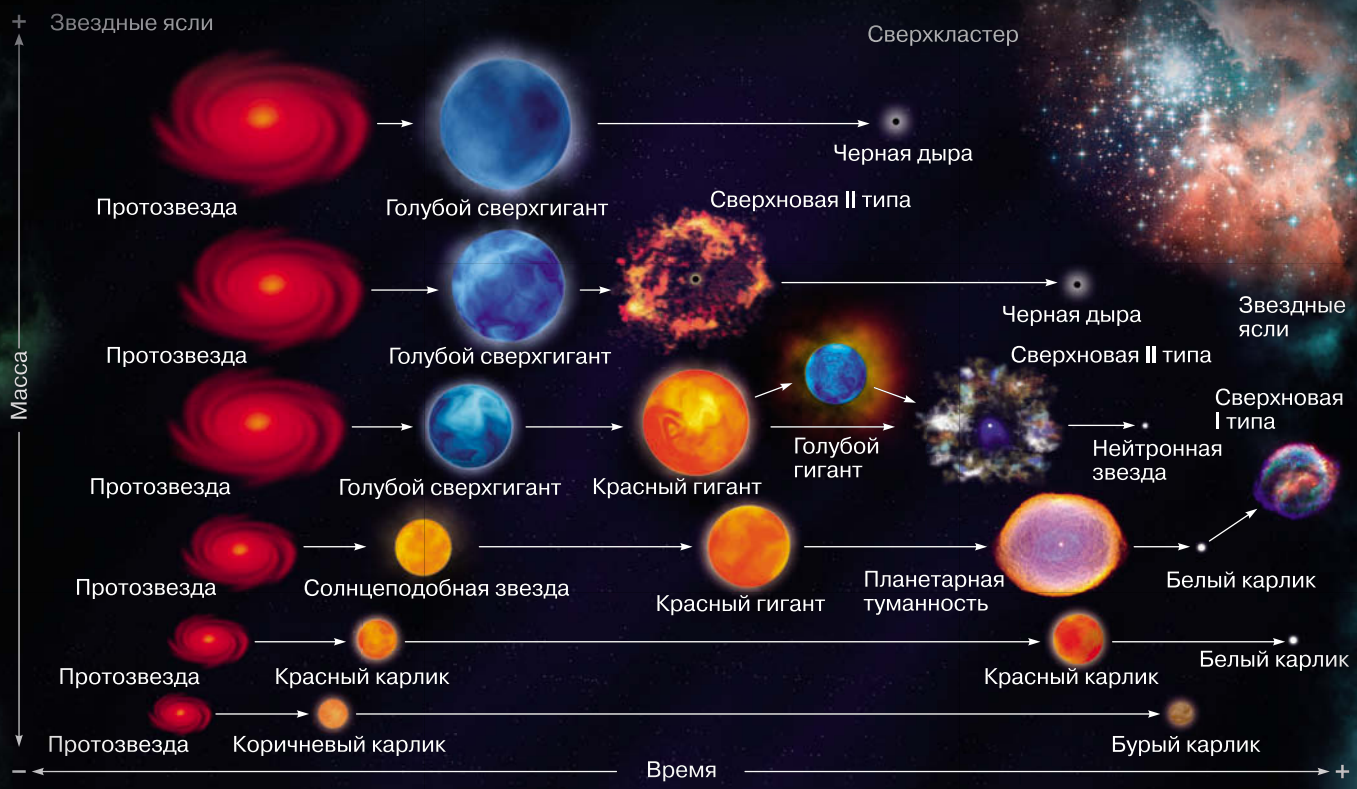


▲ Рентгеновские звездные источники

Вначале астрономы рассматривали эволюцию одиночных звезд, но впоследствии выяснилось, что большинство светил составляет двойные и кратные системы, а это существенная особенность звездообразования. Электронное моделирование и компьютерные расчеты показывают, что при образовании звезд чаще всего формируются двойные системы. Необходимость учета двойных звезд в эволюции светил стала ясна после открытия первых двойных рентгеновских источников и пульсаров нейтронных звезд.

задумываются о том, куда же все-таки исчезает материя, попавшая в бездонный провал застывшей звезды.

Белым дырам может быть уготована и совершенно необычная роль спасителей человечества. Все чаще встречаются научно-популярные статьи, в которых вполне серьезно обсуждаются всяческие методы борьбы с угрозой будущей встречи с застывшими звездами, способными легко поглотить не только нашу планету, но и всю Солнечную систему. Наиболее радикальным методом активного противодействия блуждающим звездным каннибалам было бы, конечно, торпедирование их загадочными белыми коллапсарами. В теории это выглядело бы так: некое совершенно фантастическое устройство выстреливает чередой миниатюрных белых дыр, которые, пересекая эргосферу коллапсара, сливаются вместе и в конечном итоге поглощают черную дыру. Так, несколько лет назад довольно близко от нашей планеты с громадной скоростью промчалось очень странное небесное тело, которое астрономы рассматривают как вероятного кандидата в черные дыры. Непосредственное столкновение подобного физического объекта с нашей планетой грозит ужасными бедами, ведь, согласно проведенным расчетам, Земля могла быть поглощена коллапсаром и, пройдя за горизонт событий, сжаться в сантиметровый шарик. Вот здесь и пригодилась бы некая фантастическая катапульта с белой дырой.



▲ Жизненный путь разных звезд

ЭТО ИНТЕРЕСНО

В настоящий момент на роль одного из самых экзотических объектов Метагалактики — белой дыры — претендует рентгеновская вспышка, значащаяся в астрономических каталогах как GRB 060614. Этот феномен был зафиксирован в июне 2006 года в созвездии Индейца на расстоянии 1,6 млн световых лет. Астрофизики долго искали причину этого всплеска энергии и в итоге пришли к выводу, что наиболее вероятны два варианта: либо GRB 060614 свидетельствует о появлении какого-то необычного вида массивных сверхновых, поскольку на месте вспышки ничего обнаружено не было, либо астрономам наконец-то встретилась белая дыра, возникшая, в полном соответствии с теорией, посреди космической пустоты на краткий миг выброса энергии и материи.

Глава 21
Млечный Путь

«Неподалеку от M31 расположена другая очень похожая на нее галактика, наша собственная, спиральные рукава которой медленно вращаются, совершая один оборот за четверть миллиарда лет. Находясь в сорока тысячах световых лет от дома, мы обнаруживаем, что ввергнуты в падение к массивному ядру Млечного Пути. Но если мы хотим отыскать Землю, нам следует изменить курс и отправиться на окраину Галактики, к малозаметному месту вблизи края отдаленного спирального рукава».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

▲ **Млечный Путь**

«В нашу Галактику входит примерно сто миллиардов звезд; одна из них — наше Солнце — служит нам домом, и то, что она занимает заведомо нецентральное положение, позволяет нам обозревать как всю гигантскую структуру нашей Галактики, так и остальную часть Вселенной, не подвергая себя излишней опасности. На небесах Юга, свободных от загрязнения и городского освещения, центральная часть Галактики, расположенная в созвездии Стрельца, представляет собой ни с чем не сравнимое зрелище».

Т. Редже. Этюды о Вселенной

В безлунную ясную ночь вдали от городских огней отлично видна панорама нашей родной галактики Млечный Путь, протянувшаяся поперек небосвода слабо светящейся туманной полосой. Эта «молочная дорога», известная с древнейших времен, распалась на мириады слабых звездочек, когда на нее направил свой первый в мире телескоп Галилео Галилей. В середине XVIII века астрономы уже знали, что большинство звезд на небе образует некий диск, который после исследований выдающегося английского астронома Уильяма Гершеля, составившего подробный каталог многих звезд, стали называть линзой Гершеля. К началу прошлого века среди астрономов укоренилось мнение, что линза Гершеля является видимой частью единственной во Вселенной звездной системы — нашей Галактики, включающей миллиарды звезд вместе с Солнечной системой. Прошло столетие — и сейчас мы предполагаем, что в видимой части Вселенной — Метагалактике — находится около сотни миллиардов галактик.

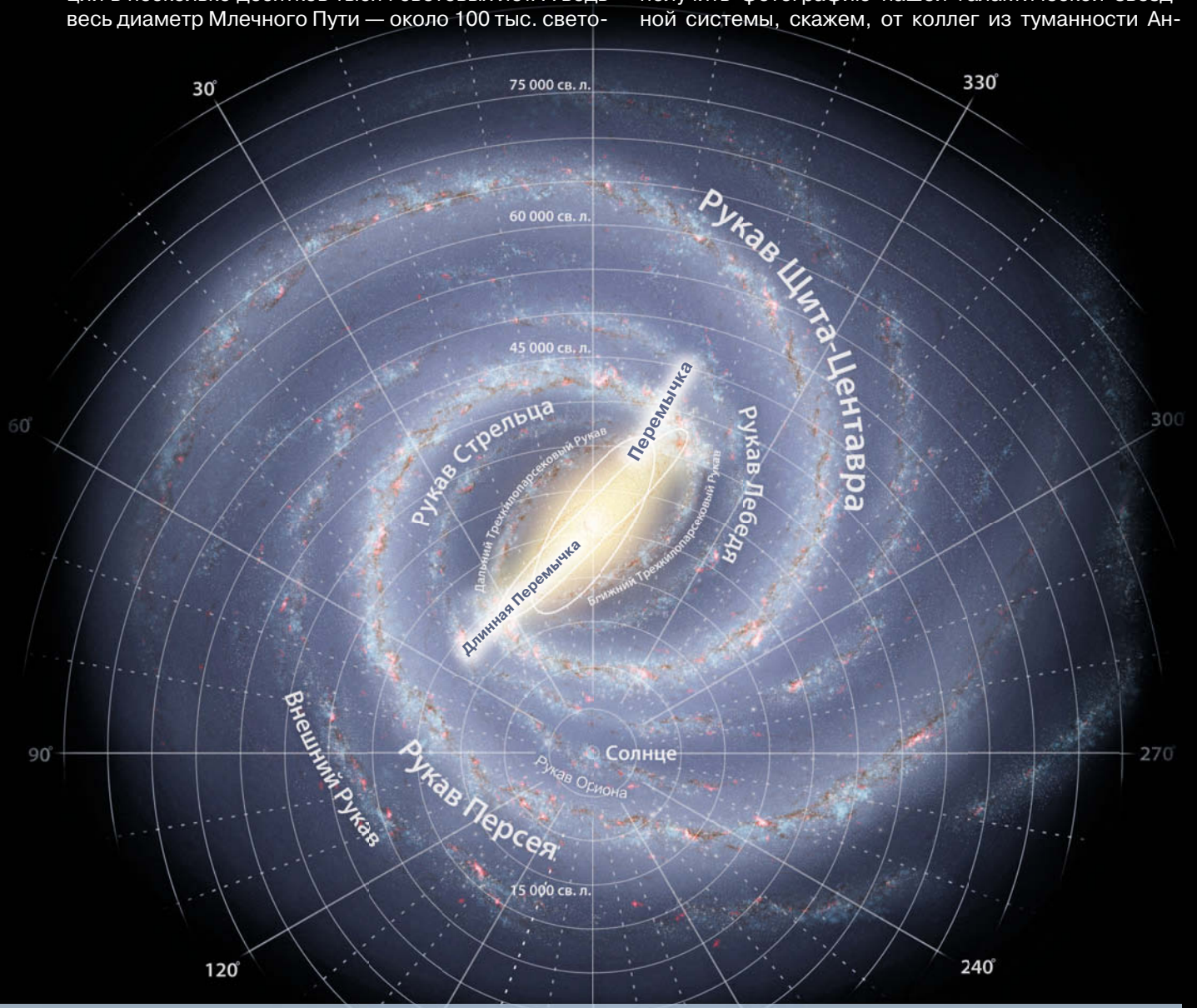
Один из самых таинственных вопросов космогонии и физики космоса — происхождение нашего родного галактического дома — Млечного Пути. До сих пор эта тема вызывает множество споров среди ученых и настолько сложна, что астрономы не определились с самым принципиально важным вопросом: что же стало движущей силой процесса галактического строительства — распад единого протогалактического пылегазового облака или же, наоборот, слипание галактического диска из множества мелких фрагментов, до сих пор еще сохранившихся в галактическом окружении, например в виде таких спутников Млечного Пути, как Большое и Малое Магеллановы Облака?

▾ Большое и Малое Магеллановы Облака — галактические спутники Млечного Пути

На ночном небе мы видим наш звездный остров как бы с ребра, так что свет части миллиардов звезд Галактики сливается в туманную светлую полосу Млечного Пути, пересекающую весь небосклон. Посредине хорошо видна темная полоса, разделяющая звезды и состоящая из поглощающей свет межзвездной пыли.

Трудности в оценке ключевых событий рождения нашего звездного острова во многом проистекают из незнания его «топографии», ведь до сих пор астрономами детально изучены только ближайшие галактические окрестности Солнечной системы на дистанции в несколько десятков тысяч световых лет. А ведь весь диаметр Млечного Пути — около 100 тыс. световых лет! У нас нет даже более-менее детальной карты галактического диска, и астрономы яростно дискутируют по важнейшему вопросу: сколько же у нашей галактики звездных рукавов?

Очень долго ученые пытались понять, как выглядит наш галактический дом со стороны. Но эта заветная мечта астрономов, вероятно, сбудется очень нескоро, и пока можно лишь строить компьютерные модели рисунков спирального диска, центральной области с ядром и обширных просторов с интереснейшими объектами, скрытыми за темными облаками. Есть еще, правда, гипотетическая возможность получить фотографию нашей галактической звездной системы, скажем, от коллег из туманности Ан-



▲ Электронная модель Млечного Пути

Столетие назад астрономы считали нашу Галактику всей Вселенной и расстояние до центра Млечного Пути принималось «главной мировой осью» до центра мира. Затем нашу Галактику признали одной из множества подобных, но это нисколько не прояснило вопроса о реальном положении в ней Солнца. Еще меньше известно о положении нашей Галактики в более крупных метагалактических структурах — скоплениях и сверхскоплениях галактик.

▾ Туманность Андромеды

Традиционно считалось, что прототипом нашей Галактики может быть ближайшая островная вселенная — туманность Андромеды, содержащая приблизительно такое же количество звезд. Сейчас эти представления пересматриваются и идет подбор иных кандидатов в ближайшие галактические родственники.

дромеды, но ждать придется (если дойдет сообщение) уж очень долго. Так что радиоастрономам пока приходится самим расшифровывать данные своих радионаблюдений и строить радиокарты, восстанавливая рисунок звездных рукавов Млечного Пути.

Правда, надо признать, что по современным радиокартам трудно даже подсчитать реальное количество спиральных рукавов Галактики. Поразительно для астрономической науки, но, строя модели Галактики на основе различных астрофизических наблюдений, ученые парадоксально получают от двух до 12 рукавов. Не вполне ясно даже место расположения Солнечной системы. Может быть, наша звезда летит в межрукавном пространстве, а может быть, входит в звездное щупальце одного из ответвлений второстепенного рукава...

Подобно тому как астрономическая единица, будучи средним расстоянием от нашей планеты до Солнца, служит основным мерилом пространства Солнечной системы, дистанция между нашим светилом и центром Галактики считается масштабом для всех галактических расстояний в нашей и иных звездных системах, а также в окрестностях Млечного Пути. Между тем вызывает большое удивление, что астрономам до сих пор так и не удалось с достаточной точностью измерить этот важнейший параметр. Прилагая беспримерные усилия на протяжении многих десятилетий, ученые-астрометристы, измеряющие всяческие звездные и галактические координаты, смогли лишь сделать достаточно грубые оценки этой величины с погрешностью в десятки процентов. Пока что основная метрическая единица галактической астрономии принимается равной 30 тыс. световых лет при диаметре нашей Галактики 100 тыс. световых лет (тоже очень приблизительная величина). Между тем из-за незнания точной величины этого «галактического метра» невозможно точно определить другие параметры Галактики,

такие как межзвездные дистанции, удаленность от звездных скоплений и внутригалактические туманности, а также ее скорость вращения и общую массу. Неясности в галактических масштабах сильно мешают построить реальную модель галактического ядра, чтобы наконец-то понять, что скрывается в его сердцевине, и проверить гипотезу о наличии там группы гигантских кандидатов в гравитационные коллапсары — черных дыр застывших звезд.

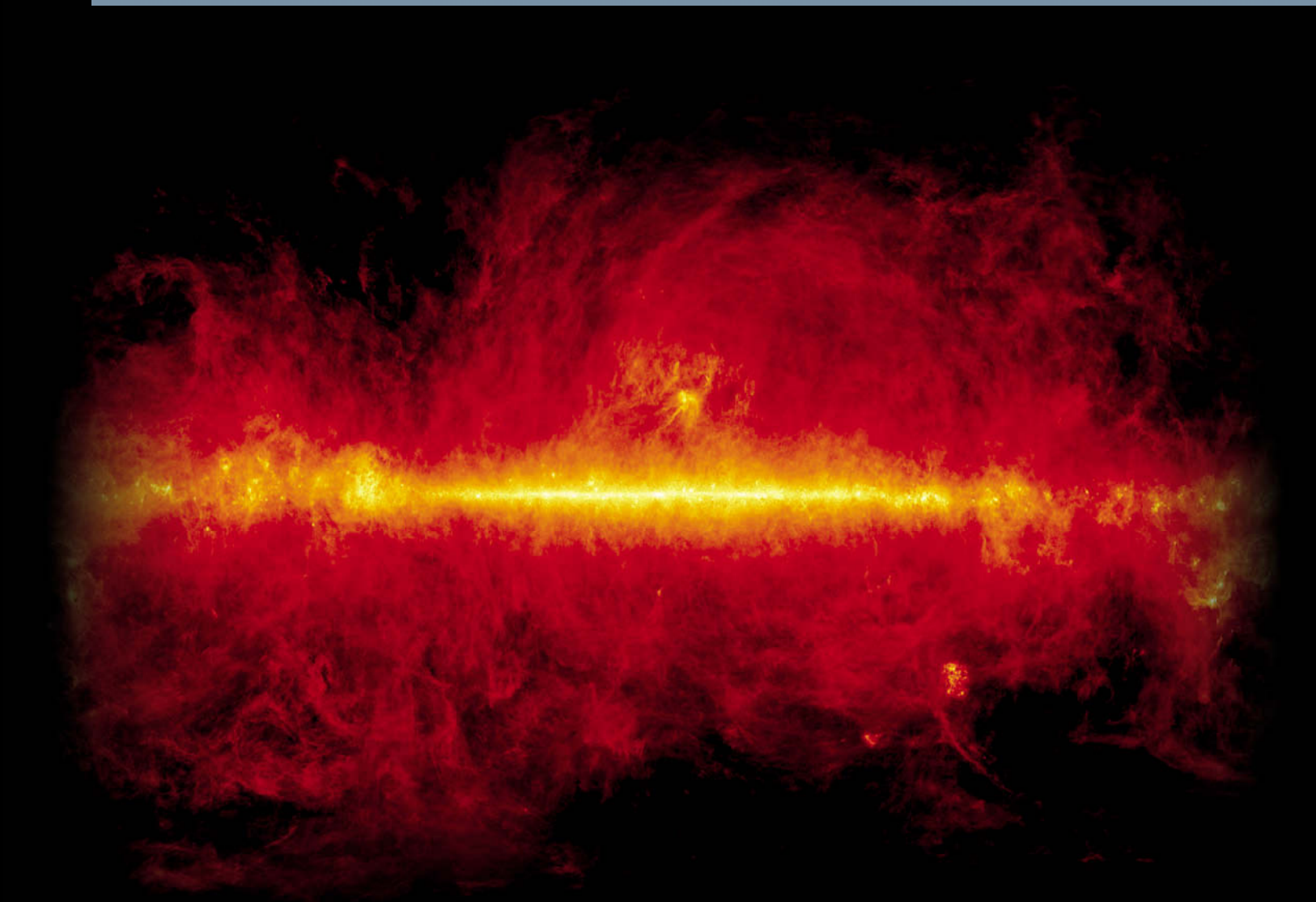
Часто обращение звезд вокруг галактического ядра сопоставляют с вращением планет в Солнечной системе, но это далеко не во всем отвечает реальности, ведь Млечный Путь устроен намного сложнее Солнечной системы. Наше светило чем-то напоминает остов карусели, к которому достаточно жесткими гравитационными канатами прикреплены планеты и прочие небесные тела. Вся Солнечная система строго подчиняется гравитационным командам нашего светила, поскольку у него просто нет конкурентов. Но совместив сразу несколько подобных звездных каруселей, мы бы увидели совершенно иную картину. Звезда, путешествующая на просторах Галактики, испытывает гравитационное влияние множества самых различных звезд. И если относительно далекие воздействуют более или менее слаженно, вызывая упорядоченное движение вокруг галакти-

▲ Новый аналог Млечного Пути — великолепная спиральная галактика NGC 1232

Наиболее близкими Млечному Пути внешним видом и строением, скорее всего, обладает галактика NGC 1232.

▾ Центр Млечного Пути в инфракрасном свете

В центральной области нашей Галактики все еще идет образование молодых звезд второго поколения сферической центральной подсистемы. Для образования звезд-сверхгигантов условия неблагоприятные, поскольку газ разделяется на компактные сгустки. А в редких случаях, когда газ, вращаясь, сжимается в тело массой, превышающей в тысячу раз массу Солнца, этот процесс может привести к гравитационному коллапсу с возникновением черной дыры.

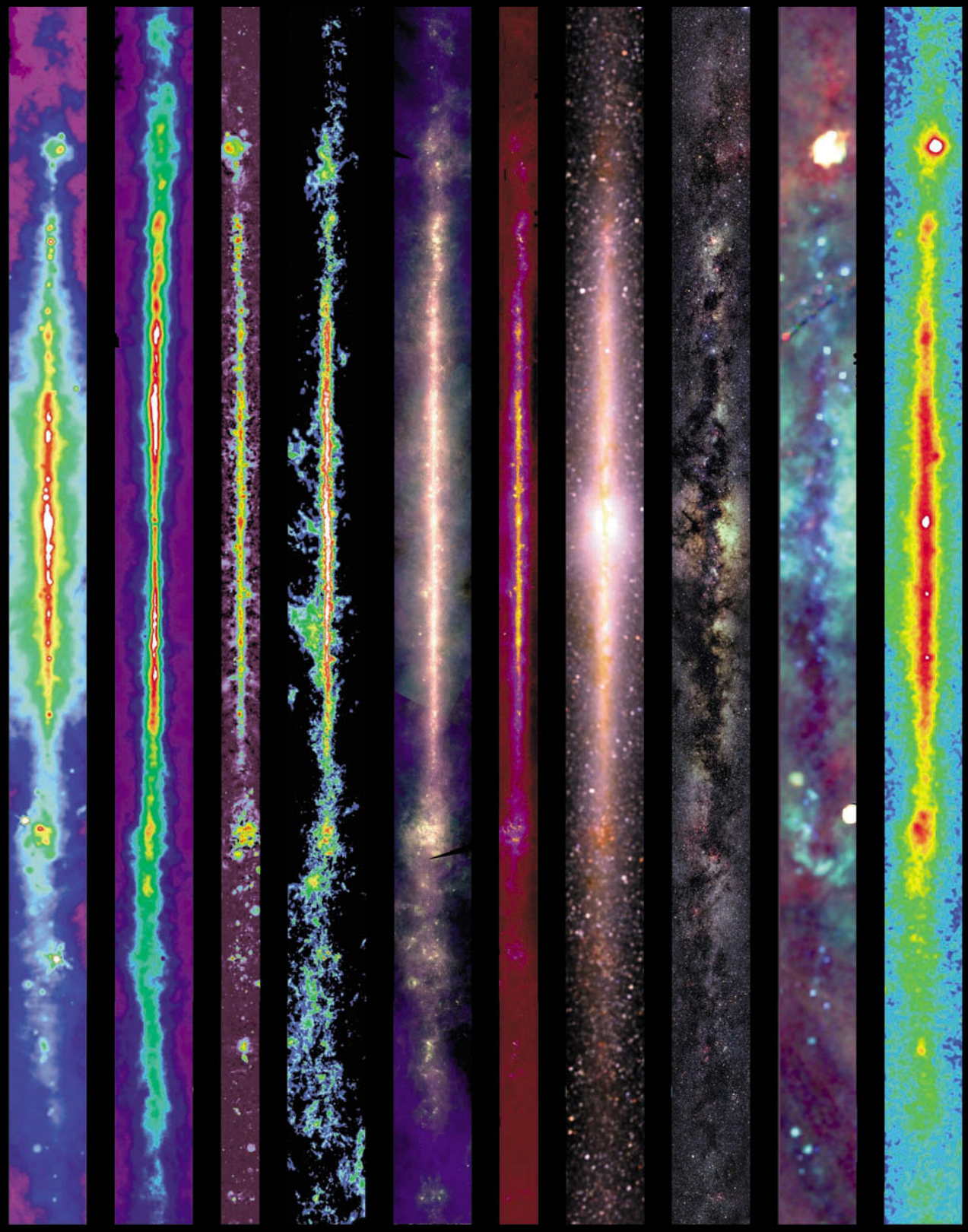


ческого ядра, то ближние соседи могут изменять ее траекторию весьма произвольным, иногда просто хаотичным образом.

При этом орбиты старых и молодых звезд существенно различаются. Так, старые звезды движутся вокруг галактического центра по сильно вытянутым орбитам, а молодые — по круговым. Похожим образом происходит движение и газопылевых облаков. В общем, и молодые звезды, и газопылевые облака образуют стремительно вращающийся тонкий диск (толщина в десятки раз меньше его радиуса). Этот диск как бы помещен в гигантский шар из медленных старых звезд, и между данными подсистемами практически нет взаимодействия. Именно поэтому оказывается возможной такая конфигурация, в которой галактический диск вращается внутри почти неподвижного сферического объема — гало из старых светил радиусом приблизительно 65 тыс. световых лет.

К звездному населению галактического диска относится большая часть наблюдаемых объектов Млечного Пути. В основном это звезды, похожие по химическому составу на Солнце, гиганты и сверхгиганты, белые карлики, а также планетарные туманности. Более молодое население диска связано со спиральными рукавами, наполненными межзвездными газом и пылью.

На внутреннее движение светил сильно влияет сближение со звездными скоплениями, содержащими от сотен до тысяч звезд, а также движение среди массивных межзвездных облаков. Такие встречи могут



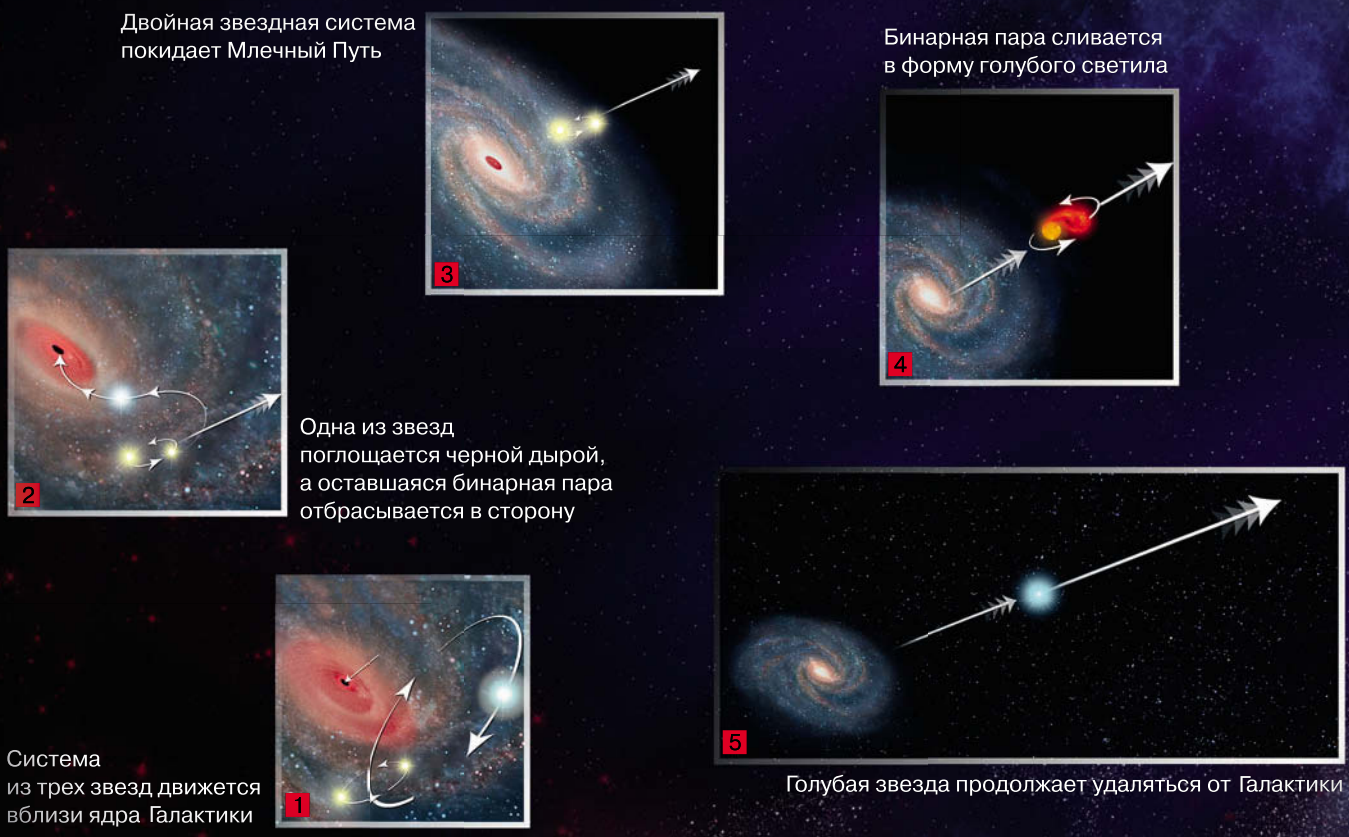
▲ Млечный Путь в различных диапазонах наблюдения

легко нарушить псевдорегулярное движение звезды, существенно изменив ее орбиту. Этот процесс астрономы называют диффузией орбиты. Наша Солнечная система тоже активно путешествует по галактическим просторам, постепенно все дальше и дальше отодвигаясь на периферию Млечного Пути. Это довольно быстрое перемещение, и за время своей жизни Солнце уже успело где-то на треть начального расстояния удалиться от центра Галактики. Это во многом объясняет, почему химический состав нашего светила так сильно отличается от соседних звезд, но по большей части похож на звезды из центра Галактики.

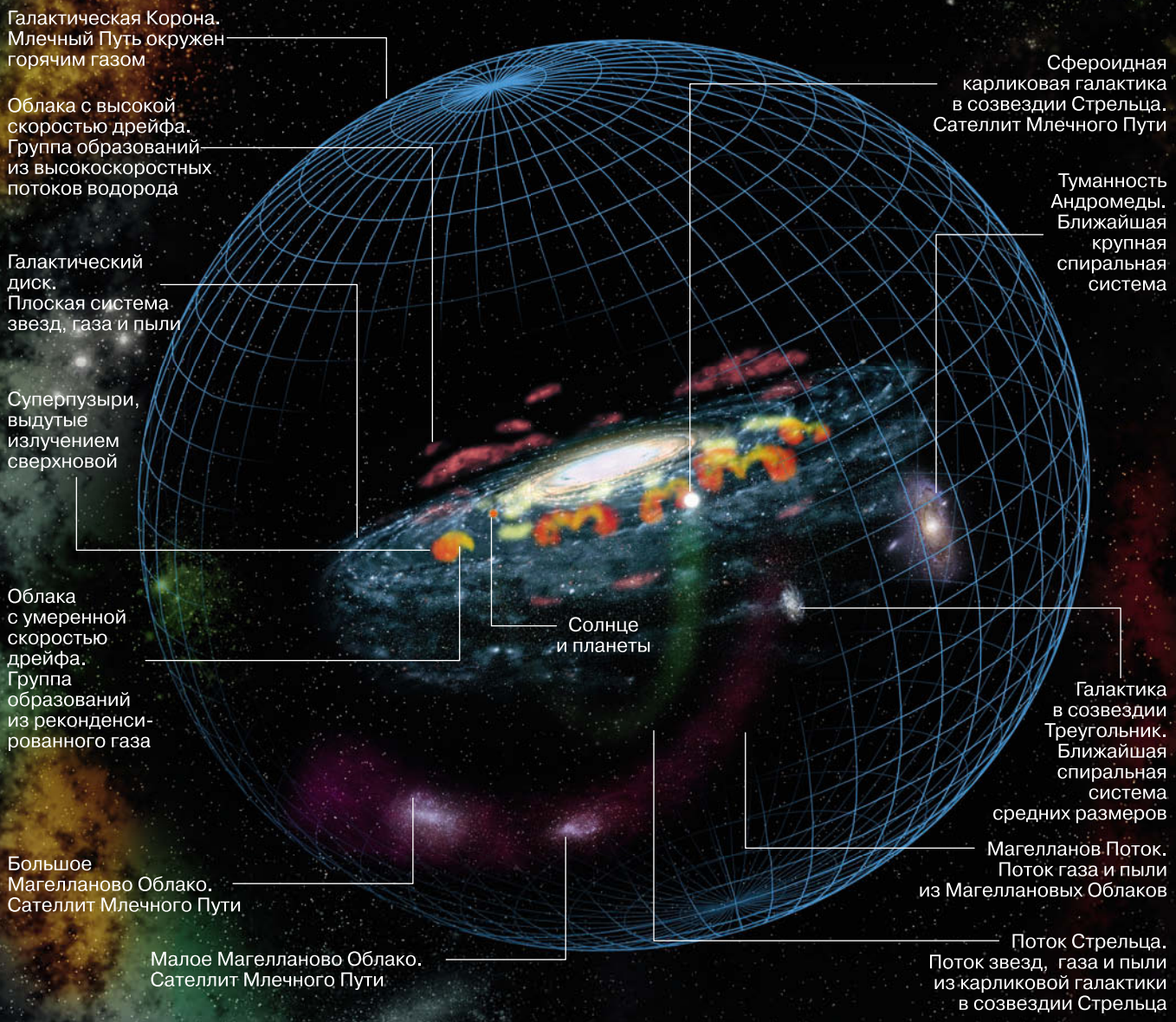
Астрономы уже довольно давно достоверно знают детали строения Млечного Пути. Этот удивительный крупный звездный остров содержит сотни миллиардов звезд, объединенных в разнообразные ассоциации. У него даже есть свои спутники — десяток карликовых галактик.

В Млечном Пути звезды, похожие на Солнце, довольно редки, составляя всего несколько процентов звездного населения. Белых и желтоватых звезд с массами, близкими к солнечной, вообще считаные единицы. Есть и фактически погасшие звезды, сжавшиеся в белые и красные карлики. Один из них — красный слабосветящийся карлик Проксима (от лат. *proxima* — «ближайшая») — входит в тройную систему альфы Центавра и сегодня считается ближайшей к Солнцу звездой. Расстояние до Проксимы — 4,2 световых года.

Если внимательно присмотреться к Млечному Пути, то станут видны различные стадии жизненного пути нашей Галактики, на которых возникали те или иные детали строения этого грандиозного водоворота миров. Сегодня в нашем водовороте звездных миров можно выделить несколько важных структурных элементов, отличающихся возрастом, химическим составом, характером движения звездной среды и ее распределением в пространстве. Расположение этих подсистем нашего звездного острова наглядно иллюстрирует всю историю его эволюции, когда в ходе



▲ **Путешествие звездного триплета у ядра Млечного Пути**



▲ Ближайшее окружение нашей Галактики

постепенного сжатия первичной межзвездной среды грандиозная сфера сгущенной материи принимала форму протогалактического диска.

За сотни миллионолетий они сжимались силами тяготения из вещества молекулярных облаков, постепенно приобретая, по неясным причинам, вращение вокруг центральной оси. Это загадочным образом возникшее круговое движение и сформировало галактическую форму исполинских дискообразных линз, обрастающих ветвями рукавов. По поводу механизма образования спиральных рукавов существуют самые различные взгляды. Вот и в последние годы все чаще стали обсуждаться модели возникающих на поверхности звездного диска спиральных волн плотности как некой квазижидкой среды.

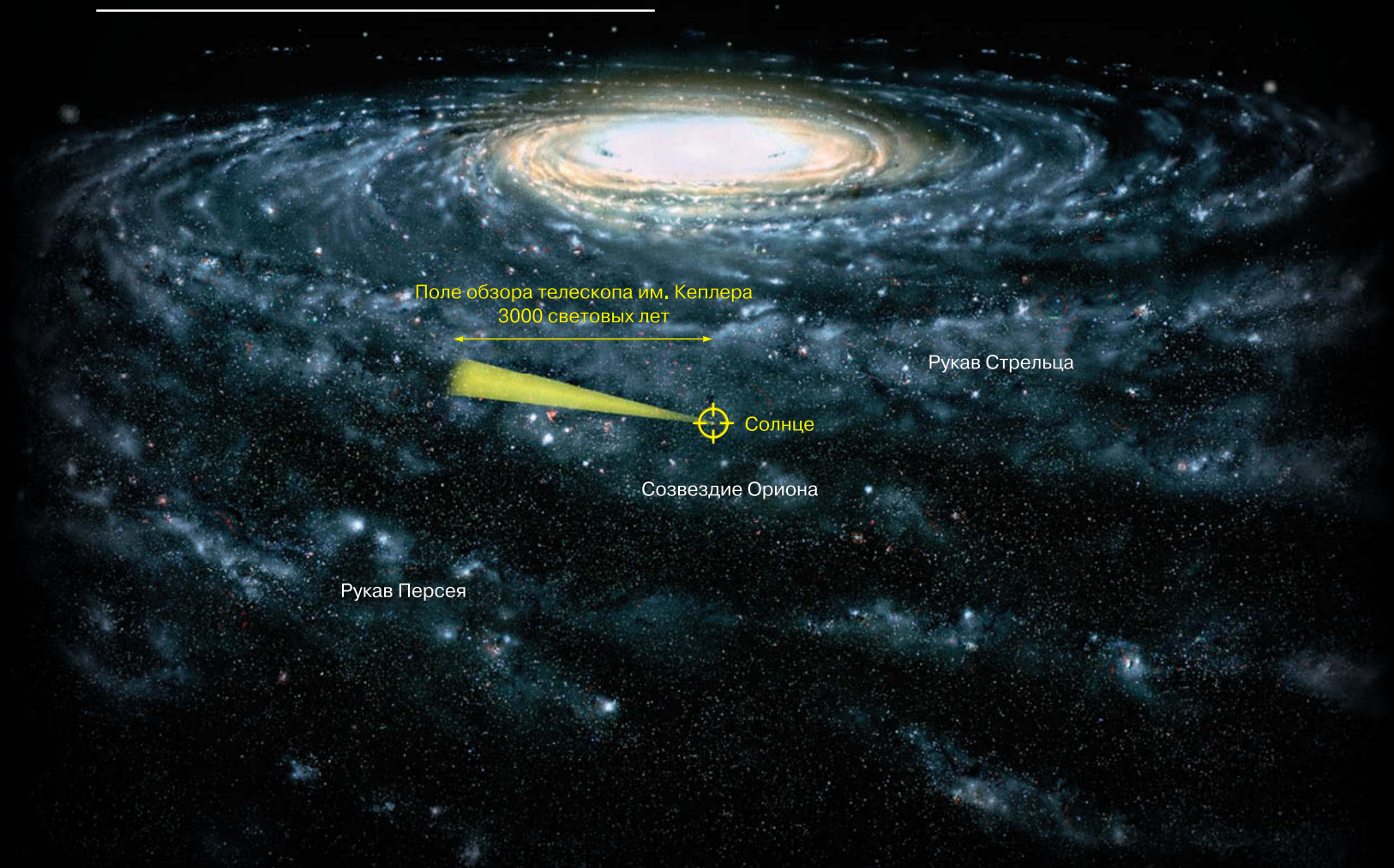
Пока еще не вполне ясно, является ли Млечный Путь простой спиральной системой или в центре расположена гигантская перемычка — бар. Некоторые признаки бара имеются, но его величина и расположение неизвестны. Не знаем мы также, насколько сильно развиты спиральные рукава Млечного Пути, а также какова их конфигурация — тонкие они и туго закрученные или мощные и широко раскинутые. Ведутся споры даже об их общем количестве.

Вокруг нашей Галактики можно найти следы протогалактического пылегазового диска, но он, конечно, не идет ни в какое сравнение со средними размерами газовых дисков новорожденных галактик, которые просто поражают воображение (в десятки

раз превышают диаметр нашей далеко не маленькой по метагалактическим масштабам Галактики). В процессе долгой галактической эволюции первичные газовые диски формирующихся звездных островов сильно уменьшались, и сегодня их наиболее зримыми остатками у нас являются спутники Млечного Пути — Магеллановы Облака и сопровождающие их десятки мелких галактик и просто звездных скоплений.

Самым судьбоносным событием для Млечного Пути в следующие несколько миллиардов лет будет столкновение с ближайшей соседней галактикой — Большим Магеллановым Облаком. Этот межгалактический катаклизм должен породить множество новых массивных звезд и молодых звездных скоплений, удвоив массу межзвездной среды Млечного Пути. В будущем почти всем им уготована судьба за несколько миллиардов лет быть поглощенными нашей Галактикой. Это своеобразное «переливание звездной крови», по идее, должно значительно освежить состав звездного населения Млечного Пути. Произойдет существенное омоложение Галактики, возрастет ее активность и изменится внешний вид. Возможно, в ядре ее оживет маленький квазар, включающий черную сверхмассивную дыру, и тогда она войдет в разряд активных галактик.

▾ Портрет Млечного Пути



ЭТО ИНТЕРЕСНО

Давно спорят астрономы о том, где же именно расположено Солнце в нашей Галактике. Довольно долго бытовало мнение, что Солнечная система обращается где-то вблизи центра Галактики. Однако некоторые ученые еще в начале прошлого века высказывали аргументированные сомнения в этом. Тем не менее лишь к 1940-м годам окончательно было установлено, что наше местоположение очень далеко от ее центра, лежащего в направлении границы созвездий Стрельца и Скорпиона. Между тем оптические наблюдения центра Галактики совершенно недоступны, и лишь с развитием радиоастрономии и инфракрасной астрономии были получены первые изображения центральных областей Млечного Пути, скрытых плотными газопылевыми облаками.

Глава 22
Звездные острова

«За самыми далекими звездами Млечного Пути находятся другие галактики, похожие на нашу и простирающиеся в пространстве до пределов видимости наших крупнейших телескопов. Грандиозные звездные системы — одни из самых потрясающих и наиболее изучаемых современной астрономией объектов…»

П. Ходж. Галактики

«Основным препятствием для решения проблемы возникновения крупномасштабной структуры, возникновения галактик, является незнание начальных условий.

По-видимому, единственной возможностью выяснить здесь истину является способ, аналогичный тому, к которому прибегли для решения проблемы первых секунд с начала расширения. Надо сделать разные предположения о начальных возмущениях, проанализировать их следствия и сравнить с наблюдениями».

И. Д. Новиков. Эволюция Вселенной

▲ Вселенная галактик

«Вселенная не исчерпывается нашей Галактикой даже вместе с галактикой M31. Новый общий каталог (NGC) содержит перечень около десяти тысяч галактик вместе с их важнейшими характеристиками (светимость, форма, отдаленность и т. д.) — и это лишь малая толика из десяти миллиардов галактик, в принципе различимых с Земли. Сказочный гигант, способный охватить взглядом сотню-другую миллионов световых лет, разглядывая Вселенную, увидел бы, что она заполнена космическим туманом, капельками которого являются галактики. Временами встречаются скопления, состоящие из тысяч галактик, собранных вместе; одно такое гигантское скопление находится в созвездии Девы».

Т. Редже. Этюды о Вселенной

▾ Знаменитая туманность Андромеды

«В 1920-е годы между астрономами Шепли и Куртисом разгорелся ожесточенный спор о природе галактики и других объектов, видимых с помощью телескопов. В числе этих объектов находится знаменитая туманность Андромеды (M31), которая видна невооруженным глазом всего лишь как звезда четвертой величины, но разворачивается в величественную спираль, если разглядывать ее в большой телескоп. Согласно Шепли, вся Вселенная состоит из одной нашей Галактики, а спиральные туманности типа M31 представляют собой более мелкие объекты, рассыпанные внутри нее, как изюм в куличе».

Т. Редже. Этюды о Вселенной

Чем дальше проникают астрономы в глубины Вселенной, тем более юный мир они видят. Когда-нибудь новые инструменты ученых позволят заглянуть и в таинственную эпоху формирования галактик. Чтобы узнать, как возникали галактики, надо исследовать самые далекие из них. При этом нужно учитывать, что свет от далеких объектов доходит до нас через многие миллиарды лет. Многие десятилетия никак не удавалось, даже погружаясь в прошлое на миллиарды лет, открыть нечто принципиально новое в облике молодых галактик, представлявших все те же звездные системы разных типов. И лишь в самое последнее время появились обнадеживающие сведения, что международный коллектив астрономов, наблюдая мощные радиоисточники в ядрах сверхдалеких галактик, обнаружил системы звезд в процессе формирования.

То, что галактики представляют собой самостоятельные звездные острова и целые архипелаги, было осознано недавно — в впервые десятилетия прошлого века. В этом поразившем всех открытии определяющую роль сыграло создание больших телескопов и общее развитие астрофизики. Постепенно перед астрономами открылась потрясающая

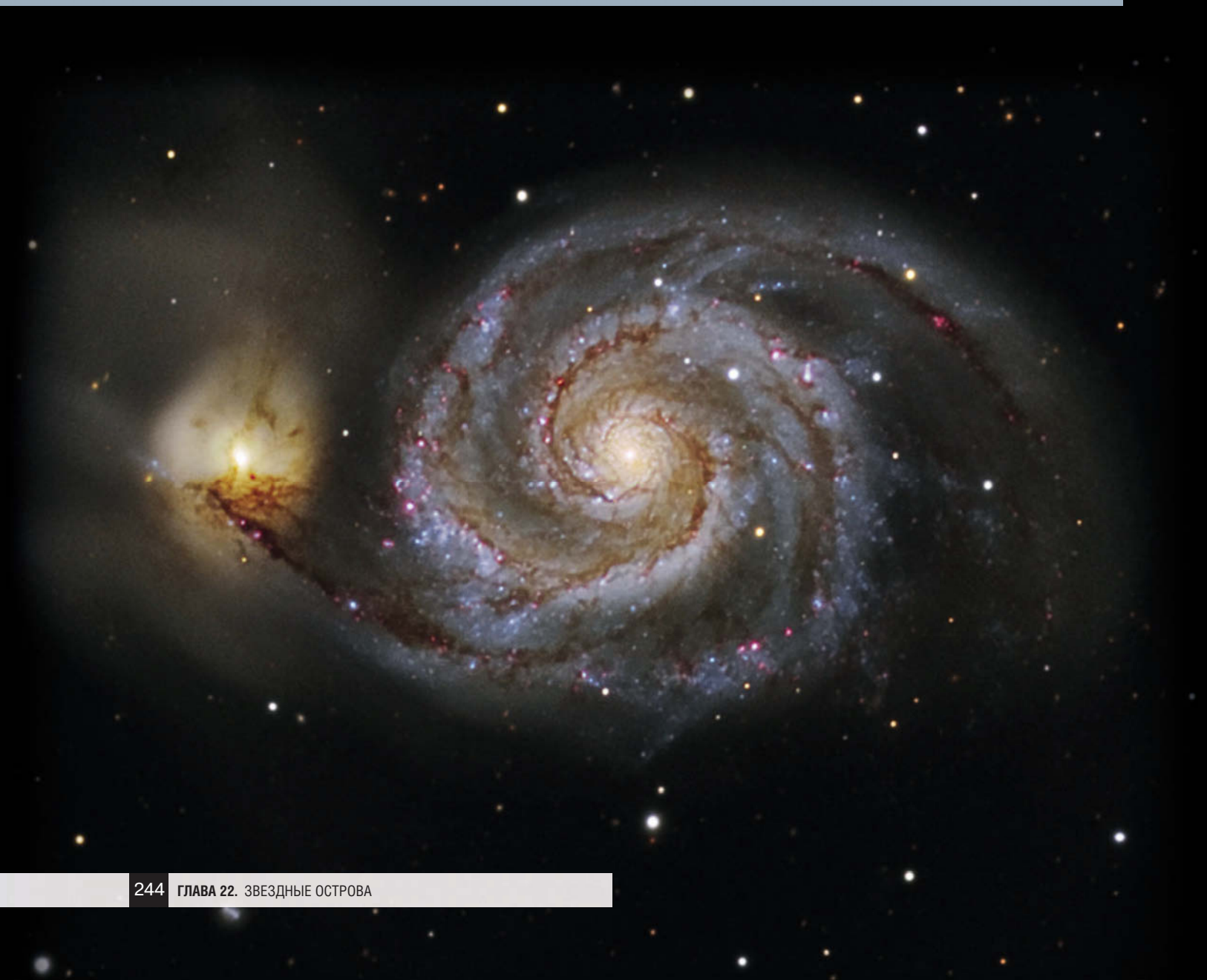
картина миллиардов звездных вселенных, разделенных сотнями тысяч и миллионов световых лет.

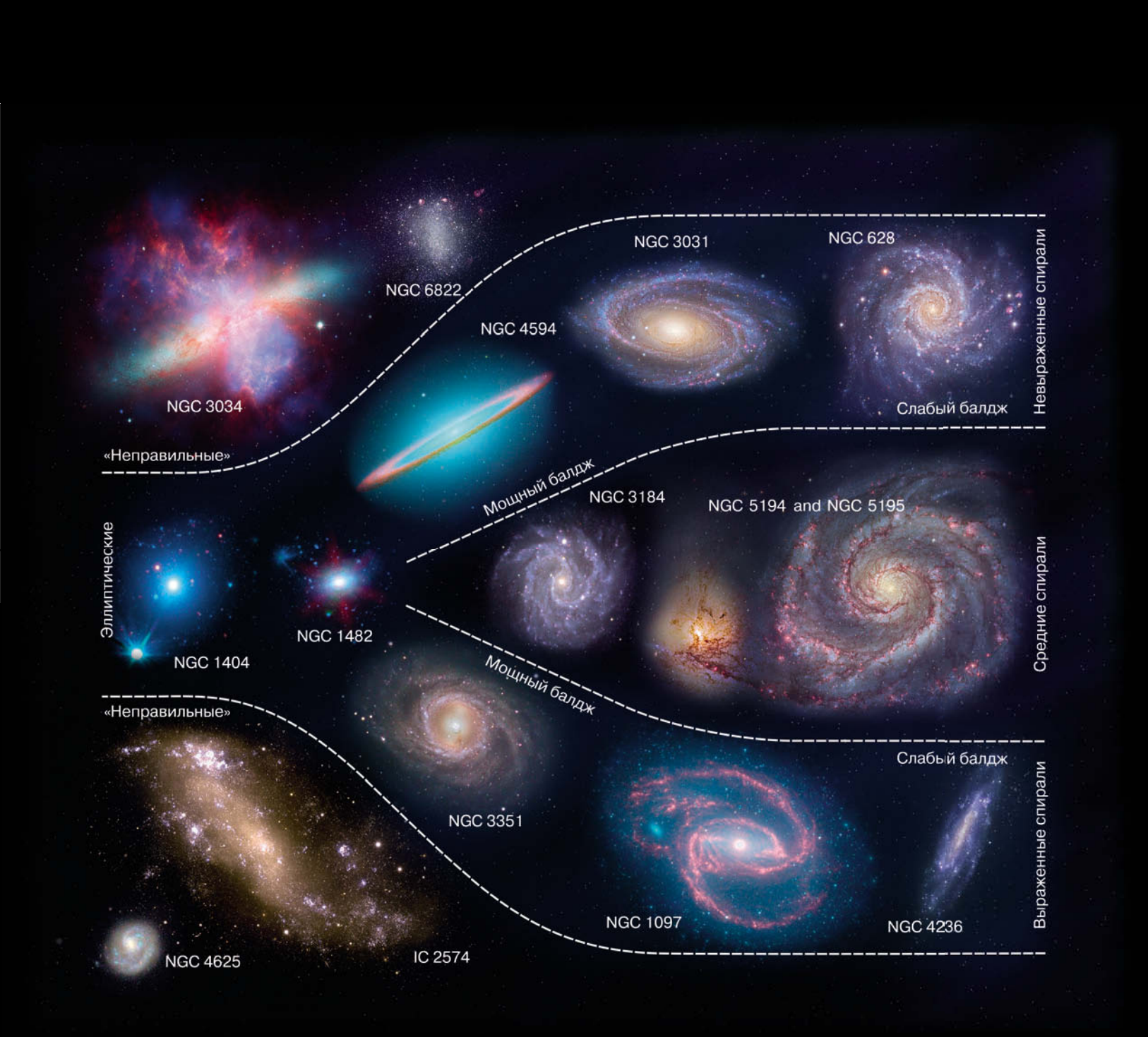
Как можно осмыслить эти колоссальные дистанции космоса? Нашим современным ракетам, работающим на химическом топливе, понадобятся многие сотни миллионов лет, чтобы исследовать лишь ближайшие галактические окрестности Млечного Пути. А для полета к соседней галактике, или туманности Андромеды, нужны уже миллиардолетия, ведь даже один световой год содержит немногим меньше 10 тыс. млрд км — и реактивному лайнеру потребуется около миллиона лет для преодоления этого расстояния.

Когда произносят слово «галактика», все представляют грандиозную картину звездного водоворота, расходящегося гигантской спиралью. Это тип спиральных галактик с плоскими дисками, погруженными в разряженные сферические облака слабосветящихся старых звезд и газа. Диск спиральных структур состоит из двух или нескольких закрученных рукавов, выходящих из центральной части галактики. Галактические спирали, наполненные молодыми голубыми звездами, считаются одним из самых феерических зрелищ в Метагалактике. У многих спиральных систем в центральной области имеется уже упоминавшаяся нами перемычка из звезд, окутанных пылегазовыми облаками, — бар, к которому и «крепятся» спиральные рукава. Если смотреть на спиральную галактику с ребра, то она будет напоминать веретено, иногда с темной полосой газа и пыли.

▾ Два звездных острова: эллиптическая и спиральная галактики

Несмотря на внешнее разнообразие, все галактические системы — от карликовых систем с десятками миллионов звезд до сверхмассивных с биллионами звезд, по своему строению соответствуют определенному типу.





▲ Различные типы галактик

Современную классификацию галактик предложил Эдвин Хаббл в 1930-х годах. Его схема за характерный вид получила название камертона Хаббла. В левой части «ручки камертона» располагаются сферические звездные системы эллиптических галактик. Далее начинаются плоские спиральные галактики, расходящиеся по двум основным типам. Одна из самостоятельных ветвей представляет спиральные галактики с перемычками — гигантскими звездными образованиями, пересекающими галактические ядра, от концов которых отходят спиральные ветви.

Во множестве встречаются и совершенно бесформенные галактики, напоминающие туманности, насыщенные звездами. Эти странные кучи из миллиардов звезд почти наполовину состоят из молекулярного газа и пыли, получив из-за своей хаотической структуры, а вернее, ее полного отсутствия, название «неправильные».

В других галактиках газ и пыль для рождения новых звезд отсутствуют, а старые светила распределяются более-менее равномерно, что придает им форму разнообразных эллипсов. Сферические, или эллипсоидные, галактики обладают наиболее старыми обитателями красноватого цвета, а их размеры меняются от гигантов диаметром в сотни световых

▲ «Неправильная» галактика

Типичная галактика асимметричной формы и клочковатой структуры, сильно отличающаяся от эллиптических и спиральных галактик. В сравнении с нашей галактикой «неправильные» имеют небольшие размеры и массы и содержат много межзвездного газа и молодых звезд.

лет до совсем крошечных в несколько световых лет, причем находятся они чаще всего в богатых галактических скоплениях.

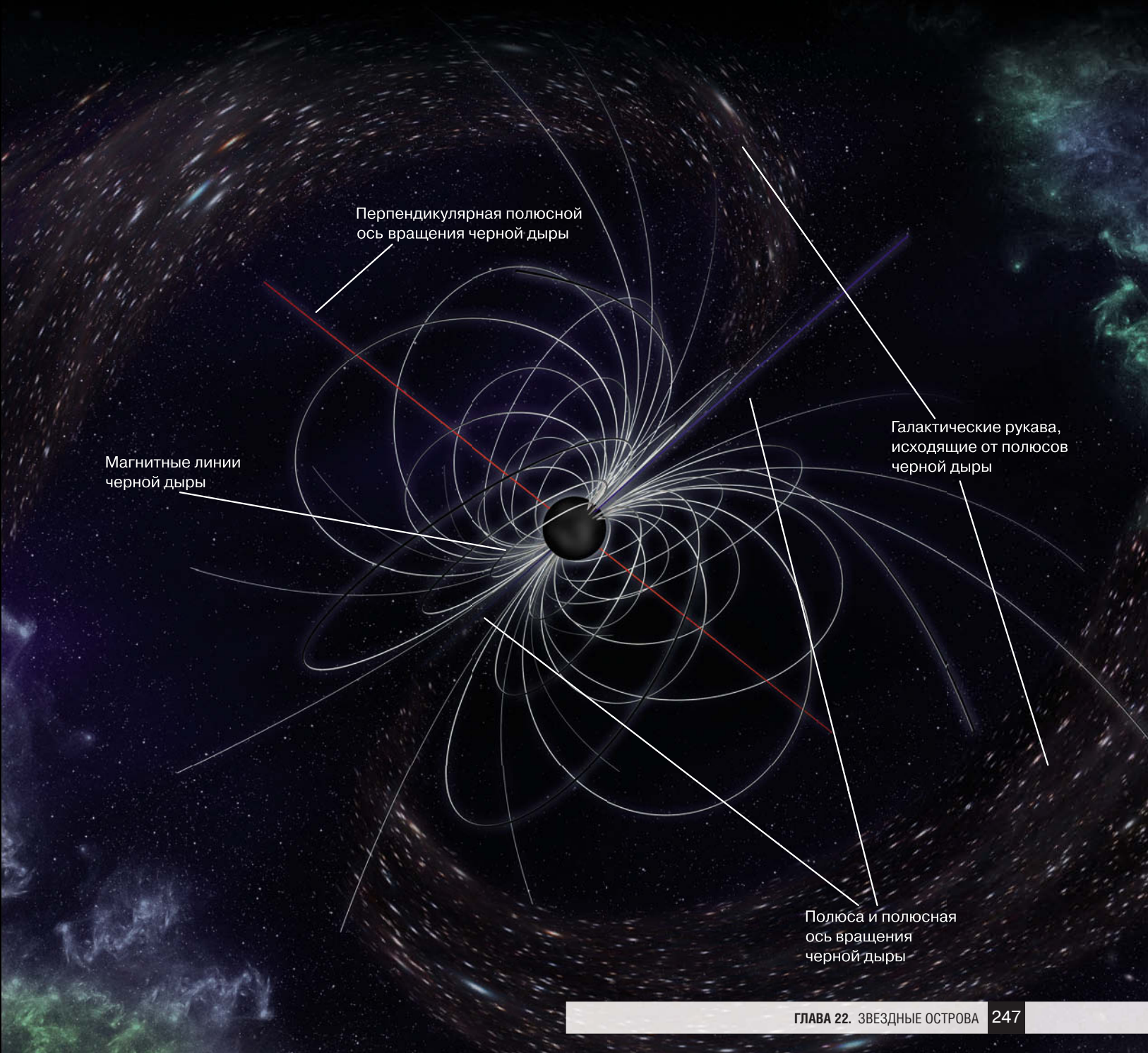
Далеко не все галактики наполнены именно видимым светом, некоторые из них, будучи довольно тусклыми в оптическом диапазоне, просто пылают на экранах радиотелескопов. Такие галактики называются активными, а источник их необычного излучения связан с центральной частью, где располагается ядро. Именно там астрофизики помещают наших старых знакомых — кандидатов в исполинские гравитационные коллапсары. При этом чудовищная гравитация заставляет падающее в провал застывшей звезды вещество излучать именно в невидимом диапазоне, превращая галактику в активную.

Как же образовались во Вселенной эти поразительные по красоте водовороты звезд, газа и пыли и почему они столь непохожи на своих овальных и хаотичных собратьев?

Здесь надо вспомнить о главной силе, управляющей движением всех небесных тел Метагалактики — от пылинки до галактических сверхскоплений. Это, конечно же, гравитация, действие которой было открыто еще Исааком Ньютоном и выражено в его законе всемирного тяготения. Именно универсальное действие этого закона и объясняет гравитационную концентрацию первичной космической

▾ Схематическое строение активной галактики

Активные галактики притягивают к себе окружающее вещество и даже могут поглощать соседние галактики. Все, что попадает в поле тяготения галактического ядра, может провалиться в бездонный зев кандидата в коллапсары. Эта сверхмассивная черная дыра и формирует поток излучения, переводящего галактики в разряд активных, кроме того, она создает возле галактического центра особую структуру. От «трапезы» застывшей звезды остаются всякий «галактический мусор» и нити светящегося газа, достигающие в длину десятков тысяч световых лет. Эти нитевидные образования сохраняются и после хаотических столкновений с соседними галактиками благодаря удерживающему их в равновесии галактическому магнитному полю.



материи в колоссальные массы пылающих звезд и галактик. Правда, распределены гравитирующие массы в пространстве вовсе не хаотично, как считал великий физик, а собраны в поразительные звездные острова. Эти островные вселенные, часто раскинувшие миллионы своих светил на тысячи световых лет, хорошо видны на изображениях галактических спиралей рукавов из цепочек звездных облаков.

Астрономам, наверное, очень сильно должны завидовать историки, археологи и палеонтологи, мечтой которых всегда было хоть краем глаза заглянуть в далекое прошлое цивилизации, эволюции животного и растительного мира. У астрономов всегда под рукой настоящая машина времени — их приборы, начиная с оптических телескопов, с помощью которых они легко могут наблюдать многомиллиардную историю нашего мира, включая вспышки самых первых звезд во Вселенной. Эти путешествия в прошлое мироздания когда-нибудь обязательно помогут наконец-то определиться с вопросом, что же послужило основой для возникновения первых звездных островов. Сейчас большинство астрономов сходятся во мнении, что это были колоссальные газопылевые облака, в которых непременно должны были возникнуть некие первичные неоднородности состава. Обычно в подобных космогонических сценариях возникновения галактических структур за их зародыши принимаются скопления из легчайших водорода и гелия — наиболее распространенных в Метагалактике элементов. Первичное газообразное вещество

▲ Молодая галактика с формирующимися рукавами

Структура юной спиральной дисковой галактики в различных частях спектра излучения предстает как грандиозный циклон из сотен миллиардов ярких звезд и темной пыли, захваченных в гравитационном вихре спиральных рукавов, кружащихся вокруг центра.

в силу самых различных, но до конца еще не ясных причин должно было содержать разнообразные сгущения, которые постепенно наращивали свою массу за счет окружающей среды.

Рост скоплений газа и пыли сильно ускорялся в ходе их хаотического и очень быстрого движения. Словно снежные комья, они обрастали новым веществом, стремительно «катаясь» внутри молекулярных

▾ Различные спиральные галактики

После того как в галактиках образовались первые звезды, их дальнейшее развитие пошло в разных направлениях в зависимости от массы и вращательного момента.

облаков. Судя по всему, именно из подобных звездных зародышей и возникли самые первые поколения светил, сегодня входящих в шаровые звездные скопления. Стремительно кружащиеся рои звезд и шаровых скоплений, сосредоточенные вокруг центральной области современной Галактики, по-видимому, имеют именно такую природу. Рождавшиеся звезды первого поколения образовали сферическую и плоскую части галактической структуры. Сегодня слои сравнительно плотного молекулярного газа наблюдаются в основном в плоском галактическом диске с выходящими рукавами.

Дальнейшему сжатию молекулярных пылегазовых облаков препятствует давление их внутреннего магнитного поля и космических лучей. Астрономы давно подметили любопытную закономерность: чем тоньше «блин» галактики, тем меньше возраст составляющих его звезд. Рождение звезд и сегодня происходит в плоских галактических дисках, поэтому там множество горячих массивных звезд, имеющих, как уже говорилось, довольно короткий цикл жизненной эволюции. Оставшаяся от звездного образования часть пылегазовой среды сосредоточивается главным образом в спиральных ветвях и их ответвлениях.

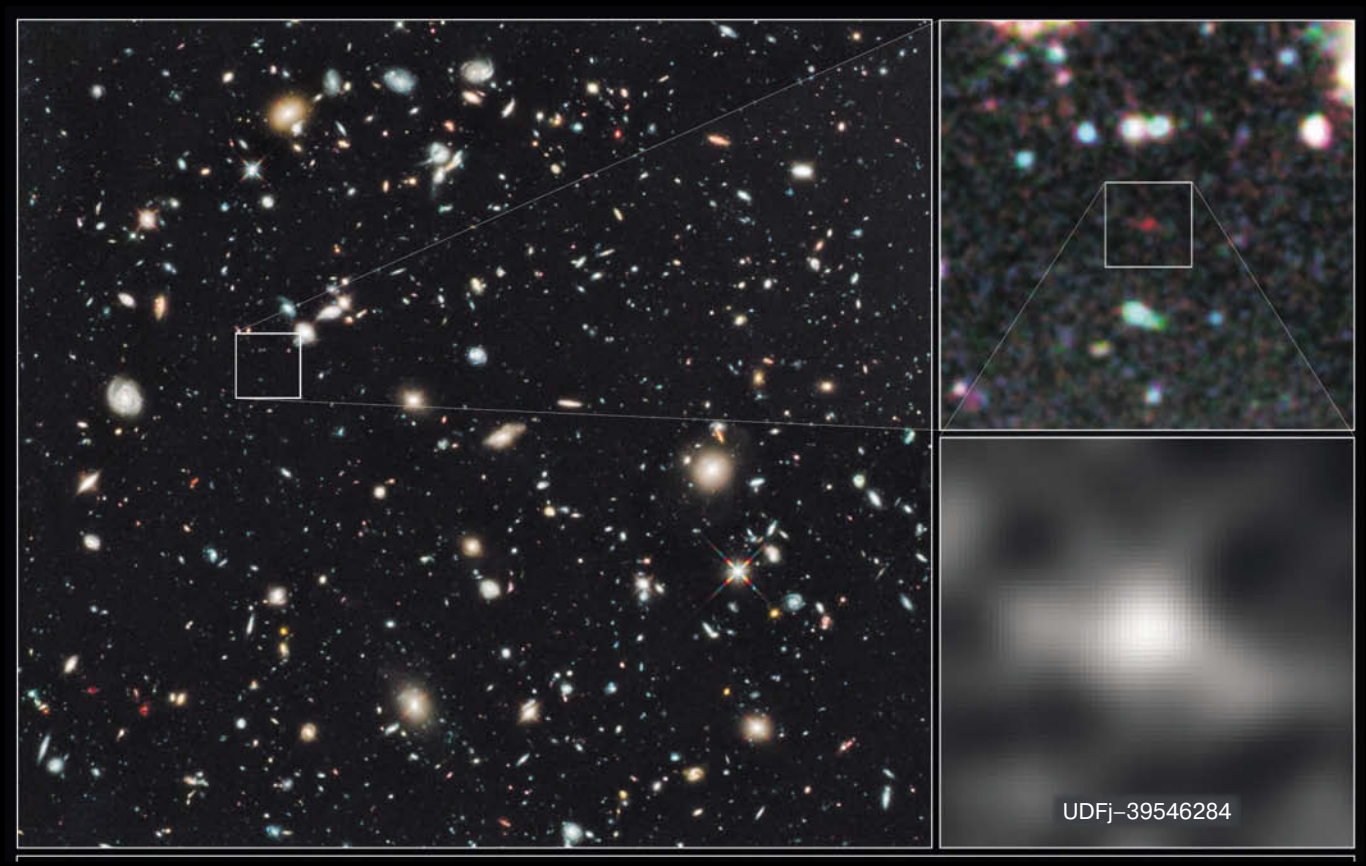
До сих пор вокруг многих спиральных, а отчасти и эллиптических галактик можно наблюдать следы исходных пылегазовых дисков, достигавших колос-

▲ Спиральная галактика с массивным центральным диском

В мире галактик очень многие крупные звездные системы имеют спиральное строение диска. Галактические спирали в основном отличаются разветвленными рукавами, в которых сосредоточены яркие и горячие молодые звезды.

▾ Сверхдалекие галактики в поле зрения космического телескопа «Хаббл»

Данное изображение показывает одну из самых далеких галактик GN-108036, возникшую через 750 млн лет от начала Большого взрыва, который создал нашу Вселенную. Эта галактика находится от нас на расстоянии 12,3 млрд световых лет.



сальных размеров. Они медленно вращаются вокруг галактик вместе с остатками межзвездного вещества, из которого и сформировались эти звездные системы. Чем гуще остатки первичной материи, окутывающие галактики, тем старше их возраст, и, судя по красному смещению линий в некоторых спектрах, расстояние до них может достигать чуть ли не миллиардов световых лет. Это значит, что астрономы вплотную подобрались к таинственной эре формирования первичных звездных миров. Большую роль при этом могла играть и таинственная темная материя, образуя своеобразные гравитационные зерна, увеличивающие локальную плотность энергии в некоторых пространственных регионах. Гравитация этих областей воздействует на все окружающее и порождает зародыши будущих галактик. Теперь уже достоверно известно, что почти все галактики находятся в окружении гало темной материи, которая в десятки раз массивнее видимых их компонентов.

Первые галактики нашего мира при рассмотрении в самые сильные телескопы выглядят слабыми красноватыми точечными пятнами. Детальное исследование наиболее удаленных галактик позволило определить расстояния до них и их плотность в Метагалактике, когда она была раз в десять моложе, чем сейчас. Анализ показывает, что ранние галактики представляют собой исключительно карликовые структуры, из которых, скорее всего, и произошли современные исполинские звездные скопления.

Наблюдения подобных соседних островных вселенных убеждают нас, что чаще всего они бывают двух видов: либо это медленно вращающиеся незагазованные и незапыленные, а потому и лишенные молодых звезд галактики округлой эллиптической формы, напоминающей обыкновенное яйцо, либо же это быстро вращающиеся спиральные галактики с молодыми звездами и газопылевыми туманностями.

Самые загадочные части галактических структур, конечно же, спрятаны в их ядрах. Мы уже рассказывали о ярчайших сверхдалеких квазарах, которые многие астрофизики выдвигают на роль галактических ядер или, вернее, их главных компонентов. Обладая компактными размерами, квазизвезды испускают поток энергии больше, чем вся наша Галактика. В последние годы победила точка зрения, что квазары

▾ Радиогалактика с черной дырой

Астрономы подозревают, что чудовищные фонтаны энергии, изливающейся из активных галактик, связаны со структурами из сверхмассивных черных дыр в тысячи солнечных масс, заполняющих галактические ядра.

не что иное, как система сверхмассивных гравитационных коллапсаров. Для того чтобы обеспечить наблюдаемый титанический фонтан энергии, коллапсар должен иметь вид своеобразной многоярусной карусели из застывших звезд, постепенно сливающихся в своем стремительном вращении.

Взаимодействие между пылегазовыми облаками в сталкивающихся галактиках порождает ударные волны, вызывающие уплотнение межзвездной среды и рождение новых светил. Несколько первых миллионов лет жизни новые звезды имеют ярко-голубое свечение, которое и свидетельствует о произошедшей галактической катастрофе — столкновениях.

Достаточно близкими родственниками квазаров могут быть так называемые активные радиогалактики, заполняющие своими «радиопередачами» космический простор. В оптически видимом диапазоне излучения они выглядят как самые обычные спиральные структуры, но при взгляде в радиотелескопы их активные ядра просто сверкают радиоволнами. Их мощность излучения все время изменяется в широких пределах, показывая, что в глубине галактических ядер протекают какие-то титанические процессы неизвестной нам природы. Среди радиогалактик, отличающихся особо мощным излучением, часто встречаются и великанские эллиптические. Предполагается, что поражающая воображение мощность радиогалактик всех типов также обеспечивается комплексами сверхмассивных застывших звезд, заполняющих сердцевину их ядер.

Современные модели формирования галактик предполагают, что первыми структурами в ранней Вселенной были совсем небольшие протогалактики с массой в несколько тысяч масс Солнца. Как же из этих микрозародышей смогли вырасти современные исполинские структуры? Скорее всего,

главными движущими силами галактической эволюции, которые и обусловили наблюдаемое разнообразие звездных сообществ, стали межгалактические взаимодействия и столкновения звездных островов друг с другом.

При этом слияние двух галактик вовсе не вызывает столкновения между их бесчисленным звездным населением, ведь вероятность встречи двух звезд очень мала, поскольку их линейные размеры крайне незначительны. Однако галактические просторы густо заполнены пылегазовыми туманностями — и именно они активно вступают во взаимодействие, если галактики встречаются «лоб в лоб». При этом гравитационное взаимодействие приводит к разрушению сложившейся структуры газопылевых облаков с последующим возникновением титанических потоков вещества, перетекающих из одной галактики в другую.

▲ Активно взаимодействующие галактики

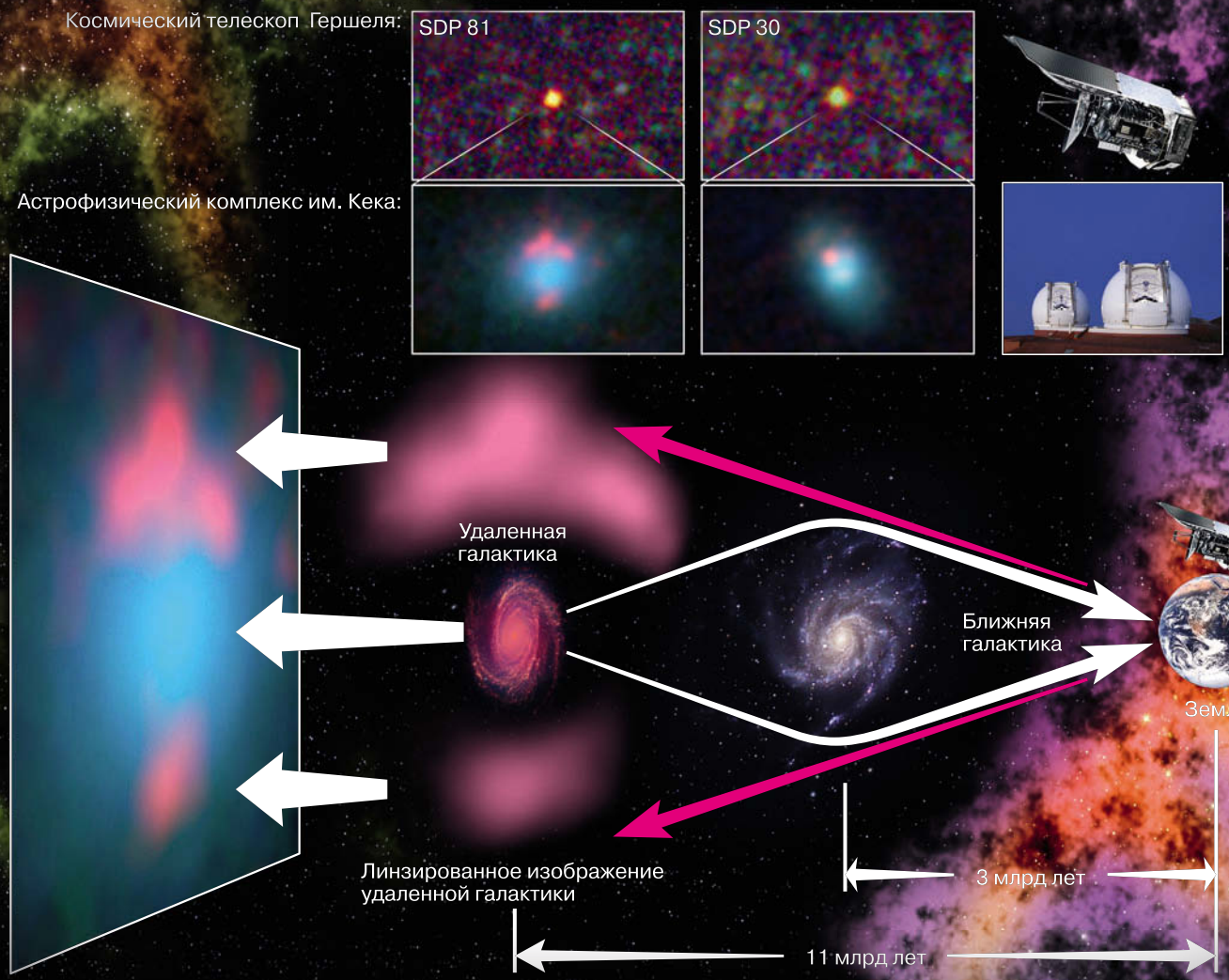
В ядрах взаимодействующих галактик может возникнуть необычная система из нескольких черных дыр, расположенных в галактическом ядре, которое будет эффективно преобразовывать гравитационную энергию, поглощаемую из окружающего пространства материи, в электромагнитное излучение.

▾ Скопление галактик

Эволюция галактик в скоплениях и группах показывает, что при столкновениях их гигантские короны из пыли и газа должны смешиваться и рассеиваться. Кроме того, наиболее массивные члены скоплений, пролетая вблизи остальных, своим тяготением будут увлекать соседей.

Такие процессы способны неузнаваемо изменить внешний вид новой звездной структуры. К примеру, спиральные галактики могут сливаться, формируя эллиптическую систему. А галактические гиганты легко поглощают малышей, еще больше увеличивая свои размеры. Конечно же, эти процессы длятся от десятков миллионов до нескольких миллиардов лет, и для их последовательного анализа необходимо зафиксировать все стадии галактической эволюции для нескольких взаимодействующих галактик на самых различных этапах их слияния. Случается, что расположенные в центре их скопления массивные галактики не только «обдирают» газовые короны встречающихся им галактик, но и захватывают часть звездного населения космического гостя. Астрономы предполагают, что многие галактики с очень массивными гало приобрели их именно каннибальским образом, поглощая материю своих ближайших соседей. По далеко идущим прогнозам, через несколько миллиардов лет своеобразным каннибалом может стать и наша Галактика: начнет поглощать непрерывно приближающееся к ней Большое Магелланово Облако.

Наблюдения показывают, что большинство скоплений галактик уже прошло через несколько жестких столкновений. Не исключение и наш Млечный Путь, в диске которого уже слилось несколько небольших галактик. Этот процесс продолжается, и наш звездный остров готовится поглотить чуть ли не десяток



▲ Линзирование самых далеких галактик

маленьких карликовых галактик, которые медленно движутся прямо в нашу сторону.

Еще один метод исследования жизни звездных сверхскоплений состоит в анализе их населения. У более старых галактик наблюдается сильное истощение запасов межзвездного вещества, так что темпы образования молодых звезд падают, а общее количество светил новых генераций неуклонно снижается. Зато у них наблюдается немало белых карликов, завершающих жизненный путь светил, после того как у них погаснут термоядерные топки. В общем, так и выглядит старение галактик.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

По своим размерам наша Галактика считается относительно крупной структурой, включающей более 200 млрд светил. В то же время встречаются и совсем небольшие звездные островки, которые в миллионы раз меньше Млечного Пути. Звездная дорога Млечного Пути, пересекающая ночной небосвод, обильно насыщена газопылевыми облаками с большим количеством молодых звезд. Это показывает, что наша Галактика входит в разряд уплощенных спиральных систем. Правда, как мы уже отмечали, о величине и расположении бара и строении спиральных рукавов данных нет.

Глава 23
Метагалактика

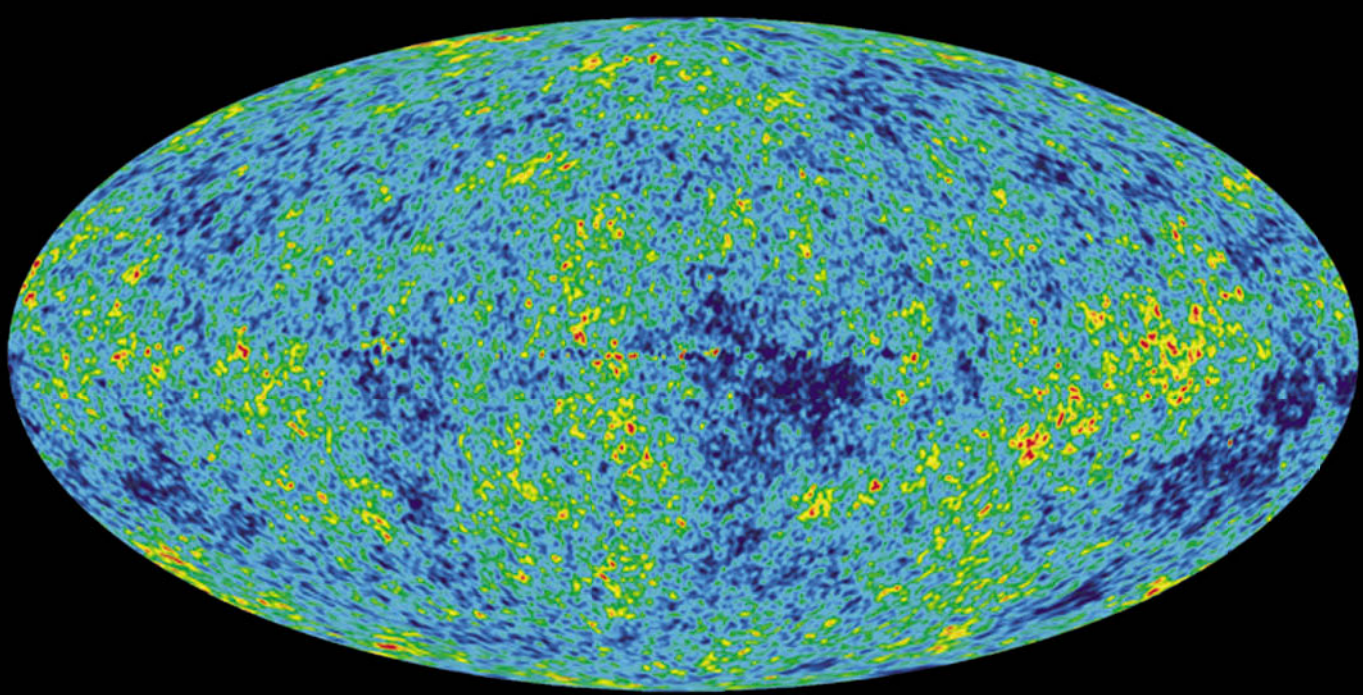
«Сегодняшняя Вселенная заполнена скоплениями галактик. Некоторые из них совсем не велики, всего-то несколько десятков галактик… Другие скопления содержат несметные орды из тысяч галактик, связанных взаимными гравитационными узами…

В самом крупном масштабе мы живем во Вселенной галактик, которая, вероятно, содержит сотни миллиардов изысканных образцов космического созидания и разрушения, в равной мере обнаруживающих и порядок, и хаос».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

Наша Галактика является структурной единицей Метагалактики — части Вселенной, доступной современным астрономическим методам исследования и содержащей несколько миллиардов галактик. В ближних окрестностях нашей Галактики расположено еще около 40 галактик, которые образуют так называемую местную группу. Подобные скопления считаются самыми крупными из устойчивых систем во Вселенной.

Давайте подведем краткие итоги наших удивительных экскурсий в глубины мироздания и еще раз окинем взглядом всю доступную нам часть Вселен-



▲ Структура Метагалактики

Флуктуации реликтового фона по данным НАСА, основанным на наблюдениях космического зонда WMAP. Излучение, оставшееся от ранних стадий Большого взрыва, как бы высвечивает галактические скопления материи во Вселенной (желтые области и красные точки). Голубой фон соответствует газопылевой среде, а синий — разряженному от вещества вакууму.

ной — Метагалактику. Эту трудновообразимую по величине область космоса изучает особая наука, формально входящая в астрономию, но претендующая на совершенно особую мировоззренческую роль, — космология.

Космология описывает лишь крупномасштабные структуры Вселенной, размеры которых более сотен миллионов световых лет (галактические скопления и сверхскопления). Общепринята космологическая теория, согласно которой структура Метагалактики возникла из первоначальных гравитационных возмущений космической среды, связанных с физическими процессами на ранних стадиях эволюции Вселенной.

По современным астрономическим наблюдениям основная составляющая межзвездной среды — чрезвычайно разряженный водород с незначительными добавками других газов и пыли. Межзвездная среда пронизана во всех направлениях потоками электромагнитного излучения, космическими лучами и звездным ветром. В оптическом диапазоне хорошо видны горячие туманности, подсвеченные массивными звездами, и небольшие темные зерна.

На сегодня международная группа астрономов уже получила изображения тех звездных объектов, которые в тысячи раз слабее, чем наблюдаемые в самые мощные наземные телескопы.

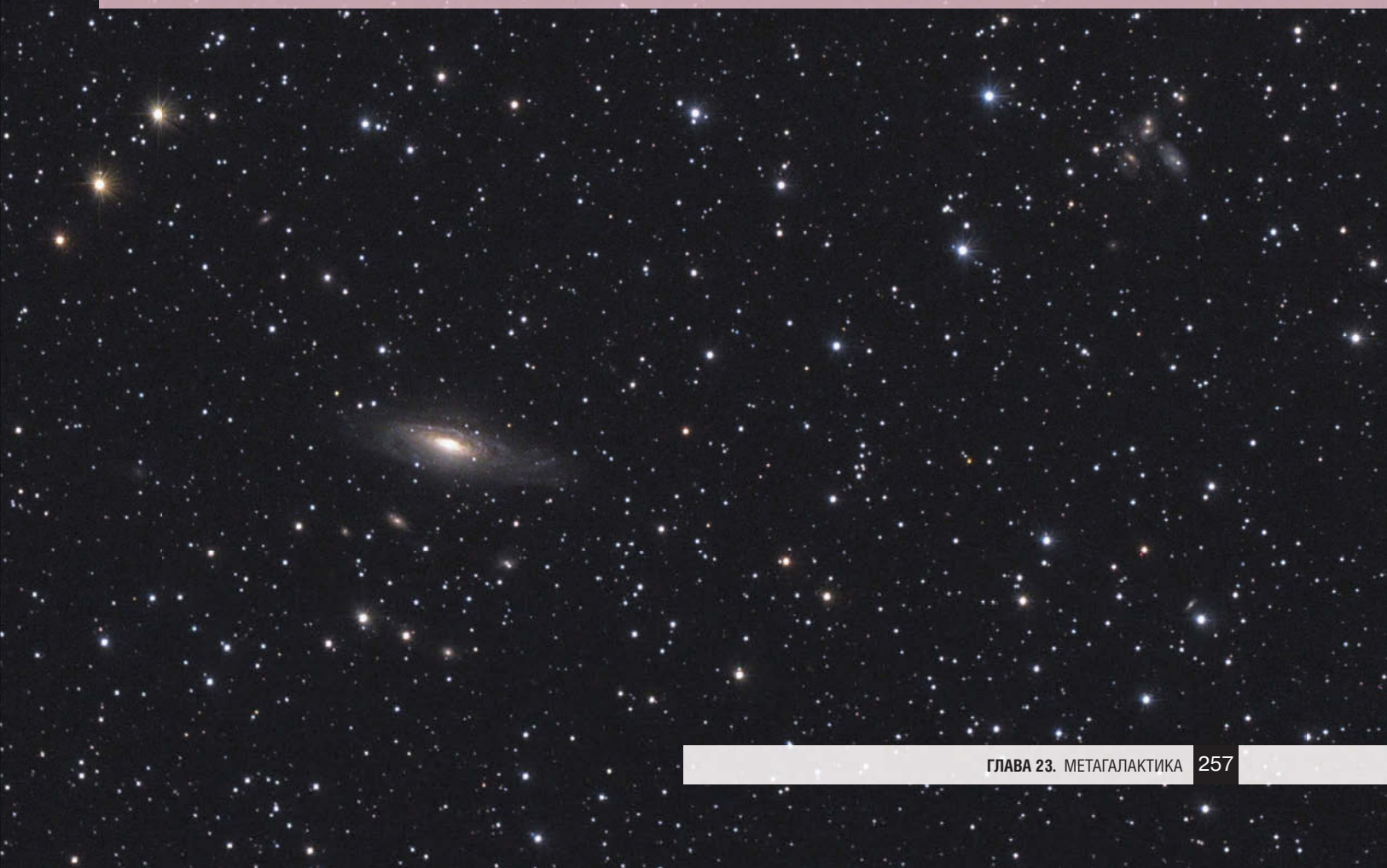
Работа над изображениями «сверхглубоких полей» звезд и галактик ведется уже несколько десятилетий, и астрономы давно поняли, что чем меньше звездная масса, тем чаще встречаются подобные светила на метагалактических просторах. Если раньше Солнце считалось самой что ни на есть заурядной звездой — желтым карликом, то сейчас его статус значительно выше — среднемассивное светило, ведь большинство звезд оказалось значительно легче Солнца.

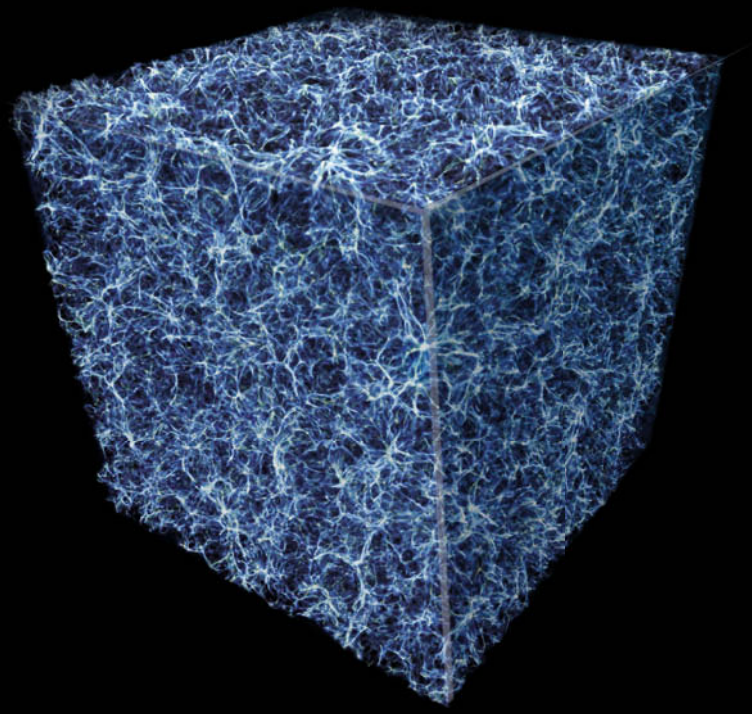
Однако открытие россыпей слабосветящейся «звездной мелочи» так и не помогло объяснить аномально большую массу галактического гало при его относительно малой яркости, поэтому проблема скрытой массы Млечного Пути и в особенности его галактического гало весьма далека от окончательного разрешения.

Любопытно, что среди слабых звездочек на одну действительно звезду приходится десять сверхдальних галактик. А среди слабейших световых точек уже надо пересмотреть почти полторы сотни объектов, чтобы выловить хоть одно светило. Подобный отбор в основном возможен по форме изображения, ведь любая, даже очень крупная звезда выглядит при

▾ Удаленные галактики, окруженные темной материей

Темная материя, проявляющая себя скрытой массой, теоретически появилась сразу же после Большого взрыва. Скрытая масса почти не взаимодействует с электромагнитным излучением, но, как и обычное вещество, может не только притягивать свое окружение, но и собираться в сгущения.



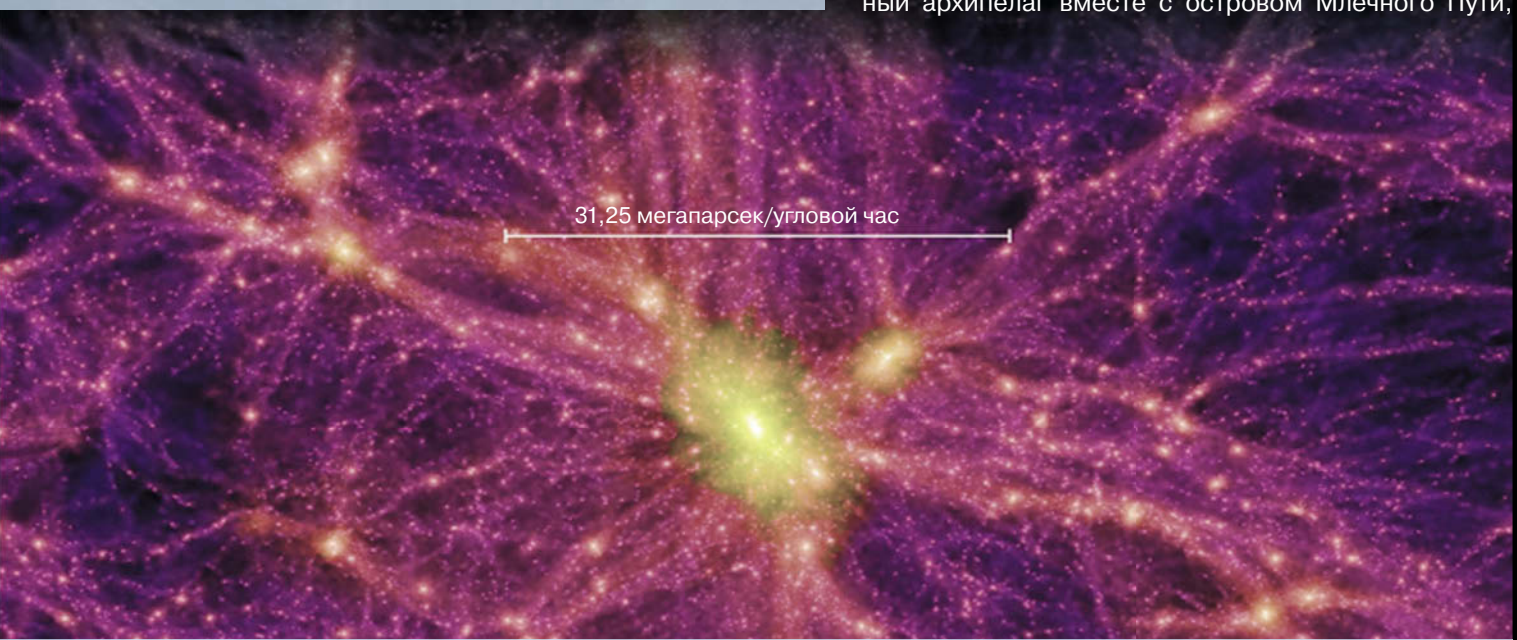


▲ Сверхструктура Вселенной

В результате уникального международного проекта компьютерного моделирования Вселенной под названием «Миллениум» удалось построить изображение распределения вещества в любых его формах. Яркие области соответствуют уплотнениям, а темные означают пустоты.

любом разрешении точкой, а галактика имеет различимое протяженное тело. Но и далекая галактика становится для наземного телескопа неотличимой от звезды при очень слабой яркости — и тогда все надежды только на новое поколение космических обсерваторий, которые предполагается разместить в точках либрации (равного земного и лунного притяжения). Помещенные в подобных «гравитационных гаванях», где ничто не сможет вывести их из равновесия, телескопические системы, состоящие из множества зеркал, управляемых единым компьютером, смогут колоссально приблизить к нашим глазам самые удаленные уголки Метагалактики. Более того, составляя сверхглубокие обзоры космического простора, мы наконец-то сможем осуществить вечную мечту астрономов — продвинуться вглубь Вселенной сразу во многих направлениях, получив связанные глубокие изображения большей части Метагалактики.

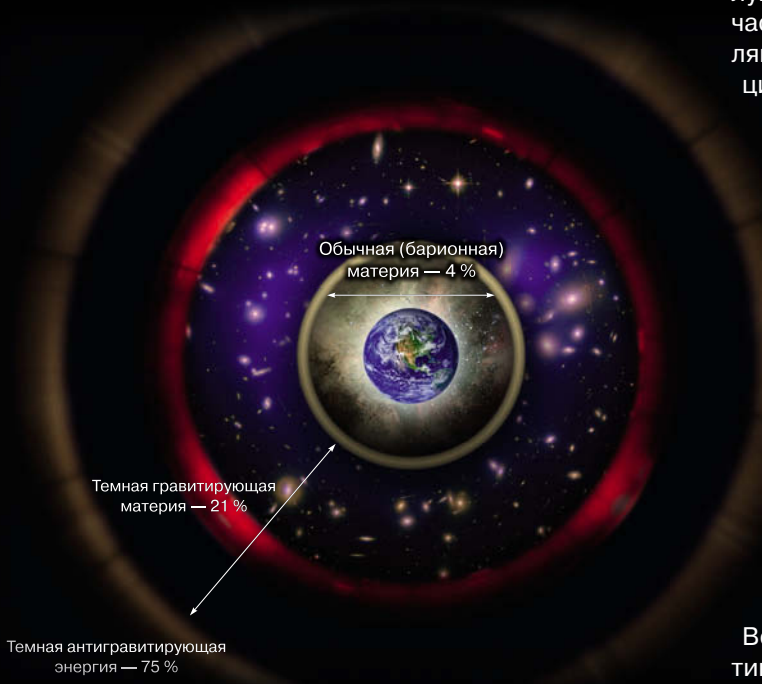
Поиск в удаленных частях нашей Вселенной уже принес первые сенсационные результаты, связанные с открытием удивительной сверхструктуры, которую астрономы назвали Великим Аттрактором (от англ. *attract* — «притягивать»). Данная колоссальная область концентрированной массы влияет на движение очень многих галактик, включая и нашу группу. Этот удивительнейший природный феномен совершенно случайно обнаружила команда астрономов, изучавших движение Млечного Пути совместно с группой соседних галактик. Все они перемещаются в сторону недавно открытого сверхскопления галактик, лежащих на границе созвездий Гидры и Кентавра. Скорость галактического потока, увлекающая наш звездный архипелаг вместе с островом Млечного Пути,



▲ Скопление галактик в Метагалактике

Скопление галактик на компьютерной модели — одно из самых плотных в Метагалактике. Оно состоит из нескольких тысяч звездных систем с миллиардами обитателей, как и в нашей галактике Млечный Путь. Даже от этого ближайшего по космическим масштабам звездного архипелага свет идет к Солнечной системе несколько сотен миллионов лет, а от одного его края до другого световой луч путешествует уже миллионы лет!

▾ Схема стандартной космологической модели



оказалась значительно выше скорости расширения пространства Вселенной. После анализа причин, породивших такое необычное космическое течение вещества, и возникла модель Великого Аттрактора как объекта, занимающего обширную область, с колоссальной массой, превосходящей десятки тысяч галактик. Несмотря на то что диаметр Великого Аттрактора оценивается в 300 млн световых лет, астрономы считают его локальной гравитационной аномалией, оказывающей определяющее влияние на окружающие звездные системы, и компактной относительно галактических сверхскоплений. От Солнечной системы этот странный центр притяжения удален где-то на 150 млн световых лет.

Кроме обзоров самого дальнего пограничья Метагалактики космологов очень занимает и жизнеописание мироздания начиная с первых мгновений его рождения. Сейчас подавляющее большинство ученых считают, что наш мир возник где-то 13,7 млрд лет назад (эта цифра время от времени меняется) в совершенно невообразимом вселенском катаклизме — Большом взрыве. Это название следует признать очень неудачным, как и часто встречающиеся иллюстрации разлетающихся во все стороны частей мироздания. На самом деле то, что мы понимаем под Большим Взрывом, — это очень непростой процесс катастрофического расширения пространства-времени, не имеющего ни центра, ни привычных движущих сил. Все сказанное составляет так называемую стандартную космологическую модель горячей Вселенной, включающую широкий круг явлений и ведущую начало с главной космологической сингулярности Большого взрыва. Согласно этому космологическому сценарию, все сущее включает в себя три вида материи: барионную, или тяжелую, которая содержит все известные элементарные частицы и тела из них; темное вещество, представляющее собой нечто, окутывающее своими гравитационными узами галактики и их скопления; темную энергию, ускоренно расталкивающую антигравитацией окружающее пространство. Последние два компонента пока еще имеют неизвестную природу, и ученые подозревают, что их действие, охватывающее около 95 % Метагалактики, связано с некими темными частицами и энергией вакуума.

В эволюции Вселенной пока еще неясным нам образом возникли сверхскопления галактик, раскинувшиеся на сотни миллионов световых лет (средний размер — 300 миллионолетий). Они образуют некое подобие сот с перегородками толщиной около 30–60 млн световых лет. В глубине сот находятся скопления галактик размерами около 30 млн световых лет, а еще дальше вглубь — и отдельные галактики.

Исходным пунктом поиска «темных сторон» Вселенной стало «взвешивание» различных галактик, которое астрофизики проводили двумя путями. Вначале они пытались оценить суммарную массу составляющих каждую галактику компонентов, таких как звезды, газопылевые облака, гравитационные коллапсары и остатки потухших светил в виде невидимых темных карликов. Затем начали тщательно измерять силы притяжения галактик, исследуя скорости движения периферийных звездных ассоциаций и пылегазовых молекулярных облаков. И вот здесь,

▾ Темная материя в галактическом кластере

к полному недоумению исследователей, выяснилось, что на видимые небесные тела с десятикратным перевесом влияет некая таинственная гравитация! Это было тем удивительнее, что ранее никаких видимых проявлений загадочной тяготеющей субстанции на периферии галактик не обнаруживалось!

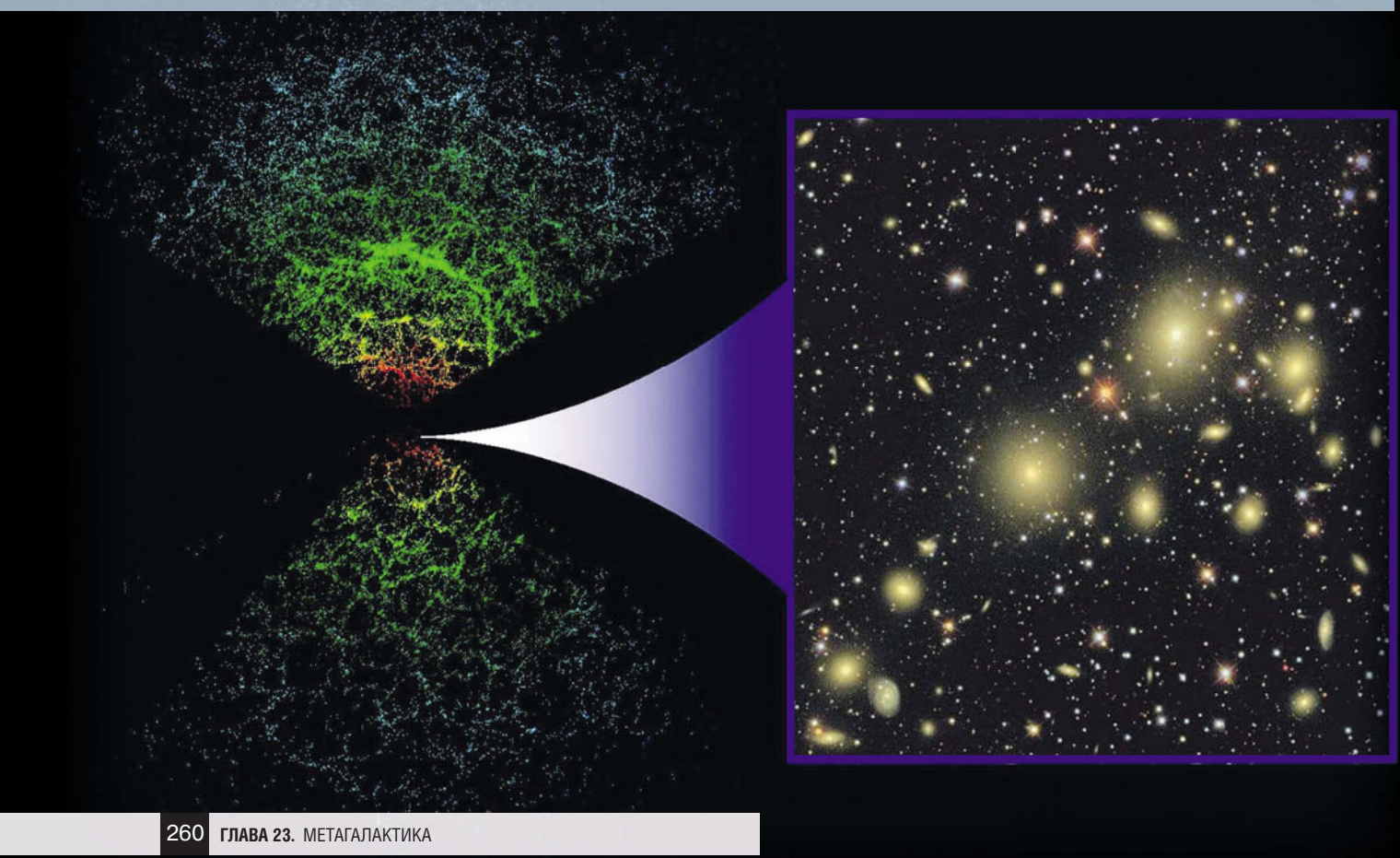
Вообще-то, астрономы давно догадывались, что с балансом видимого и невидимого веществ в Метагалактике не все в порядке. Ведь еще с 1930-х годов высказывались догадки, что во Вселенной существует и некая темная материя. Прошли многие десятилетия — и новые автоматические орбитальные обсерватории провели серию наблюдений обширной группы галактик. При этом были обнаружены своеобразные короны, хорошо видимые в рентгеновском диапазоне, которые окружали эллиптические галактики. Общая масса этих уникальных галактических образований оказалась сравнима с массой всей нашей Галактики — свыше 100 млрд солнечных масс.

Вскоре появились сообщения, что и вокруг спиральных галактик располагаются сверхмассивные оболочки из неизвестной материи. В масштабе групп и скоплений галактик общая масса «влияния» где-то на порядок больше массы видимых объектов. Загадка скрытой массы продолжает будоражить умы астрономов, выдвигающих разные гипотезы о том, какие же из известных частиц могли бы на порядок превзойти своим притяжением воздействие всех вещественных объектов. Не так давно была открыта масса неуловимых частиц — нейтрино и антинейтрино. Хотя их массы относительно других элементарных частиц крайне незначительны, их концентрация на просторах Вселенной на десятки порядков превосходит концентрацию нейтронов и протонов. Из-за этого суммарный вклад нейтрино в вещественную тяготеющую массу значительно превышает суммарный вклад всех остальных частиц. Но и после этого около 70 % тяготеющей массы Вселенной имеет неизвестную природу невещественного характера. Эта невещественная субстанция, как ни странно, преобладающая в Метагалактике, получила название темной энергии.

Астрономы выявили удивительный факт: оказалось, что источники рентгеновского излучения галактических корон не могут удержаться возле галактик, ведь суммарной массы всех их звезд явно недостаточно. Это показывает, что на периферии эллиптических галактик есть невидимое вещество, масса которого значительно выше массы самой галактики.

▾ Крупная структура Метагалактики

Космологи утверждают, что наблюдаемая сегодня Вселенная однородна лишь на средних масштабах, превышающих 600 млн световых лет. По мере уменьшения космических дистанций начинают проявляться ее структура и субструктура.

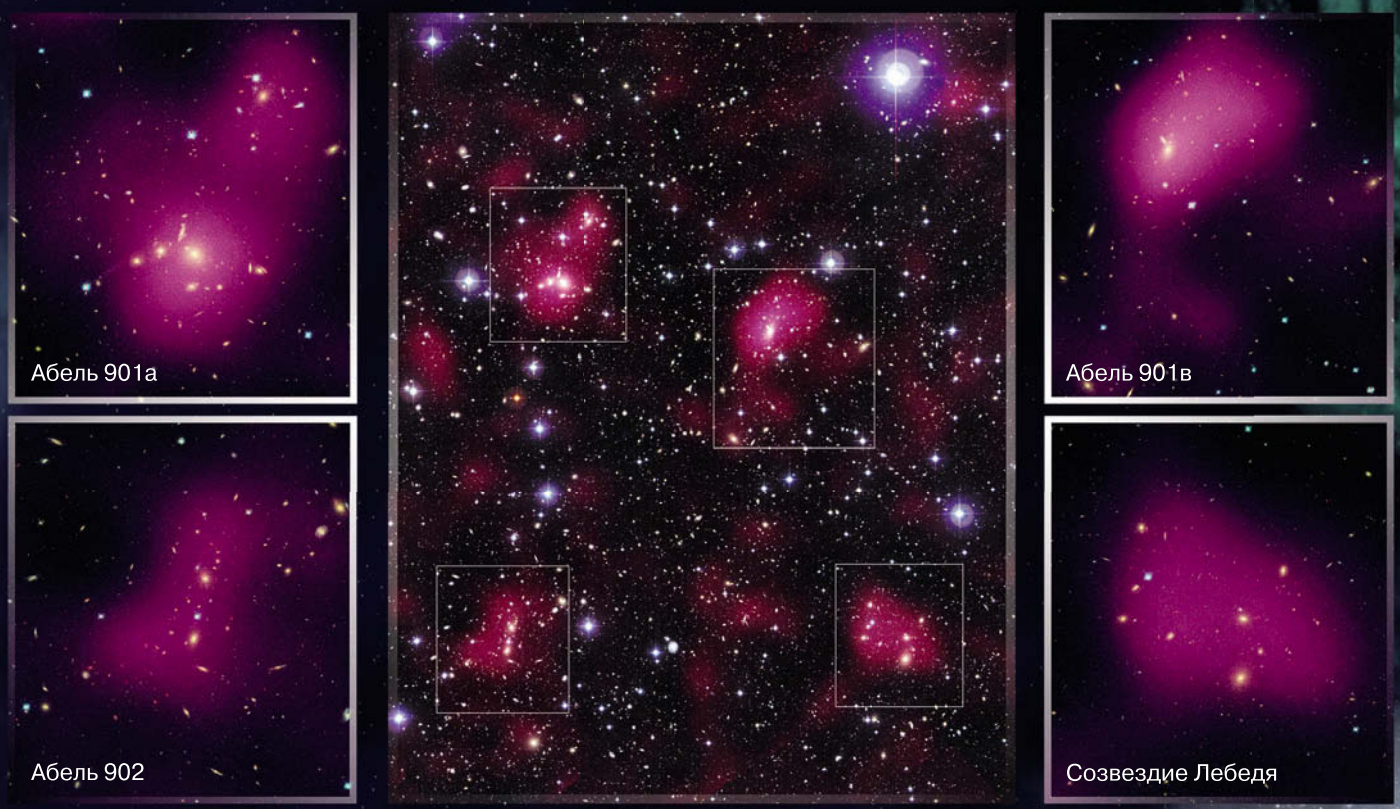


Темная энергия была выявлена в конце прошлого века: астрофизики обнаружили, что самые дальние сверхновые светят не так ярко, как это ожидалось (как если бы Метагалактика была заполнена обычной материей, подчиняющейся закону мирового тяготения). Таким образом, астрономы поняли, что во Вселенной существует еще какая-то дополнительная энергия, на метагалактических расстояниях противостоящая гравитационному притяжению материи.

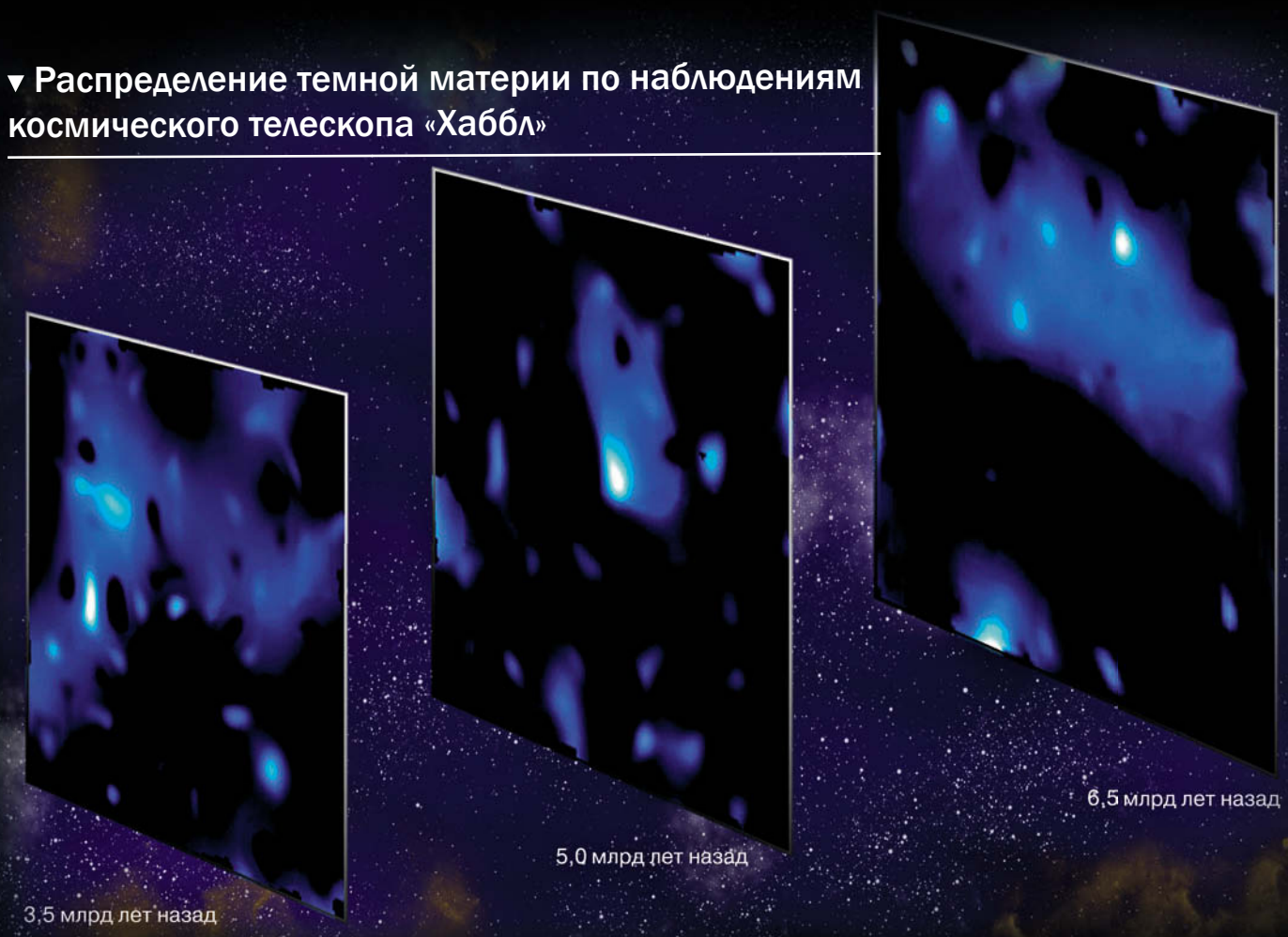
Так перед учеными встала самая главная задача их исследований — выявить природу «темных сторон» жизни Метагалактики, определяющую в силу своего подавляющего процентного содержания всю окружающую нас реальность. Сегодня эта проблема обросла десятками самых различных предположений. В случае темной энергии (а это чуть ли не 70 % нашего мира) самое пристальное внимание направлено на физический вакуум как фундаментальный источник элементарной материи, определяющий в той или иной мере первичные процессы, которые привели к возникновению нашей Вселенной.

В подобных космологических сценариях вакуум выступает в роли главного инициирующего фактора последующих преобразований вещества, наделяя частицы массой и способностью к взаимодействиям.

▾ Галактические короны из темной материи



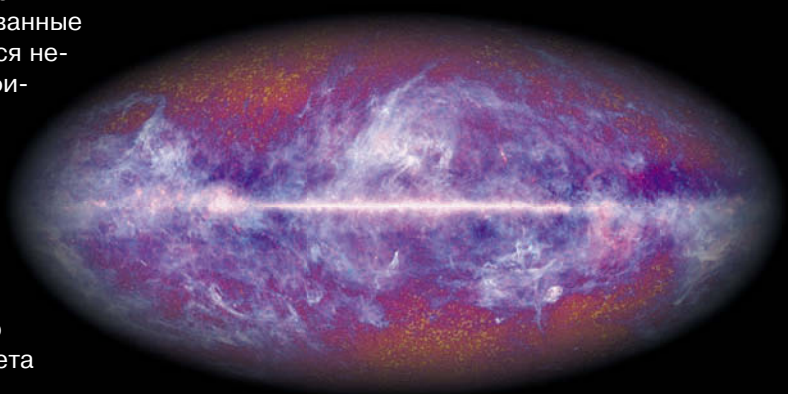
▴ Сверхкластеры темной материи



▾ Распределение темной материи по наблюдениям космического телескопа «Хаббл»

Конечно, пока мы еще можем только догадываться об истинной природе физического вакуума, но уже сегодня физики-теоретики предлагают модели вакуумного состояния материи, в которых присутствует несколько модификаций этого странного «ничто», различающегося разными уровнями энергетического наполнения. И между этими вакуумными модификациями «пустоты» ученые строят всевозможные фазовые переходы, в чем-то напоминающие агрегатные превращения вещества из твердого состояния в жидкое и газообразное. При этом высказываются вполне математически обоснованные предположения, что темная энергия и является неким проявлением еще неизвестных свойств физического вакуума, заключая в себе огромную энергию этого фундаментального состояния материи. Самое же удивительное свойство физического вакуума связано с его «антигравитацией» (с самого момента рождения Вселенной), расталкивающей материю и вызывающей сегодня ускоренное расширение Вселенной! По крайней мере, никакого лучшего объяснения все ускоряющегося разлета галактик физики и космологи еще не нашли…

Сам же факт ускоренного расширения нашего мира уже получил достаточное обоснование в наблюдениях за сверхновыми звездами и при детальном измерении энергетического спектра реликтового излучения как на Земле, так и в космосе. Но на вопрос о происхождении темной энергии вразумительного ответа все еще нет. Физики-теоретики, конечно, пытаются его найти, всячески комбинируя различным образом уравнения общей теории относительности с уравнениями состояния вещества. Но, по существу, единственным бесспорным достижением является так называемая инфляционная модель, утверждающая, что при рождении мироздания произошел неимоверно быстрый инфляционный



▴ Модель Метагалактики по результатам наблюдения телескопа Планка

ЭТО ИНТЕРЕСНО

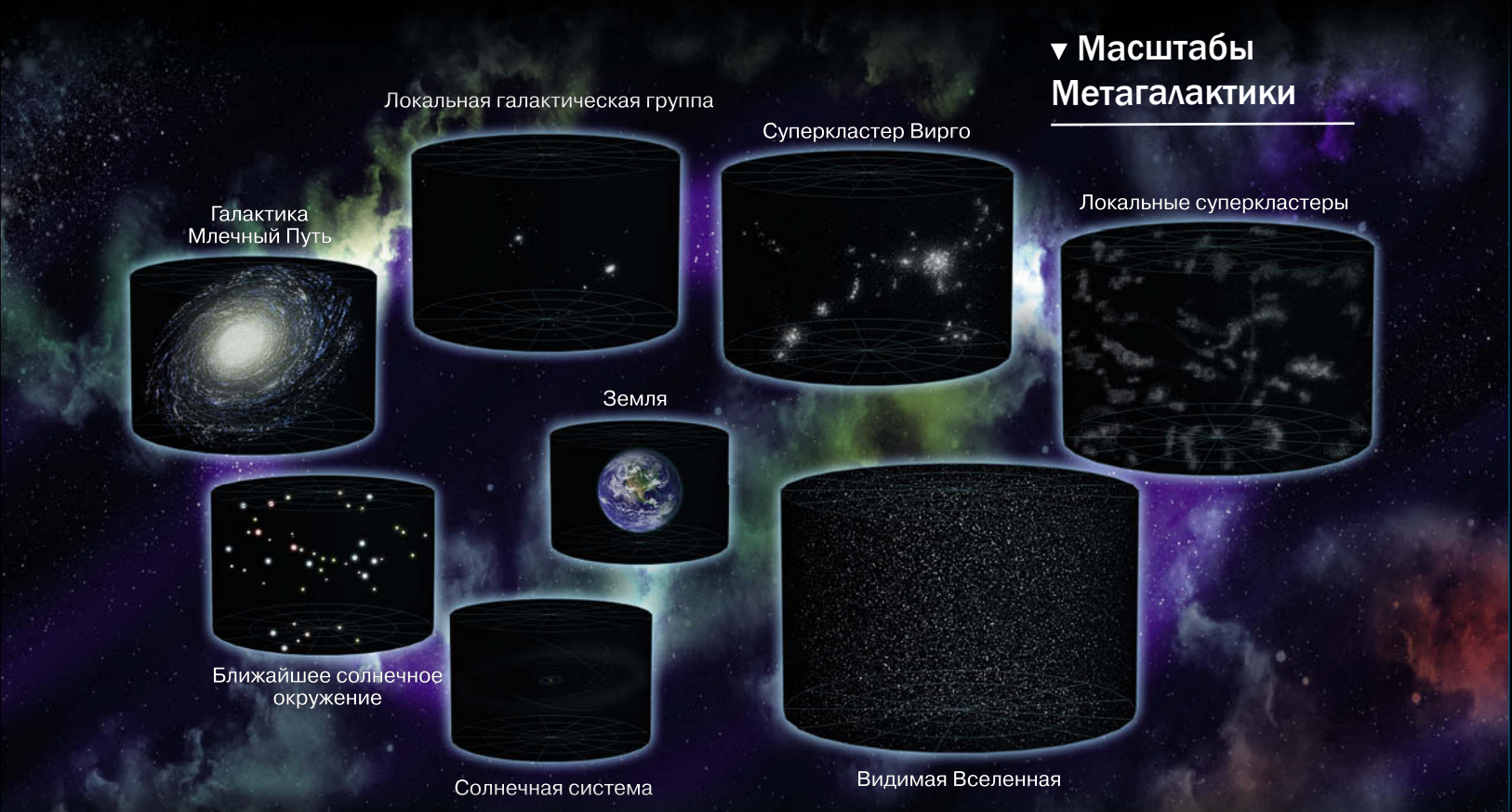
Теоретики смело предсказывают, что когда-нибудь новые вселенные можно будет создавать в лаборатории вместе с черными дырами. В теории возможно создание микроскопической десятикилограммовой черной дыры при столкновениях частиц с энергиями на 11 порядков выше, чем в проектируемых ускорителях. Внутренность такого микроколлапсара будет тут же расширяться в иное пространство, образуя новую вселенную. Этот новый мир сразу потеряет связь с нами при испарении коллапсара, но сохранит физическую структуру нашей Вселенной. Затем там появятся разумные изобретатели и когда-нибудь включат сверхмощный ускоритель частиц...

скачок пространства по причине доминирования огромной положительной энергии вакуума. И лишь после того как возникла эта неохватная вселенская сцена, на ней начался космический спектакль с превращением излучения в вещество, вещества в звезды, а скоплений звезд в галактики, которые стремительно разлетаются друг от друга, постоянно наращивая скорость.

Исследования темной энергии (в том числе о возможной эволюции с момента Большого взрыва до современности) породили множество гипотез о ее природе. В ходе подобных работ были выявлены признаки того, что состояние темной энергии существенно менялось со временем, своеобразно эволюционируя. Здесь, правда, все еще крайне не хватает информации о самых ранних эпохах эволюции нашего мира. Большую роль при этом отводят исследованию сверхновых звезд, яркость которых позволяет довольно точно определять дистанцию их удаленности, а значит, и вычислить момент их вспышки. По этим данным можно построить соотношение размеров Метагалактики при загорании сверхновой и в настоящий момент. Так постепенно набирается статистика о характере эволюции нашего мира.

Продвигаясь вглубь Вселенной, астрономы вплотную приблизились к тринадцатимиллиардному рубежу наблюдения сверхдалеких объектов, в роли которых выступают первые галактики. Астрофизики и космологи надеются, что «сверхглубокие поля обзора» помогут им выявить новые закономерности проявления самых загадочных компонентов нашей Вселенной — темных материи и энергии, что очень важно для ответов на два главных вопроса о нашем мироздании: как родился наш мир и какое его ожидает будущее?

Перспективные исследования крупномасштабных структур Метагалактики в виде галактических скоплений включают построение их компьютерных моделей. Реализация подобной масштабной программы считается приоритетной задачей космологии на ближайший период. Дальнейший поиск в этом направлении может помочь предсказать судьбу нашей Вселенной, включая дату всеобщего конца мироздания через многие сотни миллиардов лет.



Глава 24

Прошлое и будущее нашего мира

▲ Образ Большого взрыва

«…Примером интуитивного образа может служить взрыв бомбы; в этом случае чем быстрее летит осколок, тем дальше он улетит. Спустя мгновение после самого взрыва мы видим, что осколки распределены в соответствии с законом Хаббла, то есть их скорости пропорциональны расстояниям до них. Здесь, однако, нарушается космологический принцип, поскольку если мы отойдем достаточно далеко от места взрыва, то никаких осколков не увидим. Этим образом подсказан самый знаменитый в современной космологии термин „Большой взрыв“. Согласно этим представлениям, около 20 млрд лет тому назад все вещество Вселенной было собрано в одной точке, из которой началось стремительное расширение Вселенной до современных размеров».

Т. Редже. Этюды о Вселенной

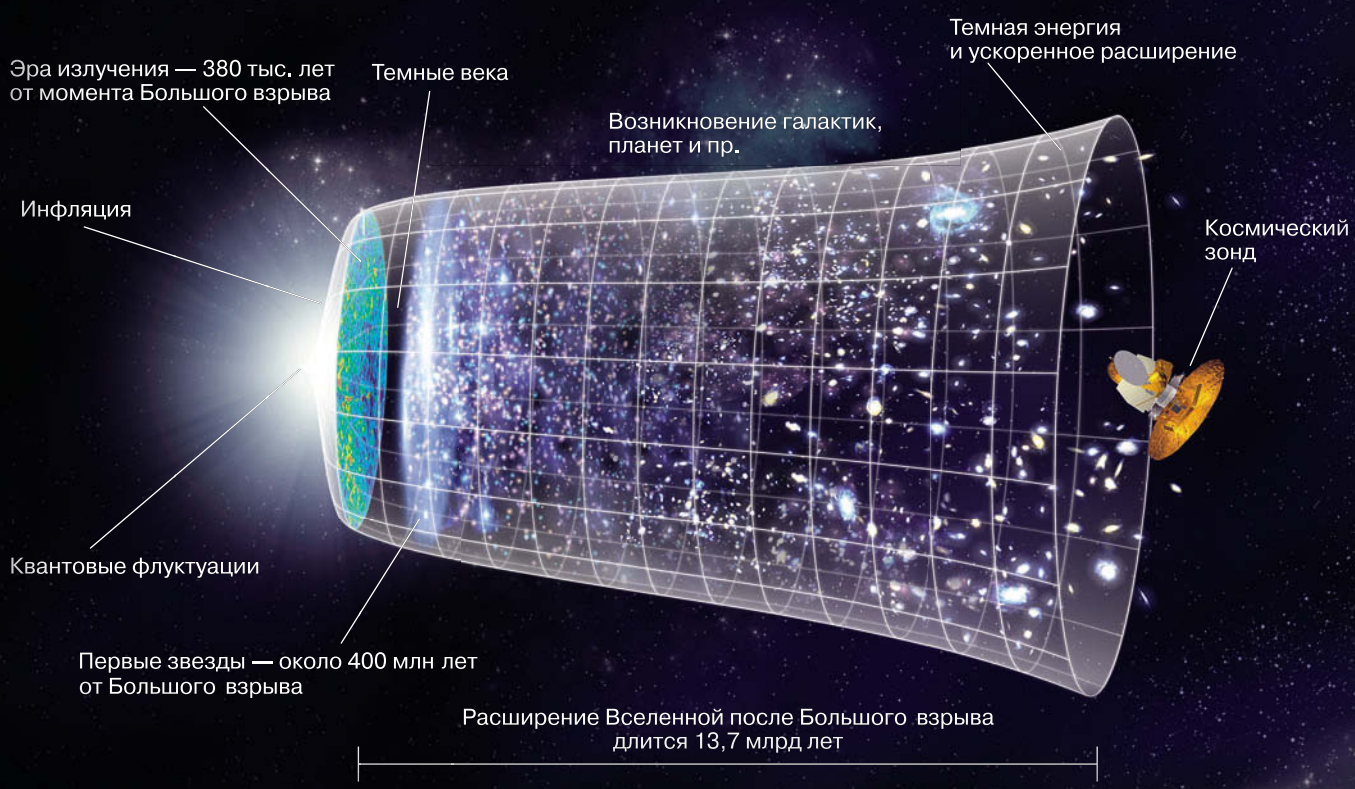
«Мы изучаем прошлое, чтобы лучше понять настоящее и будущее, а близкое и отдаленное будущее человечества, будущее разума во многом зависят от будущего природы, от судеб Земли, Солнца Галактики, Вселенной...

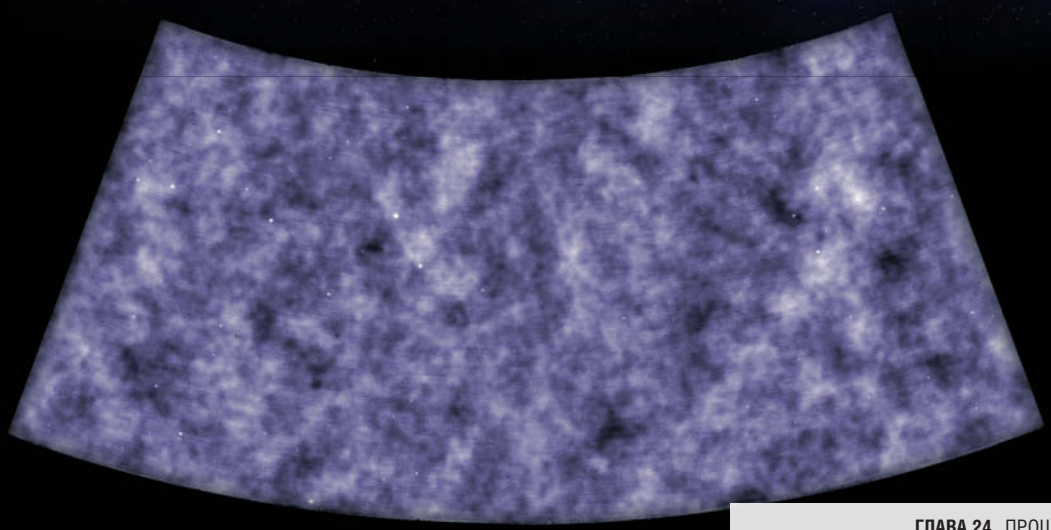
Изучение будущего Вселенной принципиально отличается от изучения прошлого. Прошлое оставило свои следы, и, обнаруживая их, мы проверяем правильность своих представлений. Картина будущего — это лишь экстраполяция, прямая проверка здесь невозможна. И тем не менее сегодня фундамент физических и астрофизических знаний настолько прочен, что позволяет с достаточной уверенностью рассматривать отдаленное будущее Вселенной».

И. Д. Новиков. На крыльях времени

В конце 1920-х годов американский астроном Эдвин Хаббл опубликовал статью «Связь между расстоянием и лучевой скоростью внегалактических туманностей», в которой утверждал, что далекие галактики и туманности удаляются от нас со скоростью, пропорциональной их отдаленности. Получалось, что чем дальше галактика, тем выше ее скорость удаления. Коэффициент пропорциональности в зависимости Хаббла получил его имя и стал одной из важнейших констант в космологии. Прошло совсем немного времени — и открытие Хабблом эффекта красного смещения (при убегании галактики краснеют из-за эффекта Доплера) легло в основу космологии расширяющейся Вселенной.

▾ Эволюция Вселенной





◂ Компьютерное моделирование дозвездной Вселенной

«Итак, Вселенная напоминает надувной шарик, на котором нарисованы галактики и, как на глобусе, нанесены параллели и меридианы для определения местоположения точек; но в случае Вселенной для определения положения галактик необходимо использовать не два, а три измерения... Расширение Вселенной напоминает процесс надувания этого шарика: взаимное расположение различных объектов на его поверхности не меняется; на шарике нет выделенных точек; площадь, на которой были выстроены солдаты, теперь представляет всю Вселенную; площадь эта весьма странная: выходим через калитку на север, а, возвращаясь, обнаруживаем, что появляемся на площади с южной стороны, и так далее».

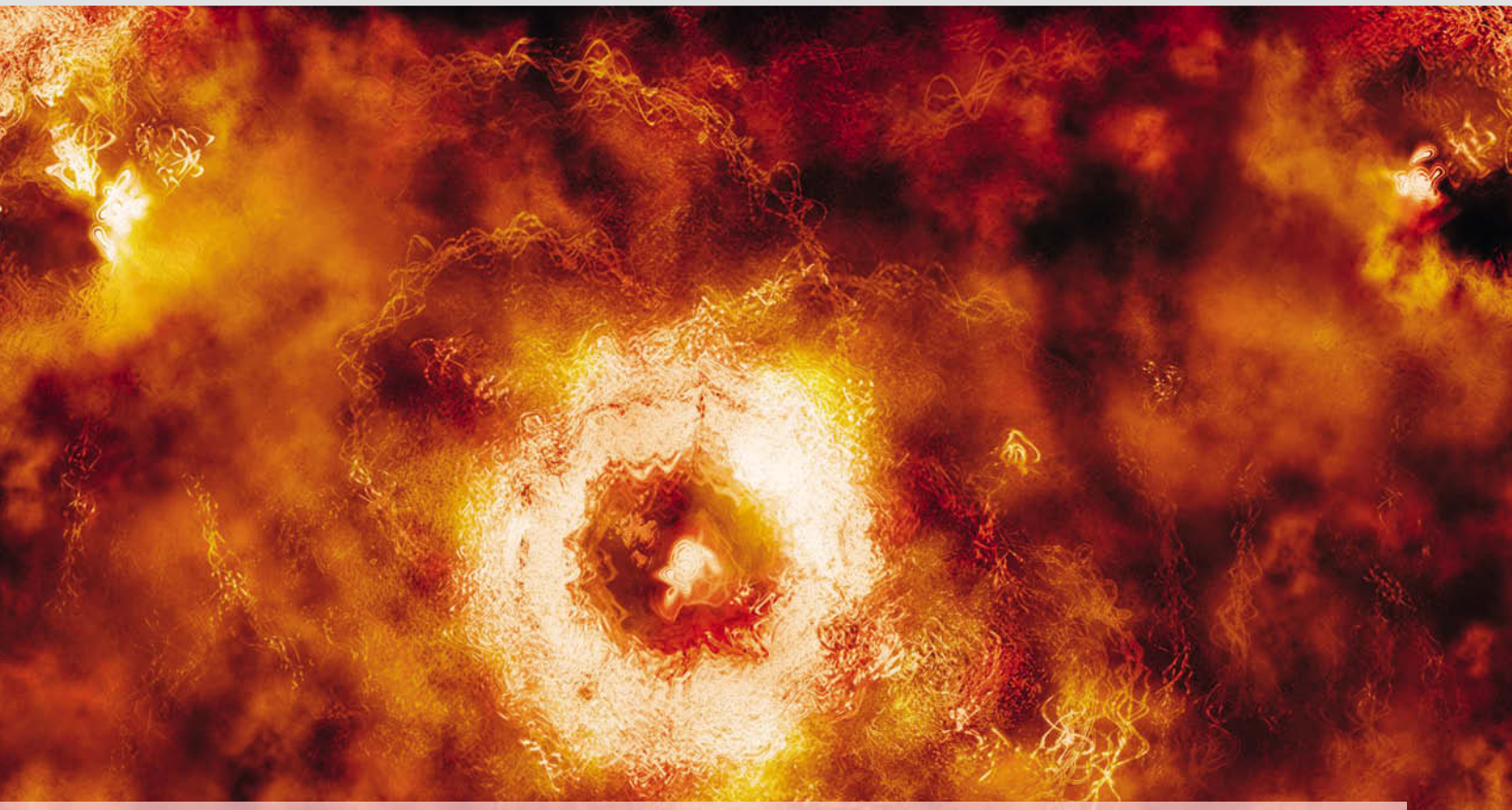
Т. Редже. Этюды о Вселенной

Несмотря на кажущуюся простоту модели, расширение Вселенной, как и породивший ее Большой взрыв, очень трудно представить в привычных образах. Ведь центр космологического расширения отсутствует. Из любой мыслимой точки будет казаться, что вы находитесь в центре Метагалактики и именно от вас разлетаются галактики — каждая со своим красным смещением, пропорциональным расстоянию до них.

Вскоре после чудовищного катаклизма Большого взрыва вещество более-менее рассеялось по новорожденной Вселенной. Причина, почему из практически однородной среды возникли такие удивительные и очень сложные по структуре массивные тела (планеты, звезды и галактики), — в законе всемирного тяготения. Там, где случайно возникли хотя бы минимальные неоднородности плотности, силы гравитации сделали их еще массивнее и плотнее. Изначально однородная масса со временем разделилась на отдельные облака, из которых впоследствии сформировались галактики. Прошли еще сотни миллионов лет. Под действием гравитационных сил начался процесс гравитационной конденсации первичной газовопылевой среды в звезды и планеты.

Ну а какая же судьба может ожидать нашу Вселенную в отдаленном будущем?

На этот вопрос поможет ответить выдающийся космолог и астрофизик современности Игорь Дмитриевич Новиков: «Первый из таких процессов сейчас



▲ Первые звезды во Вселенной

«Звезды массивнее Солнца проживут еще меньше и в зависимости от массы в конце концов превратятся либо в нейтронные звезды с поперечником всего в десятки километров, либо в черные дыры. Наконец, возможен катастрофический взрыв в конце жизненного пути звезды с полным ее разрушением. Так, по-видимому, взрываются некоторые звезды, называемые сверхновыми».

И. Д. Новиков. На крыльях времени

ни у кого не вызывает сомнений — звезды в будущем погаснут. Солнце закончит свою активную эволюцию через несколько миллиардов лет и превратится в белый карлик размером с Землю, который будет постепенно остывать. Звезды менее массивные, чем Солнце, живут дольше, но и они рано или поздно превращаются в остывшие карлики».

О судьбе галактик Игорь Дмитриевич говорит следующее: «Они состоят из сотен миллиардов звезд. В центрах галактик, вероятно, находятся сверхмассивные черные дыры, о чем свидетельствуют бурные процессы в галактических ядрах, наблюдаемые астрофизиками. Для будущего галактик существенны очень редкие в наше время события, когда какая-либо звезда в результате гравитационного взаимодействия с другими звездами приобретает большую скорость, покидает галактику и превращается в межгалактического странника. Звезды постепенно будут покидать галактику, а ее центральная часть будет понемногу сжиматься, превращаясь в очень компактное звездное скопление. В таком скоплении звезды будут сталкиваться друг с другом, превращаясь в газ, и этот газ в основном станет падать в центральную сверхмассивную дыру, увеличивая ее массу. Звезды также будут разрушаться приливными силами, пролетая слишком близко от этой черной дыры.

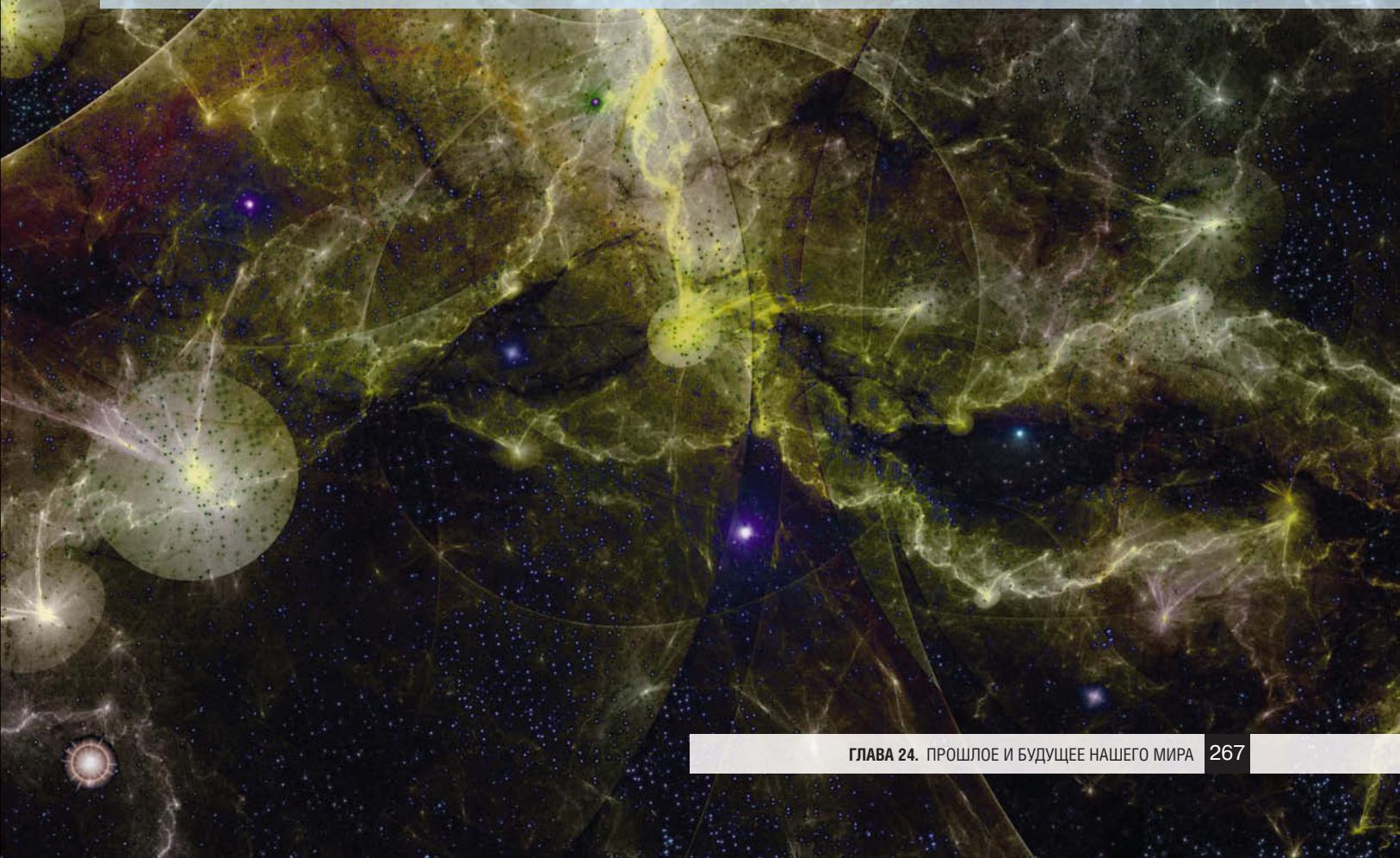
Конечный этап — это сверхмассивная черная дыра, поглотившая остатки звезд центральной части галактики, и рассеивание около 90 % всех звезд внешних частей в пространстве. Процесс разрушения галактик закончится примерно через 10^{19} лет, все звезды к этому времени давно погаснут и потеряют право именоваться звездами.

Для дальнейших процессов определяющей является предсказываемая современной физикой нестабильность ядерного вещества. Имеется в виду, что протон хотя и очень долго живущая, но все же нестабильная частица. Теория «великого объединения», которая предсказывает бурные процессы в эпоху с 10^{-34} по 10^{-32} с после начала расширения Вселенной, предсказывает и необходимость распада протона (и нейтрона в составе сложных ядер, который в этих условиях также считался стабильным). Среднее время его жизни оценивается примерно в 10^{32} лет. Конечный продукт распада протона — один позитрон, излучение в виде фотона, нейтрино

▾ Распад небесных тел

«Процесс распада будет поддерживать температуру умерших звезд и планет на уровне хоть и низком, но все же заметно отличном от абсолютного нуля. Так, белые карлики, остыв за 10^{17} лет до температуры 5 K, будут потом сохранять эту температуру из-за выделения энергии при распаде вещества внутри них. Нейтронные звезды остывают за 10^{19} лет до температуры около 100 K, после чего распад вещества в них будет поддерживать эту температуру».

И. Д. Новиков. На крыльях времени



и, возможно, одна или несколько электронно-позитронных пар. Хотя распад протона еще не наблюдался непосредственно, мало кто из физиков сомневается в неизбежности такого процесса».

Продолжает профессор Новиков: «…примерно через 10^{32} лет ядерное вещество полностью распадется. Из мира исчезнут даже погасшие звезды. Но распад ядерного вещества уже задолго до этого срока начнет играть важную роль в эволюции Вселенной. Позитроны, возникающие при распаде нуклонов (это общее название протонов и нейтронов), аннигилируют с электронами, превращаясь в фотоны, которые вместе с фотонами, прямо возникающими при распаде нуклона, нагревают вещество. Только нейтрино свободно покидают звезду и уносят около 30 % всей энергии распада.

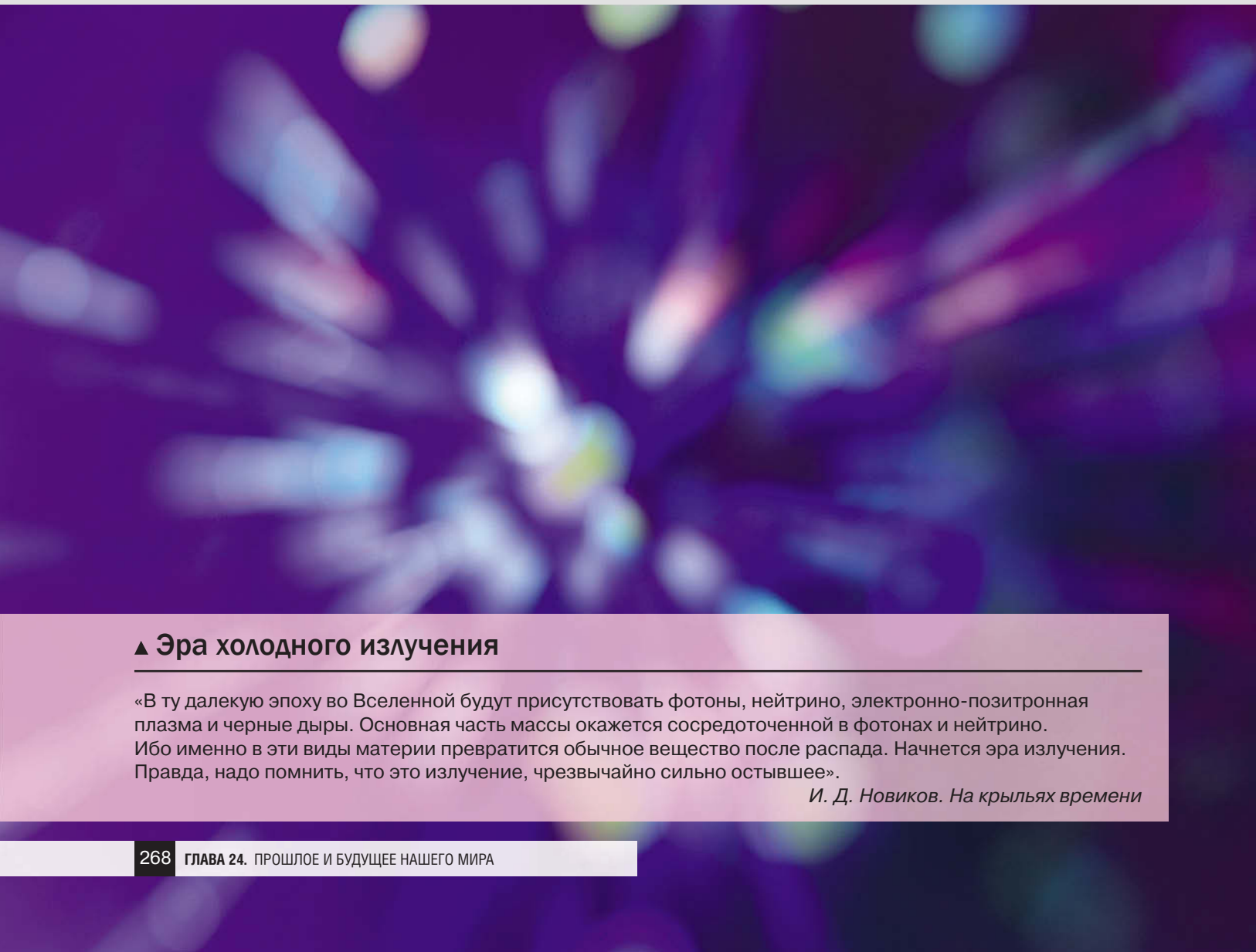
Спустя 10^{32} лет все ядерное вещество полностью распадется, звезды и планеты превратятся в фотоны и нейтрино.

Несколько иная судьба у рассеянного в пространстве газа, который останется после разрушения галактик (по массе он может составить около 1 % всего вещества Вселенной). Ядерное вещество этого газа тоже, разумеется, распадется через 10^{32} лет. Однако в этом случае позитроны, возникающие при распаде, уже не будут аннигилировать с электронами — из-за крайней разреженности газа вероятность встречи этих частиц чрезвычайно мала, и в результате образуется разреженная электронно-позитронная плазма.

К этому времени, то есть через 10^{32} лет, во Вселенной останутся еще черные дыры, возникшие из массивных звезд после их угасания, и сверхмассивные черные дыры, образовавшиеся в центрах галактик.

Что же будет происходить во Вселенной после распада ядерного вещества?»

«С расширением Вселенной плотность массы излучения быстро будет падать, так как уменьшается и плотность числа частиц, и энергия каждого кванта (а значит, и его масса). В отличие от излучения, средняя плотность обычной материи в виде электронно-позитронной плазмы и черных дыр убывает только из-за уменьшения их концентрации при расширении Вселенной. Значит, плотность этих видов материи убывает медленнее, чем плотность излучения. Поэтому ко времени 10^{33} лет плотность материи уже будет определяться главным образом массой, заключенной в черных дырах. Ее будет гораздо больше, чем в электронно-позитронной плазме. Если масса покоя нейтрино не ноль, как мы это раз-



▲ Эра холодного излучения

«В ту далекую эпоху во Вселенной будут присутствовать фотоны, нейтрино, электронно-позитронная плазма и черные дыры. Основная часть массы окажется сосредоточенной в фотонах и нейтрино. Ибо именно в эти виды материи превратится обычное вещество после распада. Начнется эра излучения. Правда, надо помнить, что это излучение, чрезвычайно сильно остывшее».

И. Д. Новиков. На крыльях времени

бирали выше, то значительная доля массы останется также в нейтрино. На смену эре излучения придет эра черных дыр!»

В. Демин. Тайны Вселенной

По мнению Новикова, «…и черные дыры не вечны. В поле тяготения вблизи черной дыры происходит, как мы знаем, рождение частиц; причем у черных дыр с массой порядка звездной и больше возникают кванты излучения. Такой процесс ведет к уменьшению массы черной дыры, она постепенно превращается в фотоны, нейтрино, гравитоны. Но процесс этот чрезвычайно медленный. Скажем, черная дыра массой в 10 масс Солнца испарится за 10^{69} лет, а сверхмассивная черная дыра, масса которой еще в миллиард раз больше, — за 10^{96} лет. И все же постепенно все черные дыры превратятся в излучение, и оно вновь станет доминирующим по массе во Вселенной, снова наступит эра излучения. Однако это излучение несравненно более холодное, чем излучение в эпоху распада вещества. Вследствие расширения Вселенной плотность излучения, как уже говорилось, падает быстрее плотности электронно-позитронной плазмы, и через 10^{100} лет станет доминирующей именно эта плазма, и, кроме нее, во Вселенной не останется практически ничего.

Означает ли это, что в будущем замрут все процессы, не будет происходить активных движений физических форм материи, невозможно будет существование каких-либо сложных систем, а тем более разума в какой бы то ни было форме?

Нет, такой вывод был бы неверен. Конечно, с нашей сегодняшней точки зрения все процессы в будущем будут чрезвычайно замедлены, но ведь и пространственные масштабы тогда будут иными. Напомним, что в самом начале расширения Вселенной, когда температура была примерно 10^{27} К, происходили процессы рождения вещества, текли бурные реакции, продолжительность которых исчислялась 10^{-34} с, а пространственные масштабы были порядка 10^{-24} см».

С точки зрения И. Д. Новикова, «…сегодняшние события во Вселенной, в том числе и наша жизнь, это нечто невероятно медленное и чрезвычайно растянутое в пространстве. По мнению известного американского физика Фримена Джона Дайсона, в любом отдаленном будущем возможны будут сложные формы движения материи и даже разумная жизнь, правда, в непривычных формах, и „пульс жизни будет биться все медленнее, но никогда не остановится“.

Застывший мир

«На первый взгляд картина эволюции Вселенной в отдаленном будущем выглядит весьма пессимистически из-за постепенного распада, деградации, рассеяния.
К возрасту Вселенной 10^{100} лет в мире останутся практически только электроны и позитроны, рассеянные в пространстве с ужасающе ничтожной плотностью: одна частица будет приходиться на объем, равный 10^{185} объемам всей видимой сегодня Вселенной».

И. Д. Новиков. На крыльях времени

Наша пытливая мысль залетела в невообразимо далекое будущее. В таких длительных полетах всегда можно столкнуться с чем-то непредусмотренным. Пока у нас речь шла о процессах, которые вытекают из надежно установленных физических законов, однако в будущем возникнут физические условия, недоступные нам в эксперименте (сверхнизкие температуры, малые плотности и так далее), и вполне возможно проявление сил, возникновение процессов, совершенно нам пока неизвестных. А эти силы и процессы могут в корне изменить ситуацию.

В современном вакууме (в том, что в просторечии называется пустотой) тоже, возможно, заключена некоторая плотность энергии. Но она очень мала и соответствует плотности массы не более чем 10^{-28} г/см^3, а может быть, и существенно меньше. Обнаружить такую плотность даже в астрономических наблюдениях крайне трудно. Теория полагает возможным, что плотность массы вакуума в далеком будущем скачком перейдет в реальные частицы и античастицы, давая начало новым физическим процессам. Родившееся при этом вещество будет, конечно, разреженным, но все же несравненно более плотным, чем оставшееся к тому времени рассеянное вследствие расширения Вселенной „наше“ вещество. Подобный „фазовый переход“ вакуума может быть чрезвычайно существенным для судеб Вселенной. Так, в принципе, этот переход может остановить расширение Вселенной и сменить его сжатием. Вновь возникший при этом „сверхистинный вакуум“ будет обладать гравитацион-

▲ Распад вакуума

«Вот один из таких возможных процессов — распад вакуума, его превращение в расширяющейся Вселенной в реальное вещество. В прошлом, в упоминавшуюся уже эпоху 10^{-34} с после начала расширения, вакуум — „ложный вакуум“, как мы его называли, вероятно, уже распался, порождая частицы и античастицы больших энергий. Эта энергия соответствовала температуре 10^{27} К, а плотность вещества составляла 10^{74} г/см^3».

И. Д. Новиков. На крыльях времени

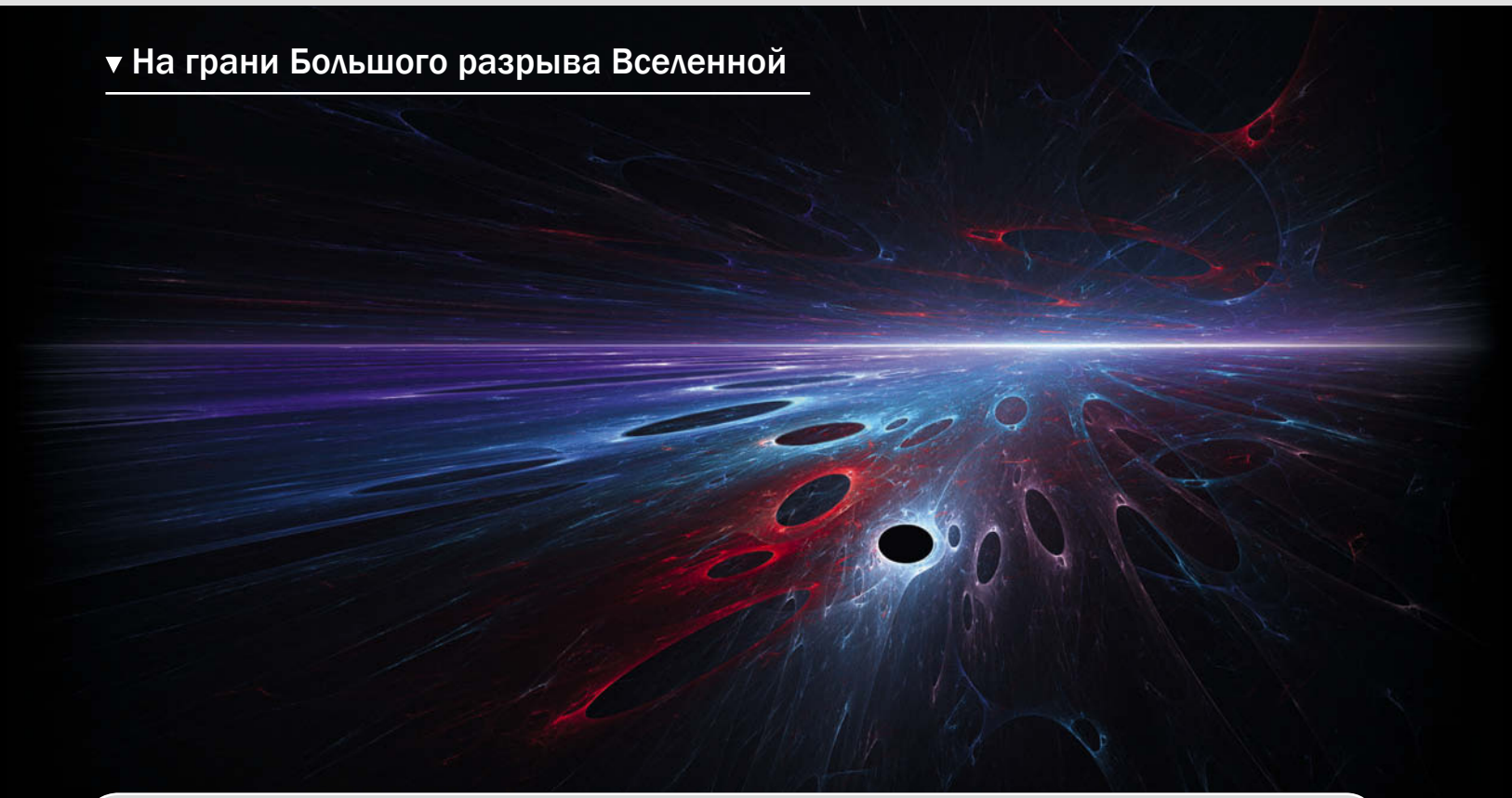
ными свойствами притяжения, а не отталкивания, как „ложный вакуум“. Ясно, что если расширение Вселенной сменится сжатием, то при этом вся нарисованная нами картина будущего изменится в корне».

Как видите, в любом возможном сценарии эволюции будущее Вселенной представляется захватывающе интересным и многообразным.

Правда, во всех вариантах в отдаленном будущем Вселенная будет совсем не похожа на окружающую нас сегодня. Либо это состояние очень разреженное и холодное, либо очень плотное и горячее.

Космологические исследования далеких астрономических эпох заставляют задуматься о том, какого могущества в науке и технике могло бы достигнуть человечество через столетия, а тем более тысячелетия, не говоря уже о миллионолетиях своей созидательной эволюции. Станислав Лем в своей работе «Новая космогония» предрекал, что человек когда-нибудь научится управлять законами природы, направляя по своему разумению эволюцию Вселенной. Мысли Лема дополняют современные исследования видного специалиста в теории информации Леонида Моисеевича Пустыльникова, составившего с группой известных ученых целую программу под амбициозным названием «Управленческая парадигма Мира», призванную служить поиску оптимальных преобразований для законов, управляющих физической реальностью. Ведь было бы наивно полагать, считает профессор Пустыльников, что природа приготовила в будущем очень комфортные условия для существования человечества.

▾ На грани Большого разрыва Вселенной



ЭТО ИНТЕРЕСНО

У астрономов долгое время оставались сомнения относительно чистоты космических пустот, и они постоянно задавались вопросом: а нет ли в этих пустотах небольших галактик, рассеянных звездных скоплений, просто одиночных звезд или какой-либо иной формы вещества, вообще не излучающего свет? Для решения этой любопытной задачи астрономы с помощью наблюдений в самые мощные телескопы составили модель перемещения нескольких тысяч галактик. А после решения уравнений движения для этих систем стало ясно, как распределена масса в пространстве независимо от того, излучает ли она свет. При этом произошло открытие удивительной сверхструктуры Великого Аттрактора в виде обширной концентрации массы, влияющей на движение многих галактик, включая и наш Млечный Путь. Этот удивительнейший космологический феномен обнаружила группа астрономов, изучавших аномалии в движении нашей и соседних галактик, направляющихся в сторону сверхскопления галактик Гидры-Кентавра. Оказалось, что наблюдаемые скорости галактического движения в ходе расширения Вселенной значительно отличаются от тех, которые следуют из закона Хаббла.

Глава 25
Разум во Вселенной

«Одни ли мы во Вселенной? Мы живем в удивительное время, когда наука разрабатывает средства, которые могли бы позволить подступиться к ответу на этот вопрос, с незапамятных времен терзающий человечество. Сегодня, четыре века спустя после аутодафе Джордано Бруно, мы знаем, что существуют планеты, вращающиеся вокруг других звезд, подобных нашему Солнцу. Становится даже возможным получить представление об атмосфере этих внесолнечных планет. В свете этих кардинальных открытий появилась возможность пересмотра сценариев образования и эволюции нашей собственной планетарной системы. XXI век обещает стать веком поиска жизни за пределами Земли».

Р. Ферле. В поисках новых миров… Одни ли мы во Вселенной?

Невозможно мысленно путешествовать по космическим просторам Вселенной и не задаваться вопросом о существовании других разумных существ. Первые мысли об иных мирах (тогда под этим подразумевалась обитаемая Ойкумена — освоенная человечеством часть мира) можно встретить еще у древнегреческих мыслителей. Затем эстафету подхватил великий мыслитель Возрождения Джордано Бруно, взошедший за свои идеи на костер…

Сегодня существует целая паранаука — уфология, собирающая мифические доказательства присутствия зеленых человечков на нашей планете, однако существует и научный подход. Человечество на всем протяжении своей истории вглядывается в глубины Метагалактики с надеждой найти собратьев по разуму. Например, уже давно ученые перешли от пассивного созерцания к активным поискам жизни на планетах Солнечной системы, и в момент чтения этой книги по поверхности Марса путешествует ровер НАСА «Кьюриосити», ищущий какие-либо простейшие организмы. Поскольку в нашей Солнечной системе вряд ли существует разумная жизнь, радиоастрономы посылают радиосообщения в наиболее интересные участки нашего звездного окружения. К тому же АМС «Пионер» и «Вояджер», выполнив свои исследовательские задачи внутри Солнечной системы, понесли депеши от человечества в далекое межзвездное пространство.

Разумеется, это скорее символические первые и, наверное, малоэффективные шаги на пути к инопланетным собратьям по разуму. Правда, относительно реальности их существования имеются серьезные сомнения. Например, видный советский астрофизик второй половины прошлого века Иосиф Самуилович Шкловский долгое время слыл большим энтузиастом в поиске инопланетных существ, но в конце жизни

◂ Радиотелескоп «Аресибо» (Пуэрто-Рико)

Это крупнейшая обсерватория, состоящая из одной 305-метровой антенны, расположенной в кратере потухшего вулкана. Антенна телескопа может также посылать радиоволны, она была использована для радиолокации планет и даже для передачи сообщений в те участки нашей Галактики, где, предположительно, могут существовать внеземные цивилизации.

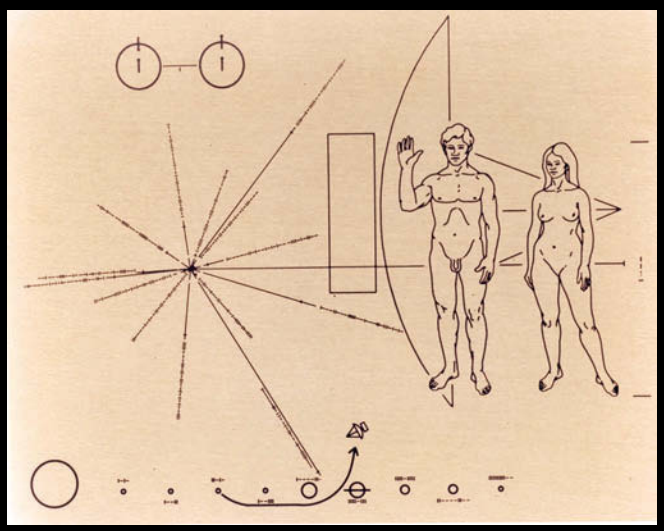
резко изменил позицию и в своей книге «Вселенная, жизнь, разум» весьма аргументированно обосновал гипотезу о единственности человеческого разума во Вселенной. Профессор Шкловский не только делает парадоксальный вывод о бесполезности контактов с иным разумом, но и вообще ставит под сомнение реальную пользу от сверхдальних космических экспедиций. Ведь даже если в ближайшее столетие будет создан некий фотонный двигатель, то для полета, например, к туманности Андромеды потребуется топлива в сотни тысяч раз больше, чем масса космического корабля. Да и для кратчайшего знакомства только с ближайшим нашим звездным окружением (ветвью нашей Галактики) понадобится не одно столетие, а может быть, и тысячелетие. И здесь вообще может возникнуть парадоксальная ситуация, когда после немыслимых лишений и героических подвигов по преодолению космического пространства путешественники встретят своих далеких потомков, легко преодолевших межзвездное расстояние на каком-то новом космолете...

Сегодня астрономы уже обнаружили миллиарды миллиардов галактик, содержащих биллионы звезд, а ведь они допускают существование и иных вселенных, в которых другие наборы физических параметров и законов и где, возможно, существует жизнь, совершенно не похожая на нашу.

Вопрос поиска внеземных цивилизаций и установления с ними контакта — основа многих серьезных планов международных научных исследований. Безусловно, это одна из сложнейших проблем, которые когда-либо вставали перед наукой. К примеру, на каком-то космическом теле возникли живые клетки, несмотря на то что убедительной теории такого явления пока нет. Для дальнейшего их развития и эволюции в разумные существа необходимо, чтобы соблюдались некоторые обязательные условия, причем миллионы и миллиарды лет.

▾ Послание первой межзвездной миссии «Пионер»

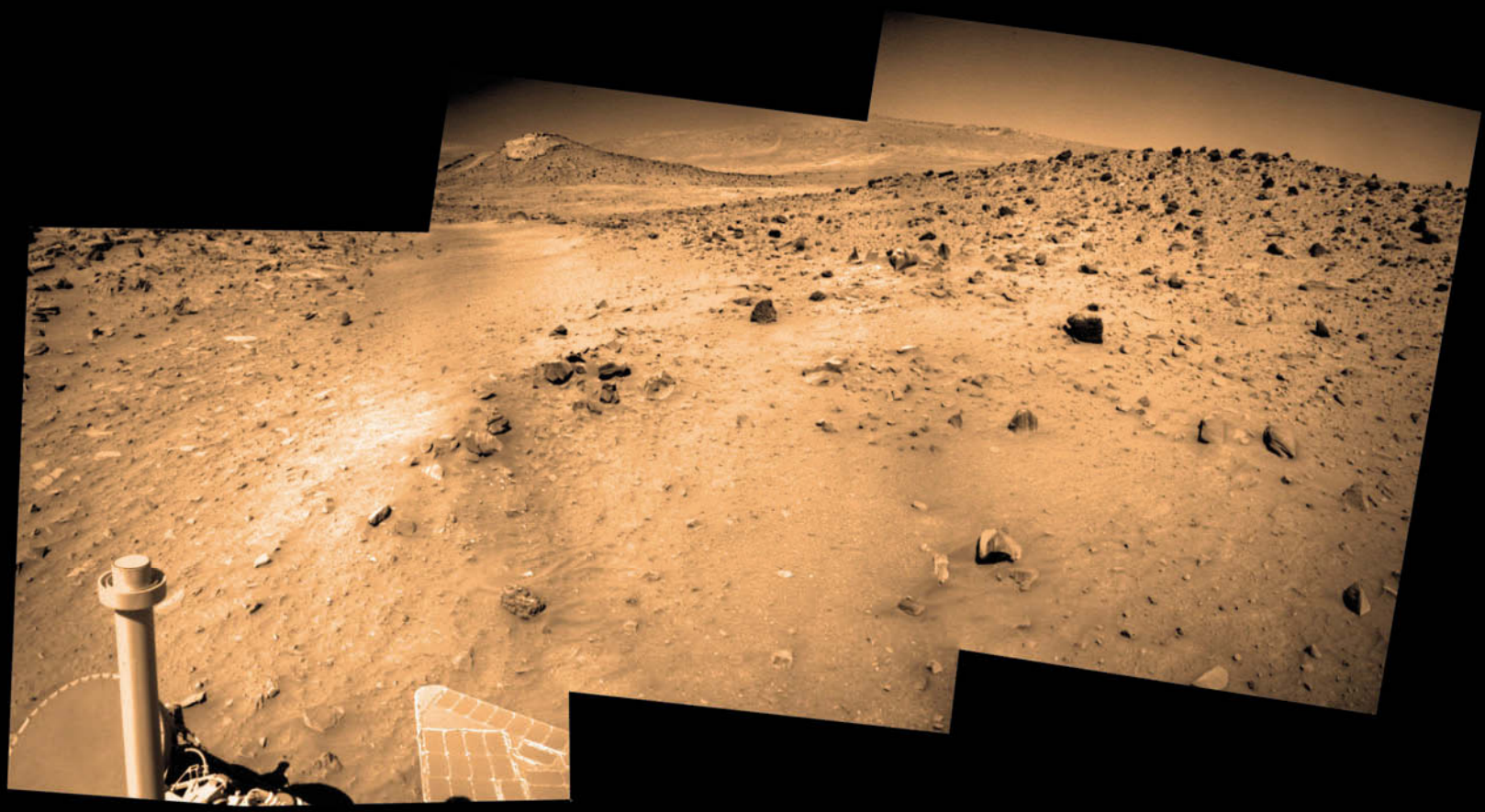
Эта пластинка из анодированного алюминия уже пересекла все границы Солнечной системы и путешествует в межзвездном пространстве



◂ Шаровое скопление в нашей Галактике, содержащее звезды, подобные Солнцу

«Науки создали картину обитаемого космоса, а при всем при том наблюдаемые факты упорно противоречили этим утверждениям. Согласно теории, Землю окружала целая толпа цивилизаций, правда в звездном удалении. Согласно практике наблюдений, нас окружала мертвая глушь. Первые исследователи проблемы исходили из того, что среднее расстояние между двумя космическими цивилизациями составляет от пятидесяти до ста световых лет. Затем это расстояние было произвольно увеличено до тысячи. В семидесятые годы радиоастрономия так усовершенствовалась, что можно было обнаружить сигналы, идущие с расстояний до десяти тысяч световых лет, однако и там слышался лишь шум солнечных пожаров. За семнадцать лет непрерывного прослушивания космоса не было выловлено ни единого сигнала, ни единого знака, дающего основания предполагать, что за ним стоит разумное намерение».

С. Лем. Новая космогония



▲ Безжизненные пейзажи Марса

Естественно, известная нам белковая жизнь может возникнуть и развиваться только на планетах или их спутниках с определенными, близкими к земным, условиями, причем далеко не на всех. Нужна так называемая зона жизни с температурным режимом и радиационным фоном, благоприятными для возникновения и развития жизни. Но и сама по себе зона жизни — необходимое, но далеко не достаточное условие, ведь все планеты разные.

К примеру, Венера входит в зону жизни, но вряд ли в ее прохладных серных облаках существуют микроорганизмы. А на ее поверхности уж точно нет ничего живого. Попадает в зону жизни и Марс, но с каждой миссией на Красную планету надежды найти там хотя бы бактерий тают... Таким образом, благоприятным биогенным плацдармом могут служить только те планеты, которые напоминают Землю и находятся в зоне жизни звезд, но астрономы пока еще не встретили ничего и отдаленно похожего. Да и поиск планет у соседних звезд даже при современной астрономической технике представляет собой труднейшую астрономическую проблему. А скудность данных по результатам наблюдений за планетами других звезд породила ряд гипотез. Согласно одним из них, процесс рождения звезды в протопланетной туманности из газопылевой межзвездной среды почти неизбежно приводит к образованию и самой планетной системы. Согласно другим, образование планет земного типа — достаточно редкое (если не редчайшее) явление. И здесь мы опять возвращаемся к гипотезе профессора Шкловского об уникальности и единственности человеческого разума во Вселенной.

Помимо всего прочего, разумная жизнь может появиться на планетах звезд, у которых стабильный и спокойный характер излучения, как у нашего Солнца, а таких светил в нашей Галактике не так уж много. Еще одно важное условие возникновения и развития жизни — наличие на планетах атмосферы. Ведь термоядерные реакции в ядрах звезд выбрасывают потоки высокоэнергетических частиц и жесткого ультрафиолета с гамма-радиацией, смертельно опасные для любой жизни. Кроме того, существует еще и метеоритная опасность: окружающая среда должна быть защищена от этого плазменного огненного шара с крайне высокими температурой и электромагнитным излучением. Сейчас планетные системы открыты у сотен звезд, правда, при этом использовались лишь косвенные данные без прямого визуального наблюдения. Однако можно представить, что планеты с наличием атмосферы и твердой поверхности возникают у одной из 100 млн звезд — значит, в нашей Галактике их количество превысит тысячу. Можно упомянуть и про возможность появления экзотических форм жизни на умирающих звездах. При условиях, что внутренний реактор замирает и, соответственно, остывает поверхность. Такие удивитель-

ные ситуации рассматривали в своих произведениях Иван Ефремов и Станислав Лем. Однако это довольно оптимистический взгляд, а скептики насчитывают лишь десятки планет на Млечном Пути, где могла бы зародиться жизнь. Но ведь жизнь — это еще не разум!

Между тем, чтобы анализировать вероятность возникновения и эволюции инопланетных существ, необходимо четко знать, как это происходило на нашей планете. И здесь мы подошли к сути проблемы внеземной жизни. Ведь до сих пор не существует общепризнанной теории возникновения жизни на Земле! Ученые бурно продолжают спорить о том, как же зародилась жизнь на Земле. Тут же следует вопрос и том, как в процессе эволюции и адаптации к меняющейся среде обитания организмам удается сохранять свой вид, не погибнуть и давать потомство.

Из оригинальных последних исследований можно отметить гипотезу космофизика Льва Михайловича Мухина о возникновении живых клеток в растворе первичного «бульона», насыщенного органическими соединениями, в результате влияния выбросов подводных вулканов. По его мнению, долговременная деятельность подводных вулканов способствует формированию подводной среды с широким спектром давления и температуры. К тому же любой вулкан — интенсивный источник аммиака, водорода, окиси углерода и метана. Но тогда спектр пригодных для жизни планет опять резко сужается, ведь далеко не везде есть океаны с подводными вулканами…

Поскольку белковая жизнь может развиться в очень узком температурном интервале от 250 до 320 K, орбита любой планеты должна проходить вблизи светила таким образом, чтобы температура ее поверхности попадала в этот интервал. К тому же весьма желательно, чтобы путь планеты был как можно более близок к круговой орбите, иначе долгие и холодные зимы уничтожат все живое. Тем более что суровую зиму сменит раскаленное лето. Между тем планетарные модели показывают, что даже небольшое (в пределах нескольких процентов) изменение параметров земной орбиты может весьма негативно отразиться на флоре и фауне.

Надо также отметить, что многие биохимики считают, что небелковой жизни вообще не существует в природе. И здесь появляется еще одно необходимое условие для существования живых существ — вода. Таким образом, найти место, соответствующее всему перечню необходимых условий появления живой материи, довольно сложно.

Как уже говорилось, в нашей Солнечной системе зону жизни занимают Венера, Земля, Марс. Безжизненная Венера находится около внутренней границы зоны жизни, а орбита Марса — около внешней.

▲ Инопланетная цивилизация в земном представлении

«Как может выглядеть, чем может заниматься, какие цели может преследовать цивилизация, развивающаяся в течение миллиардов лет (а именно на миллиарды лет цивилизации “первого поколения” должны быть старше земной!), — этого никто не мог себе представить даже при самом смелом полете фантазии. А то, чего нельзя даже представить, было попросту проигнорировано. В самом деле, ни один из исследователей проблем внеземного разума даже не упоминал о столь долговечных цивилизациях».

С. Лем. Новая космогония

Любопытно, но многое указывает на то, что и на Венере, и на Марсе когда-то были почти земные условия. Однако на Утренней звезде развился парниковый эффект, а Красная планета потеряла большую часть своей атмосферы. При этом обе планеты лишились главного условия жизни — наличия воды. Земле, в общем-то, повезло, поскольку на ней нет испепеляющего жара Венеры и холодов Марса. Впрочем, миссии роботов-марсоходов продемонстрировали, что когда-то и на марсианской поверхности было значительнее теплее и даже существовали реки. Однако до сих пор есть энтузиасты, мечтающие найти следы цивилизации марсиан, так красочно описанной многочисленными писателями-фантастами. К сожалению, на сегодняшний день ни в почве, ни в скальной породе планеты не обнаружено следов жизни. Ситуацию может прояснить планируемая на 2030-е годы масштабная международная экспедиция…

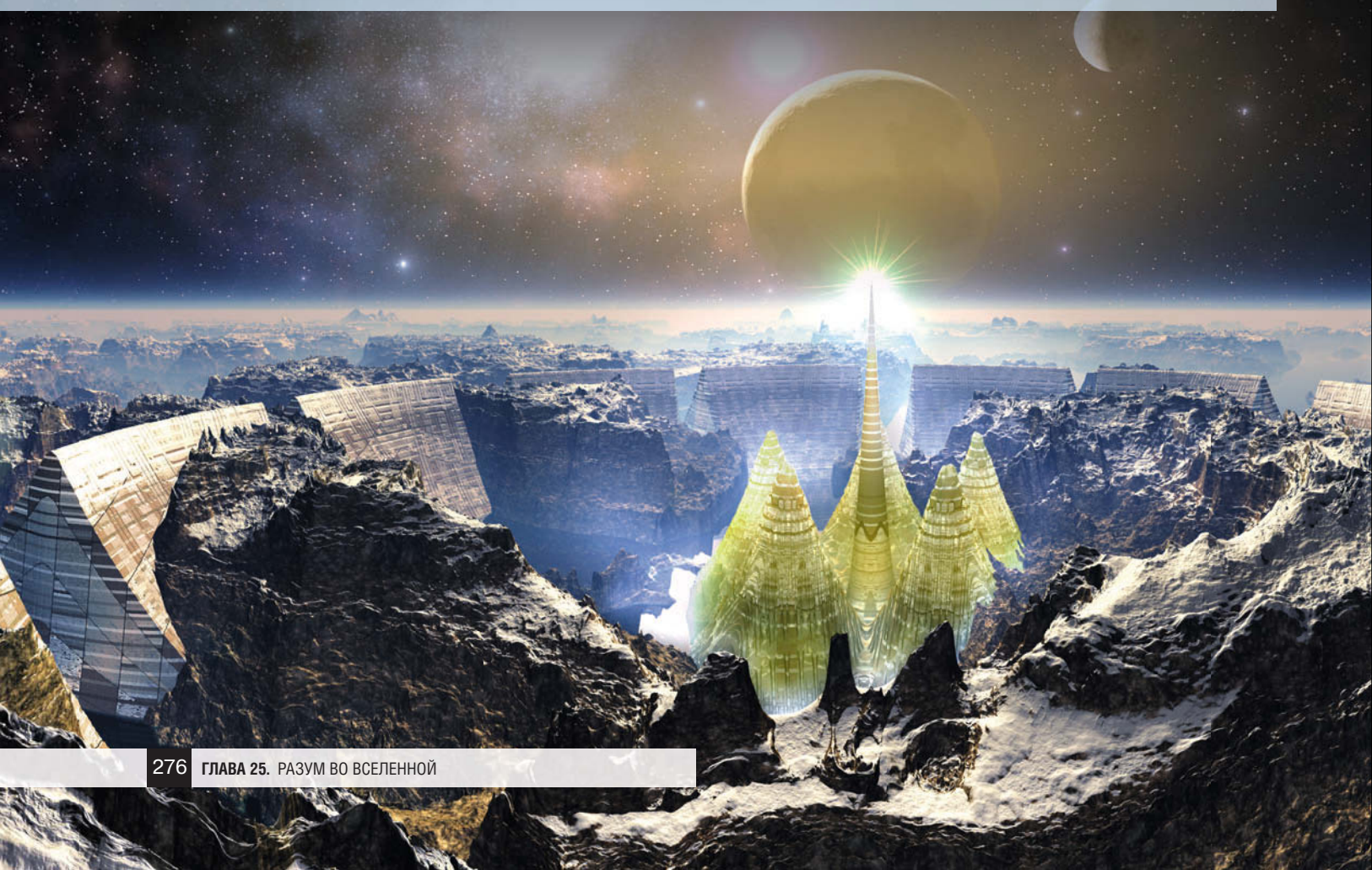
В рамках палеобиологии (науки, изучающей возникновение жизни) и экзобиологии (науки, изучающей внеземную жизнь) принято считать, что условия для появления жизни возникли где-то пять миллиардолетий спустя после Большого взрыва. Это совпадает и с периодом зарождения жизни на Земле. Тогда, если применить земные мерки в 5 млрд лет для биологической эволюции к другим звездам, это приводит к оптимистическим оценкам возраста иных цивилизаций! Правда, разумная жизнь на Земле, если даже вести отсчет от самых первых проблесков разума, насчитывает всего несколько миллионов лет. Ну а сама человеческая цивилизация с письменностью, городами и земледелием вообще возникла не более 10 тыс. лет назад.

Трудно даже представить себе, какого могущества могут достичь первые из возникших в нашей Галактике цивилизации, если они преодолеют все кризисы развития и благополучно просуществуют хотя бы несколько десятков миллионов лет, ну а уровень, скажем, миллиардолетнего разумного сообщества, в принципе, представить невозможно! Например,

▾ Цивилизация первого поколения

«Правда, кое-кто осмеливался заявить, что квазары и пульсары, возможно, представляют собой результат деятельности мощнейших космических цивилизаций. Однако простые расчеты показали, что Земля, развиваясь нынешними темпами, смогла бы достигнуть столь высокого уровня астротехнической деятельности всего за несколько тысяч ближайших лет. А что потом? На что способна цивилизация, существующая в миллионы раз дольше? Астрофизики, занимающиеся этими вопросами, пришли к выводу, что такие цивилизации ничего не делают, ибо они не существуют. Что же с ними случилось?»

С. Лем. Новая космогония



физик и популяризатор науки Митио Каку на примере землян считает, что цивилизации такого уровня развития обязательно овладеют тайнами пространства и времени и, меняя телесные оболочки, будут мгновенно путешествовать по Метагалактике.

Еще более интересна теория управленческой парадигмы мира, разработанная группой кибернетиков, физиков и математиков под руководством видного специалиста по теории информации Леонида Моисеевича Пустыльникова. Профессор Пустыльников долгое время изучал формальные схемы действия различных законов природы и пришел к выводу, что когда-нибудь человек сможет через обратные связи менять саму физическую текстуру мироздания, создавая для себя оптимальную среду обитания. Как бледно выглядят на этом фоне самые фантастические прогнозы Айзека Азимова и Артура Кларка, предсказывавших колонизацию многих звездных систем, победу над всеми болезнями и биологическое сверхдолголетие.

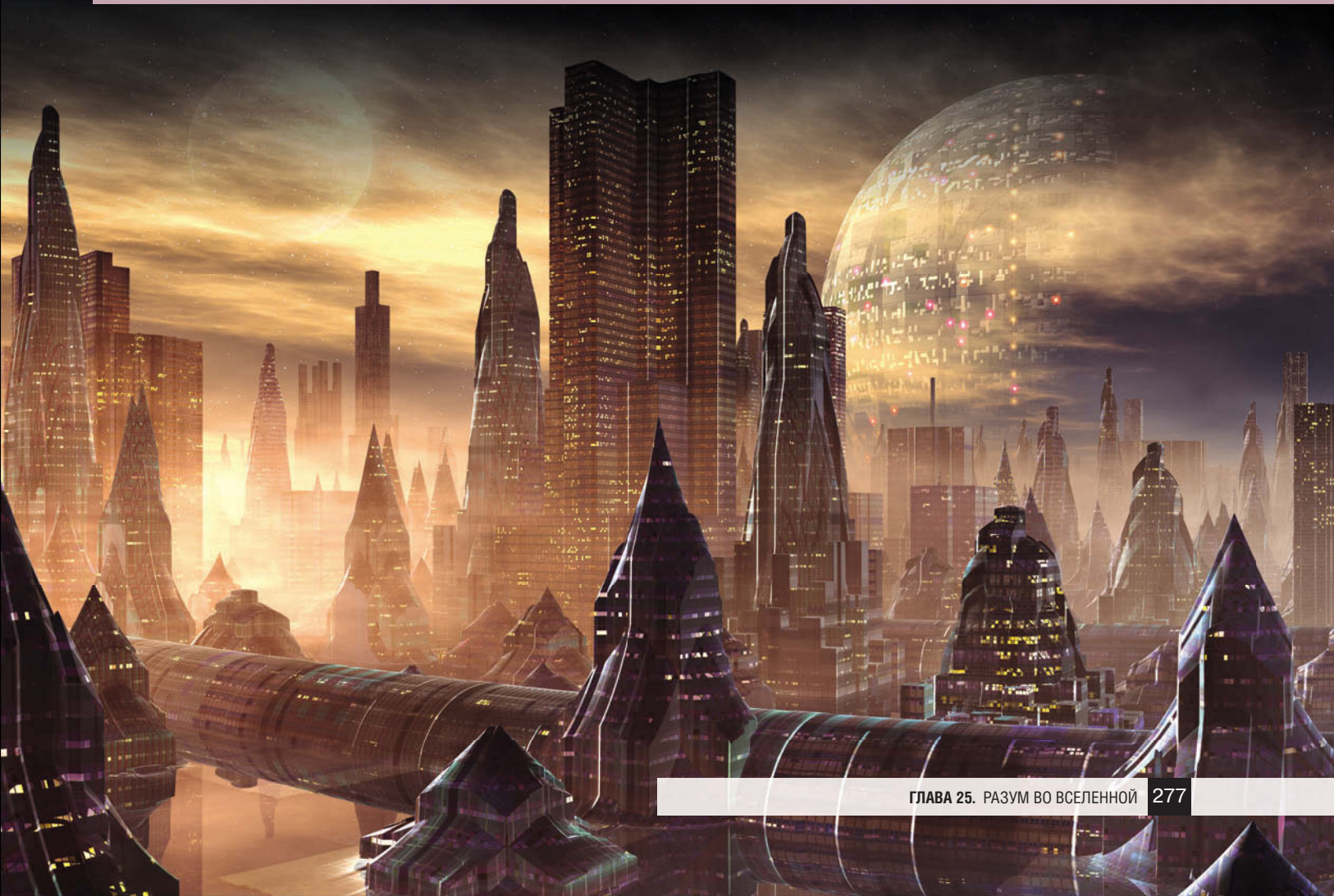
Даже земные наука и техника, делающие в масштабе времени тех же сверхцивилизаций лишь первые шаги на пути научно-технического прогресса, уже продемонстрировали принципиальную возможность решить подобные вопросы.

Однако если в окружающей нас Метагалактике или даже просто Галактике все время идут процессы звездной эволюции, то естественно предположить, что хотя бы изредка на тех или иных планетах появляются условия, необходимые для возникновения живой материи. Поэтому космос должен быть, по идее, просто переполнен следами деятельности инопланетян, представляющих самые различные сообщества от миллионо- до миллиардолетних... Однако астрономы (если отбросить уфологические глупости) ничего подобного никогда не наблюдали и не наблюдают сейчас. Поэтому, если принять гипотезу о наличии разумной жизни, в общем-то поддерживаемую большинством ученых, то тут же следует вопрос... Так где же скрываются инопланетяне?

▾ Цивилизация Тау Кита

«Загадка космических цивилизаций, подобно матрешке, содержит в себе проблематику всех научных дисциплин. После того как существование хотя бы одной внеземной цивилизации земного типа станет подтвержденным фактом, можно ожидать больших перемен в многочисленных отраслях знания. Однако последствия установления межзвездной связи мне кажутся непредсказуемыми».

С. Лем. По поводу проблемы внеземных цивилизаций



Неожиданный ответ дает профессор Пустыльников, считающий, что разум может действительно заполнять все мыслимое пространство, вот только увидеть мы его не в состоянии, поскольку, во-первых, им (разумом) изменены многие фундаментальные физические закономерности, делающие его невидимым, а во-вторых, такому сверхразуму наша цивилизация абсолютно неинтересна… Приблизительно так же, как неинтересны физику-теоретику, создающему Теорию Всего, ритуальные камлания дикарей.

Тем не менее, несмотря на скептические оценки возможности контакта с высокоразвитыми цивилизациями, энтузиасты-радиофизики еще со времен выхода романа «Аэлита» ищут радиодиапазон, на котором можно было бы связаться с иным разумом…

Рассуждая логически, можно предположить, что поскольку каждая достаточно развитая цивилизация знает, что самым распространенным элементом во Вселенной является водород, то и передачу надо вести именно на его частоте излучения. Между тем радиотелескопы на нашей планете уже довольно давно уверенно принимают электромагнитные излучения, именуемые по шкале частот линией водорода. В свое время открытие водородной линии излучения, без преувеличения, знаменовало новый этап в развитии радиофизики и радиоастрономии. Однако эта остроумная и достаточно простая идея широкого использования подобного «природного стандарта» для частот радиоизлучения, похоже, совсем не пользуется популярностью у инопланетян. По крайней мере, до сих пор на частоте водорода не приняты сигналы хоть от какой-нибудь технологически более-менее развитой цивилизации.

В подобной несколько странной ситуации остается только прояснить вопрос: а какие, собственно говоря, цивилизации можно было бы считать технологически развитыми? Наверное, необходимым условием высокоразвитой науки и техники будет использование радиосвязи, но тут мы опять возвращаемся к вопросу молчания космоса…

Между тем первая опытная радиоаппаратура для поиска «разумных» радиосигналов на частоте водорода начала работать еще в 1960 году. Первые радиосеансы организовал американский астроном Фрэнк Дональд Дрейк. Он назвал проект поиска инопланетных радиосигналов «Озма», по имени сказочной королевы из страны Оз, населенной фантастическими существами (у нас эта сказочная история более известна в пересказе писателя А. М. Волкова — «Волшебник изумрудного города»).

Дрейк использовал 26-метровый радиотелескоп Национальной радиоастрономической обсерватории США, чтобы исследовать ближайшие к нам звезды Тау Кита и Эпсилон Эридана на длине волны 21 см, соответствующей излучению межзвездного водорода (частота 1,42 ГГц). Данные звезды напоминают наше светило и расположены на расстоянии около 10 световых лет, в середине прошлого века они считались самыми

▾ Негуманоидная цивилизация голубого карлика

вероятными кандидатами в планеты в зоне жизни. В ходе проекта «Озма» за четыре месяца интенсивного прослушивания космоса было записано более 150 часов «эфирного времени», но никаких инопланетных радиосигналов обнаружить не удалось.

Ближайшую к нам звезду, Тау из созвездия Кита, похожую по своим характеристикам на Солнце, можно легко увидеть невооруженным глазом на ночном небосводе. К тому же Тау Кита — первое светило, вокруг которого найден планетарный диск из пыли, ядер комет и астероидов, по размерам и форме напоминающий облако Оорта с поясом Койпера.

Однако в планетарный диск Тау Кита входит и множество комет с астероидами, причем их на порядок больше, чем в Солнечной системе. Поэтому даже если у этой звезды есть некие планеты, то они будут постоянно подвергаться мощной бомбардировке крупными небесными телами, что, в общем-то, исключает если не появление, то нормальное развитие живых организмов. Так что если в системе Тау Кита когда-то и возникли ростки жизни, их эволюционный путь был очень коротким и вряд ли преодолел рубеж простейших бактерий.

«Инопланетянин, увидев различия между людьми и их сообществами, счел бы их совершенно несущественными по сравнению с очевидным сходством. Космос может быть плотно населен разумными существами. Но преподанный Дарвином урок очевиден: в других местах не будет человека. Только здесь. Только на этой маленькой планете. Мы столь же редки, как вид, находящийся под угрозой исчезновения. Каждый из нас драгоценен в масштабах космоса. Если человек не согласен с вами, пусть он живет. Среди ста миллиардов галактик вы не найдете другого такого».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

Разумеется, кроме замечательных аргументов профессора Пустыльникова можно придумать много причин как технического, так и философского плана для молчания космоса. Например, самая простая может звучать так: ближайшая космическая цивилизация слишком далека или скрыта от нас облаками пыли и газа вперемешку с высокоионизированной плазмой. Это вполне способно привести к тому, что, пропутешествовав столетия или даже

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Первое послание инопланетянам, содержащее цифры от единицы до десяти в двоичной системе, изображение человека, атомные числа водорода и углерода, информацию о ДНК, схемы Солнечной системы и радиотелескопа, было передано в 1974 году радиотелескопом «Аресибо» в направлении шарового скопления M13. В этом звездном скоплении много старых светил, у которых могут быть развитые планетные системы. Понятно, что такая межзвездная телеграмма носила скорее символический характер, поскольку уже с 1920-х годов радио- и телевизионные сигналы постоянно исходят от Земли во все точки космического пространства. И даже если эта радиотелеграмма достигнет разумных существ, способных ее принять и расшифровать адрес отправителя, ответа придется ждать не менее пятидесяти тысячелетий.

тысячелетия по межзвездным просторам, радиоволны после многократных рассеяний, отражений и поглощений совершенно потеряют свою изначальную форму и станут неотличимы от обычного шумового радиофона, приходящего со всех сторон на Землю. Можно предположить и то, что инопланетяне пытаются использовать для контакта радиодиапазон, совершено не прослушиваемый земной радиоаппаратурой, или сигналы достигают Земли в специальной кодировке. К примеру, к нам приходят какие-нибудь сверхкороткие импульсы, занимающие очень широкую полосу частот, которая не охватывается земными радиотелескопами. Или вообще информация передается каким-то нам неизвестным способом: с помощью потоков и пучков неких элементарных частиц. Те же нейтрино пронизывают колоссальные массы вещества, но очень трудно детектируются в земных условиях, поэтому, если бы удалось построить нейтринный телеграф, он был бы идеален даже для межгалактической связи.

Можно еще раз вспомнить гипотезу Шкловского, в которой Земля выступает совершенно уникальной и единственной колыбелью разума. Другим вариантом подобных рассуждений может быть простая идея о том, что инопланетные цивилизации очень далеки и лежат вне зоны контактов. Однако все же большинство ученых, горячо поддерживаемых уфологами, считают, что надо всячески придерживаться принципа Коперника, гласящего, что нет ничего уникального во Вселенной. И в качестве еще одного объяснения отсутствия контакта они предлагают не совсем обычную гипотезу о том, что иной разум мог эволюционировать, минуя технологический путь развития, не создавая никакой техники, в том числе радиопередающих устройств.

Кроме всего прочего, стоит вопрос и о путях эволюции разума. Предположим, что на какой-то отдаленной планете у желтого карлика возникли условия для появления жизни и родился венец творения — разум. Каковы же дальнейшие перспективы суще-

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Для анализа вероятности встречи с чужим разумом астрономы на примере нашей Галактики, содержащей около 100 млрд звезд, проследили, как могла бы расширяться сфера обитания одной из старейших цивилизаций. Самые первые светила вспыхнули в нашей Галактике 10 млрд лет назад, то есть на 5 млрд лет раньше, чем зародилась жизнь на Земле. Следовательно, старейшая цивилизация может опередить нас в развитии где-то на 5 миллиардолетий. Ну а теперь предположим, что эта сверхцивилизация решила начать звездную колониальную экспансию и направляет три звездолета с тысячей поселенцев в разные стороны. Эти корабли достигнут ближайших планет, учитывая среднюю дистанцию между звездами и скорость кораблей в 10 тыс. км/с, приблизительно через столетие. Пусть через 300 лет новая колония снова отправит три точно таких же корабля, потом снова. Таким образом, колонисты смогут распространяться по Млечному Пути со скоростью в один парсек (астрономическая мера, равная 2,26 светового года) за 400 лет. А поскольку средний размер нашей Галактики 50 тыс. пк, то для ее полного заселения подобными темпами потребуется всего 20 млн лет. Даже если произвольно увеличить эту цифру до 1 млрд лет, смысл данного парадокса совершенно ускользает от понимания...

ствования подобной инопланетной цивилизации? И сколько таких очагов разума может реально существовать на метагалактических просторах?

Здесь мы можем строить лишь приблизительные прогнозы, поскольку не имеем необходимой базы фактов. Более того, все исследователи данного вопроса предлагают свои методики подсчета, которые дают самые разные результаты о количестве инопланетных цивилизаций (от единиц до миллионов и даже чуть ли не миллиардов). Между тем у нас пока есть лишь два неоспоримых факта: единственный известный разум находится на нашей планете и до сих пор не обнаружены ни малейшие признаки присутствия в ближнем и далеком космосе чужих.

Но все равно наиболее любознательных представителей человечества крайне интересует судьба соседей по космосу — и они продолжают упорно их искать...

◂ Галактическая цивилизация со сферой Дайсона

«Мы увидим космическую перспективу. Мы поймем, что наши исследования могут вестись только от имени всех людей планеты Земля. Мы вложим свою энергию в предприятие, затеянное не ради смерти, но ради жизни — во имя углубления нашего знания Земли и ее обитателей и поисков внеземной жизни».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

Глава 26
Космические опасности

«Есть миры, где никогда не было жизни. Есть миры, испепеленные и разрушенные космическими катастрофами. Нам повезло: мы живы, мы сильны, благополучие нашей цивилизации и нашего вида в наших руках. Если не мы, то кто будет говорить от имени Земли? Если мы сами не позаботимся о собственном выживании, то кто сделает это за нас?»

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

▲ Космическая опасность

«Мы воплощаем собой космос, достигший самосознания. Мы начали пристально вглядываться в наше происхождение: звездное вещество, размышляющее о звездах; упорядоченные системы из десяти миллиардов миллиардов атомов, изучающие эволюцию атомов, прослеживающие долгий путь, который, по крайней мере здесь, привел к появлению сознания. Мы привязаны к нашему виду и к нашей планете. Мы отвечаем за Землю. Мы обязаны выжить не только ради самих себя, но также ради того древнего и огромного космоса, который нас породил».

К. Саган. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации

▾ Прошлое нашей планеты

«Полное исчезновение в течение одной космической минуты огромной группы животных, настолько широко одаренных природой и настолько многочисленных, что они доминировали на Земле в течение более чем ста миллионов лет, должно служить предостережением нам, маленьким людям, мнящим себя вечными и единственными хозяевами мира».

С. Оттоленги.
Сахара, кладбище динозавров

Вернувшись из нашего большого космического путешествия на Землю, мы не можем не задуматься над уникальностью и хрупкостью нашей материнской колыбели жизни. Несмотря на то что часто средства массовой информации в погоне за коммерческим успехом пытаются как-то эксплуатировать рудиментарные страхи человечества картинами будущих космических катастроф, их вероятность, даже по самым оптимистическим оценкам, далеко не нулевая. И это в первую очередь подтверждает история эволюции живого на нашей планете, заставляя в который раз задуматься над вопросом: а что произойдет с нашей цивилизацией, да и всем живым на Земле, если наша планета столкнется с неким гигантским небесным телом, таким как крупный астероид или кометное ядро?

Примерно 450 миллионолетий назад чудовищный взрыв положил конец царству трилобитов — разнообразнейших обитателей мирового протоокеана. Через 80 миллионолетий, где-то в самом конце Палеозойского периода, грянул следующий глобальный катаклизм, судя по всему, вызванный падением какого-то крупного небесного тела, уничтожившего царство рыб и кораллов. Но самая масштабная катастрофа в истории нашей планеты случилась 250 миллионолетий назад, когда падение неведомого небесного тела спровоцировало глобальную сейсмическую активность, вызвавшую извержение тысяч вулканов. В результате небо нашей планеты на протяжении многих тысячелетий оказалось затянутым непроницаемыми облаками гари и пыли. И после того как облачный покров немного рассеялся, выяснилось, что из гигантской армии пресмыкающихся, занимавших до катаклизма все берега водоемов и большую часть суши, остались лишь отдельные виды. Эволюционную нишу заняли терапсиды — довольно близкие к млекопитающим существа. Но и им удалось взрастить свою эволюционную ветвь лишь на 20 миллионолетий, пока в небо Земли не влетел очередной

метеорит весьма солидных размеров. После ухода в небытие терапсидов их место заняли динозавры, хорошо знакомые нам по киноэпопее Спилберга «Парк Юрского периода».

Замечательный фантаст Гарри Гаррисон в серии своих романов «Запад Эдема» наглядно показал, чем бы это все могло закончиться для человечества, если бы 65 миллионолетий назад следующий гигантский метеорит поставил точку в господстве динозавров, приблизив эру млекопитающих.

Таким образом, надо признать, что все мы живем под угрозой гибели в результате падения какого-нибудь космического скитальца полукилометрового диаметра, впрочем, для исчезновения европейской цивилизации хватило бы и гораздо меньшего метеорита.

Несколько утешает тот факт, что в подавляющем большинстве метеориты очень малы и их песчинки, попадая в земную атмосферу, способны только проливаться феерическими звездными дождями. Однако статистика показывает, что каждые две сотни лет в атмосферу нашей планеты попадает крупное небесное тело, способное уничтожить густонаселенную область.

При обнаружении опасных небесных тел необходимо максимально точно вычислить траекторию их полета и достоверно определить, какую потенциальную угрозу нашей планете они несут.

Свою задачу астрономы видят в том, чтобы зафиксировать как можно больше крупных астероидов, кроме всего прочего, это представляет и большой научный интерес.

Пока еще глобальная система предупреждения о метеоритной опасности малоэффективна, и буквально каждый месяц на опасном расстоянии от Земли пролетает какой-нибудь крупный астероид размером в десятки, а то и сотни метров. Здесь самое главное — вовремя зафиксировать опасное небесное тело на подлете, чтобы хоть как-то подготовиться к встрече с незваным пришельцем.

Между тем столкновение с километровым астероидом, скорее всего, было бы смертельно опасным для нашей цивилизации. Огненный шар, летящий со скоростью 800 тыс. км/ч, на многие десятилетия, если не на столетия уничтожил бы большую часть земной флоры и фауны. Поскольку две трети земной поверхности покрыто океанами и морями, то удар пришелся бы по акватории, вызвав чудовищные цунами, смывающие на сотни километров побережье. При этом небо затянулось бы непроницаемыми пылевыми облаками — и наступила бы долгая зима с сильным понижением температуры.

Можно ли избежать подобного катастрофического сценария? Голливудские блокбастеры утверждают, что вполне достаточно при уже существующем уровне техники направить навстречу астероиду корабль с ядерными зарядами. Серьезные ученые, в принципе, не отрицают такую возможность, правда, отмечают, что отсутствует главная составляющая этого плана — возможность хотя бы за несколько месяцев узнать о надвигающейся угрозе. Подрыв небесного тела ядерными зарядами, которых накоплено на Земле несметное количество, также вызывает вопросы, ведь дробление крупного астероида на несколько тел средних размеров, которые неминуемо упадут на Землю, может быть далеко не оптимальным вариантом…

▾ Блуждающий астероид

По данным палеонтологов, на протяжении последних 500 млн лет наша планета пережила пять столкновений с огромными астероидами. Каждая такая встреча приводила к глобальным изменениям климата и исчезновению большинства видов живых существ.

▾ Вывал леса в эпицентре «Тунгусского дива»

«Тунгусское диво» — загадочный воздушный взрыв, произошедший 30 июня 1908 года в Восточной Сибири (в районе реки Подкаменная Тунгуска), который до сих пор вызывает много вопросов и рождает немало гипотез. Мощность взрыва соответствовала энергии средней водородной бомбы, и есть основания считать, что этот самый значительный космический катаклизм в истории человечества связан со взрывом ледяного кометного ядра. В 1989 году было зафиксировано прохождение километрового астероида из плотных базальтовых пород всего в 690 тыс. км от Земли, а в 1994 году 20-метровый астероид взорвался над тихоокеанскими островами Микронезии.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

30 июня 1908 года ранним утром над территорией Восточной Сибири вблизи междуречья рек Лены и Нижней Тунгуски немногочисленные свидетели видели гигантский огненный шар. Полет болида сопровождался громовыми раскатами и вспышками света и закончился мощным взрывом высоко в воздухе, вызвавшем сплошной вывал тайги в междуречье Кимчу и Хушмо — притоки Подкаменной Тунгуски. Взрыв произошел на высоте около 5–10 км в 7 ч 14 мин по местному времени и сопровождался сильным землетрясением с ударной воздушной волной. После того как к месту падения прибыли первые экспедиции, о тунгусском феномене узнало все международное научное сообщество.

Из последних исследований «Тунгусского дива» интересны работы профессора физического факультета Болонского университета Джузеппе Лонго. Исследователи, работавшие под его руководством, считают, что во время полевых исследований в сибирской тайге им удалось найти ту территорию, куда именно упали остатки тунгусского метеорита и где образовалось озеро Чеко. Эта водная впадина находится в нескольких километрах от официально признанного эпицентра Тунгусского феномена. Ученые предполагают, что это озеро возникло на месте астроблемы — ударного кратера, образованного на месте рухнувшего крупного осколка взорвавшегося метеоритного тела. Итальянские ученые считают, что метеорит мог лететь на сравнительно небольшой скорости, довольно «мягко» приземлившись в болотистой таежной местности. Этим они объясняют и то, что окружающая территория мало пострадала от падения. Ранее предполагалось, что озеро Чеко появилось после извержения вулкана, однако геологические данные опровергают эту теорию — и к исследованию дна предполагаемой астроблемы приступила комплексная экспедиция, ищущая осколки метеорита.

Заключение

«Когда-то людям казалось невероятным, что в соседних галактиках, вроде Туманности Андромеды, могут оказаться обитаемые миры. А еще раньше кружилась голова от представления о жителях планет Арктура или Альтаира. Теперь человеку уже мало своей Вселенной с ее миллиардами галактик, и он подбирается к ужасающему мраку антимира, который, оказывается, совсем близко. Но какую же отвагу и жажду познания надо накопить людям, чтобы не только бесстрашно встать перед стеной ужаса, но и стремиться проникнуть сквозь нее в то, чему у обыкновенного человека… даже нет мысленного определения!»

И. Ефремов. Час быка

▲ Неистовая Вселенная

«Самое поразительное — это то, что просторы космоса, оказывается, совсем не столь тихи и спокойны, как можно было бы подумать, глядя на ясное ночное небо. Сейчас уже ни у кого не вызывает сомнений, что во многих астрономических объектах протекают чрезвычайно бурные процессы, в ходе которых выделяются гигантские количества энергии. Эта энергия высвобождается с такой скоростью, какой на Земле невозможно вообразить даже при самых катастрофических явлениях. Некоторые астрономические объекты излучают в течение многих миллионов лет, активность других длится считанные секунды. А испускаемое ими электромагнитное излучение может быть самых различных видов — от радиоволн до гамма-лучей».

Дж. Нарликар. Неистовая Вселенная

Вопрос происхождения Вселенной со всеми ее тайнами и загадками, самую малую часть которых мы коснулись в нашем космическом путешествии, испокон веков волнует человека. Древние мудрецы и звездочеты полагали, что мироздание имеет божественное происхождение и созданное однажды одним или целым сонмом сверхъестественных существ будет существовать в неизменном виде практически вечно. С распространением христианства возраст нашего мира не только существенно уменьшился, но и получил страшное окончание — Апокалипсис. И только в начале XX века, после обнаружения разлета во все стороны от нас далеких галактик, проблема эволюции Вселенной стала понемногу проясняться. До этого в астрономии доминировали всего два взгляда на происхождение нашего мира. Ученые полагали, что Вселенная неизменна, вечна. Богословы же утверждали, что мир сотворен и у него будет конец. В прошлом веке ситуация изменилась: теперь ученые отстаивали сценарий рождения мироздания, а богословы пытались обосновать вечность и неизменность мира, рожденного актом творения. Сегодня научный мир продолжает уточнять, как же конкретно возникла Вселенная и какой ей уготован дальнейший путь эволюции.

▲ Звездный небосклон

«Величественный покой усыпанного звездами ночного неба всегда производил глубокое впечатление на человека. Тишина и покой небес, столь разительно контрастирующие с сумятицей жизни на Земле, с незапамятных времен вдохновляли поэтов, философов и религиозных мыслителей. Даже астроном-любитель, наблюдающий ночное небо в примитивный телескоп, установленный на крыше дома, видит картину, которая весьма медленно изменяется от ночи к ночи. Случайный визит кометы, падение метеорита или пролет искусственного спутника в наши дни — вот примеры событий, которые вносят мимолетное разнообразие в очевидно неизменную космическую тему».

Дж. Нарликар. Неистовая Вселенная

▲ Таинственная страна квазаров

«На протяжении столетий наш горизонт расширился от Земли до звезд и галактик. Сейчас мы стоим на подступах к новой удивительной территории — таинственной стране квазаров. А дальше едва видны туманные очертания неописуемо величественной картины начала Вселенной, блистательно расцветшей в огромный, прекрасный, гостеприимный мир».

П. Ходж. Галактики

▾ Бурный мир

«Вселенная эволюционирует, бурные процессы изменения материи происходили в прошлом, происходят сейчас и будут происходить в будущем. Наши сегодняшние представления о Вселенной крайне далеки от рисовавшейся иногда в прошлом картины неизменной „в среднем“ Вселенной, в неизменном пространстве которой происходят в неизменном времени вечно повторяющиеся процессы. Все оказалось гораздо сложнее и интереснее».

И. Д. Новиков. Эволюция Вселенной

Давайте представим, что прошли многие столетия и, преодолев всяческие космические катаклизмы, человечество достигло такого уровня развития, что стала возможным постановка вопроса: а как же создать Вселенную с условиями для появления если и не разумных существ, то хотя бы белковой жизни? Вполне очевидно, что для возникновения живой материи необходимо воссоздать все, что нас окружает: пространство, время, элементарные частицы, планеты, звезды.

Прежде всего надо создать сцену для вселенского спектакля под названием «Жизнь», то есть физическое пространство. Со школы мы знаем, что нас окружает трехмерное евклидово пространство, названное так в честь древнегреческого основателя геометрии. Итак, именно при трех измерениях (длины, высоты, ширины) орбиты планет, звезд в галактиках и самих галактик в Метагалактике достаточно устойчивы. В начале прошлого столетия выдающийся австрийский и голландский физик-теоретик Пауль Эренфест доказал, что если число пространственных измерений превысит три, то планеты не смогут вращаться на стабильных орбитах около звезд и либо улетят в окружающий космос, либо рухнут на свои светила.

Аналогично окажутся неустойчивыми и атомные системы из ядер и электронов. Тут надо вспомнить об особой координате — времени, которое, несмотря на свою кажущуюся простоту, таит еще много тайн и загадок. Ведь в безвременном мироздании все застыло бы без развития и эволюции.

Итак, сконструировав трехмерное пространство с одномерным временем (в современной физике, основанной на теории относительности, рассматривается четырехмерное пространство-время Минковского, названное так по имени немецкого математика, учителя и коллеги Альберта Эйнштейна — Германа Минковского), можно приступать к его «взрыву». Речь идет о модели Большого взрыва, в пучинах которого и родился наш мир. Не будем спорить о том, что и как взорвалось во вселенском катаклизме, а приступим сразу к созданию атомов, учитывая, что для белковой жизни крайне необходимы тяжелые элементы и особенно углерод, содержащий в своем ядре 12 элементарных, положительно заряженных частиц — протонов. Они, естественно, сильнейшим образом отталкиваются друг от друга, как однозарядные частицы, и для их «склейки» в целое ядро нужен еще один «сорт» элементарных частиц — нейтронов. Однако в отличие от протонов нейтроны неустойчивы и распадаются на те же протоны, электроны и антинейтрино. Получается, что все нейтроны, рожденные на ранних стадиях Большого взрыва, должны в дальнейшем распасться, однако они нужны для образования ядер гелия еще до появления первых звезд, перерабатывающих в своих «топках» водород в гелий. Ведь если гелия не будет в момент загорания звезд, то термоядерные реакции в них дадут слишком мало углерода, кислорода и других тяжелых элементов для того, чтобы обеспечить жизненные процессы.

▲ Физическое пространство-время

Многие теоретики сегодня убеждены, что наша Вселенная включает где-то 11 измерений. Правда, все они свернуты до точечных размеров (физики говорят — компактифицированы) и проявляют себя исключительно в сверхмикроскопических (квантовых) явлениях. Ну а если представить себе одно- или двухпространственный мир, то в нем, судя по всему, сложные белковые молекулы, не говоря уже о клетках, составляющих наш организм, существовать не смогут.

▾ Долгая жизнь звезд

Стабильная эволюция большинства звезд в течение многих миллиардолетий возможна именно благодаря тому, что первоначальная реакция слияния двух протонов в ядро дейтерия с излучением позитрона (античастицы электрона) и неуловимой сверхлегкой частицы нейтрино в цепочке термоядерного горения водорода с выходом гелиевого «пепла» происходит редко. Для желтых карликов время этой реакции составляет не менее десятка миллиардолетий. Например, в недрах Солнца протонов вполне достаточно — и тепловой мощности светила в итоге хватает для поддержания жизни на нашей планете.

В итоге получается, что, поскольку первичный нуклеосинтез в молодой Вселенной дает лишь легкие ядра, которые по весу не тяжелее гелия, нужны и иные способы синтеза тяжелых элементов. В этом помогут звезды, которые не только нагревают «зоны жизни» вокруг себя, но и образуют в реакциях термоядерного синтеза как гелий, так и более сложные элементы.

Наиболее массивные светила существуют недолго (по астрономическим масштабам) и взрываются колоссальными вспышками в конце своего жизненного пути. При этом они разбрасывают образовавшиеся углерод и другие тяжелые элементы, формируя туманности с несгоревшим водородом.

Кроме первого звездного поколения нам необходимо создать условия и для образования в дальнейшем все новых и новых светил, ведь во Вселенной идут непрекращающиеся процессы умирания старых и рождения новых небесных тел. Нам уже известно, что в конце своего жизненного цикла, после образования всей череды тяжелых элементов, звезды вспыхивают сверхновыми взрывами, разбрасывая в окружающее пространство химические элементы, необходимые для формирования планет и новых звезд. Так, из саванов газопылевых оболочек «мертвых» светил возникают новорожденные звезды, готовые создавать вокруг себя планетарные системы.

Таким образом, мы наглядно убедились, что создание Вселенной с планетами и звездами, даже без разумных существ, чрезвычайно сложный процесс даже для наших далеких потомков.

▲ Массивные звезды

Ну а какое же будущее ожидает мысленно созданную нами Вселенную?

Сегодня космологи могут предложить на выбор сразу несколько сценариев будущего. Основная версия говорит о том, что наш мир будет ускоренно расширяться, все больше охлаждаясь. В конце концов (для этого потребуются биллионы биллионов миллиардолетий) останется только очень разряженный газ элементарных частиц, таких как нейтрино, фотоны, электроны и протоны. Больше не будет ничего — только все более разряжающийся холодный газ, который трудно и назвать привычным нам газом из-за громадного расстояния, разделяющего частицы.

Другая группа ученых-космологов прогнозирует иную опасность — так называемый Большой разрыв. Этот сценарий основан на предположении, что, поскольку пространство ускоренно расширяется, взаимодействие между частицами, составляющими все структуры, начиная с атомов, все уменьшается и уменьшается с течением времени. И в определенный момент начнется разрыв самой текстуры пространства с полным распадом материи.

Можем ли мы сегодня предложить какой-нибудь выход из будущих вселенских катастроф?

Предположим, что наш мир эволюционирует по наиболее вероятному и в чем-то условно благоприятному первому сценарию. Тогда с течением времени перед человечеством на совершенно ином качественном уровне встанет все та же энергетическая проблема. Здесь предлагается много всяких

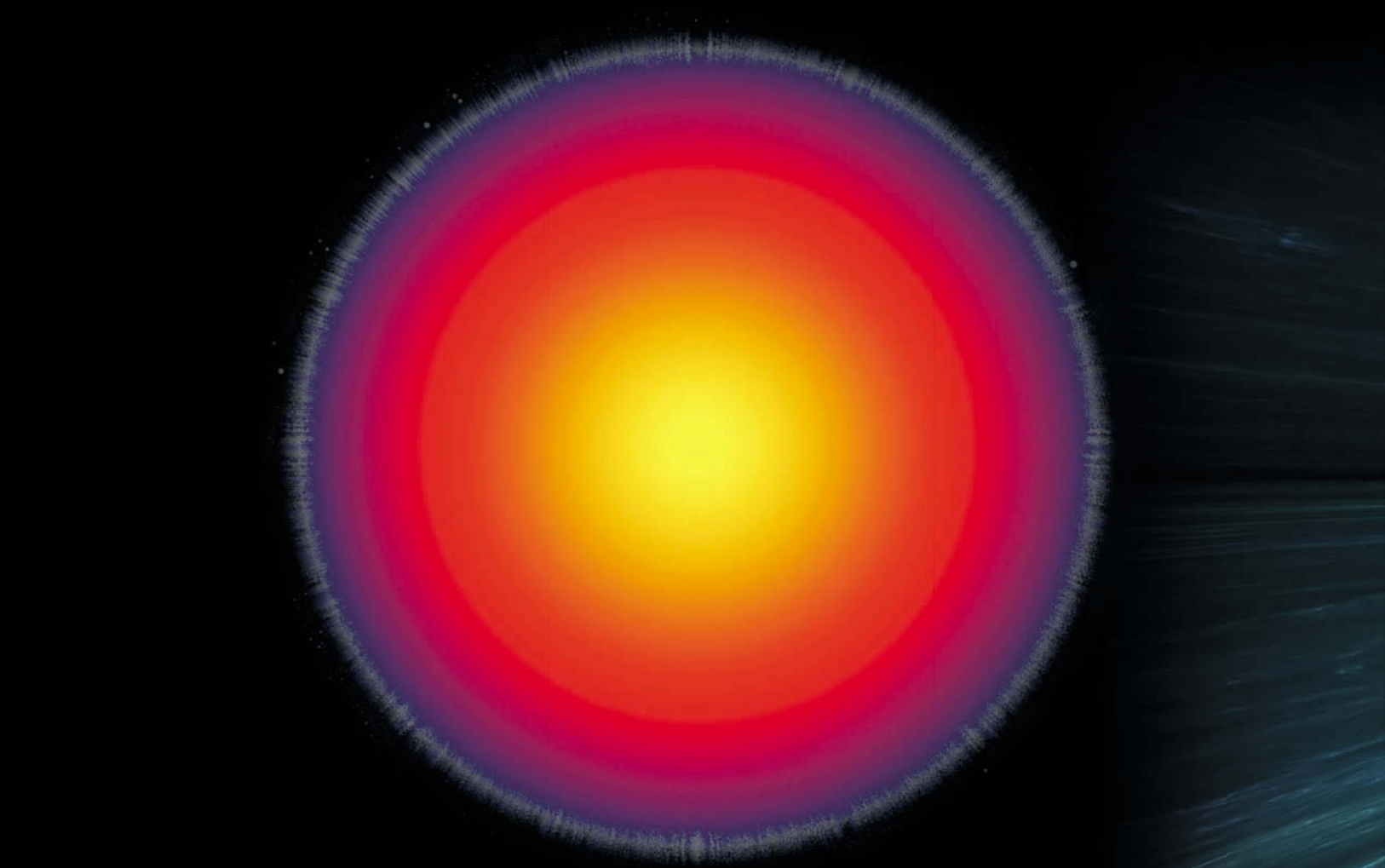
вариантов, но чаще всего встречаются разные вариации на тему использования черных, серых и белых дыр вместе с ядрами активных галактик и квазарами.

Основать вселенную, содержащую разумных существ, — очень трудная задача. Правда, можно пойти путем проб и ошибок, создав множество разных миров. Вполне возможно, что тогда какой-нибудь из них и окажется подходящим для возникновения и последующей эволюции живой материи. Ну и конечно же, множество миров в таком «эксперименте» будут совершенно непригодными для жизни.

Конкретизируя сверхэнергетические «генераторы» будущего, можно рассмотреть такие необычные объекты, как вращающиеся с немыслимой частотой гравитационные коллапсары. В подобных черных дырах, как мы уже знаем, энергия сосредоточена в сингулярном центре. Если построить некий энергетический канал, то энергию из искусственного микроколлапсара можно будет черпать довольно долго.

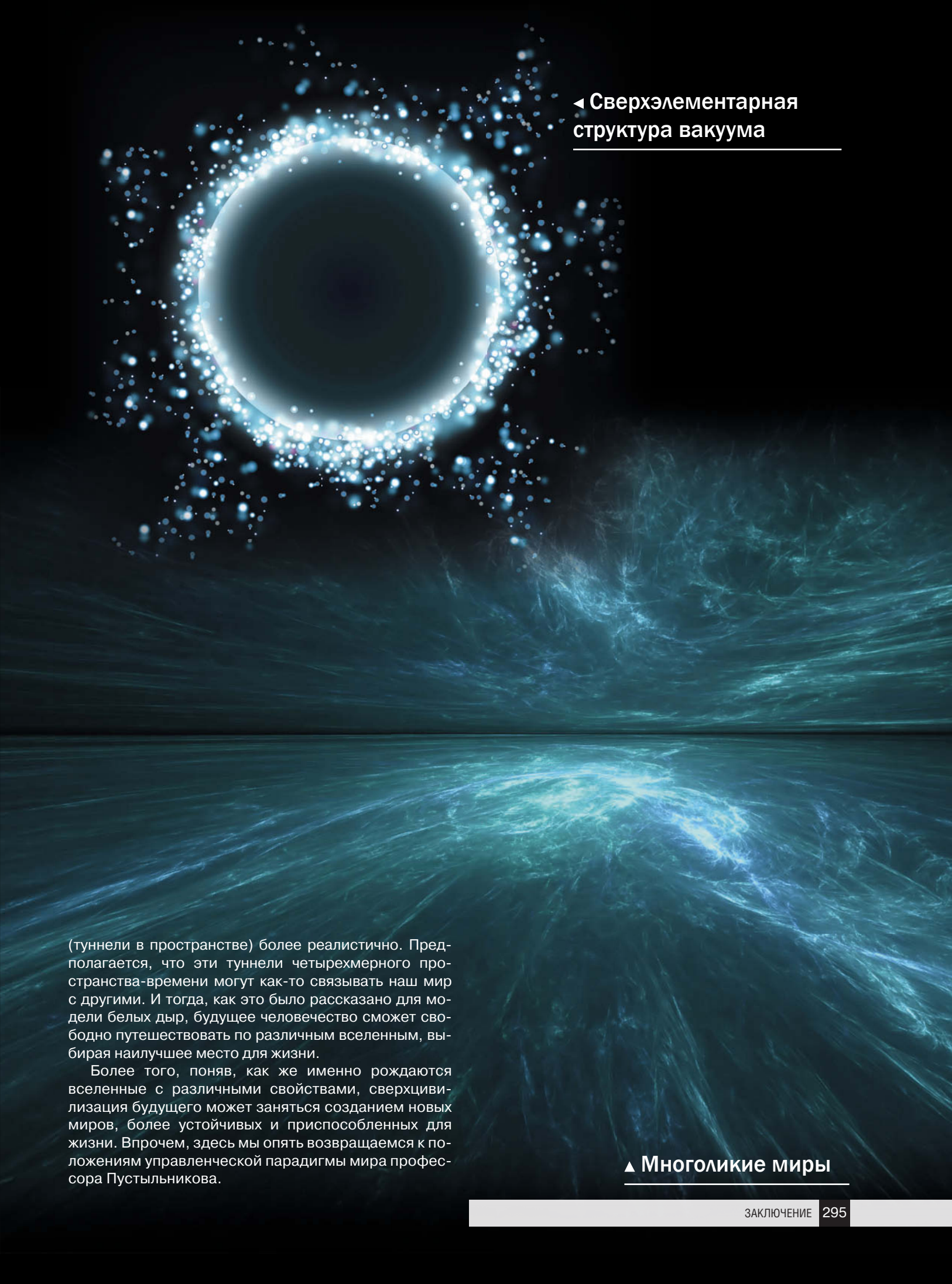
Есть и более радикальный способ борьбы с грядущей тепловой смертью Вселенной. Для этого предлагается превратить в «абсолютное убежище» саму черную дыру, ведь время в подобных объектах течет не так, как в окружающем мире, поэтому за гравитационным радиусом коллапсара свое существование можно было бы продлить на какой угодно срок. Стороннему наблюдателю из «замерзающей» Вселенной покажется, что жизнь беглецов замерла во времени, но сами они не ощутят изменения ритма своей жизни, а внешний мир для них исчезнет после прохождения границы коллапсара.

И все же полноценная жизнь внутри черной дыры уж слишком фантастична, а вот использовать коллапсары как входные порталы в «кротовые норы»



▲ Энергетический кокон гравитационного коллапсара

Для борьбы с будущим дефицитом энергии необходимо искать принципиально новые ее источники, среди которых уже сейчас выделяются коллапсары черных дыр. Эти удивительнейшие природные образования не только содержат безбрежный океан энергии, но и могут служить своеобразными энергетическими коконами, внутри которых все процессы идут иначе. Правда, к биологическим структурам внутренность коллапсаров плохо приспособлена из-за перепадов приливных сил.



◂ Сверхэлементарная структура вакуума

(туннели в пространстве) более реалистично. Предполагается, что эти туннели четырехмерного пространства-времени могут как-то связывать наш мир с другими. И тогда, как это было рассказано для модели белых дыр, будущее человечество сможет свободно путешествовать по различным вселенным, выбирая наилучшее место для жизни.

Более того, поняв, как же именно рождаются вселенные с различными свойствами, сверхцивилизация будущего может заняться созданием новых миров, более устойчивых и приспособленных для жизни. Впрочем, здесь мы опять возвращаемся к положениям управленческой парадигмы мира профессора Пустыльникова.

▴ Многоликие миры

▲ На горизонте Вселенной

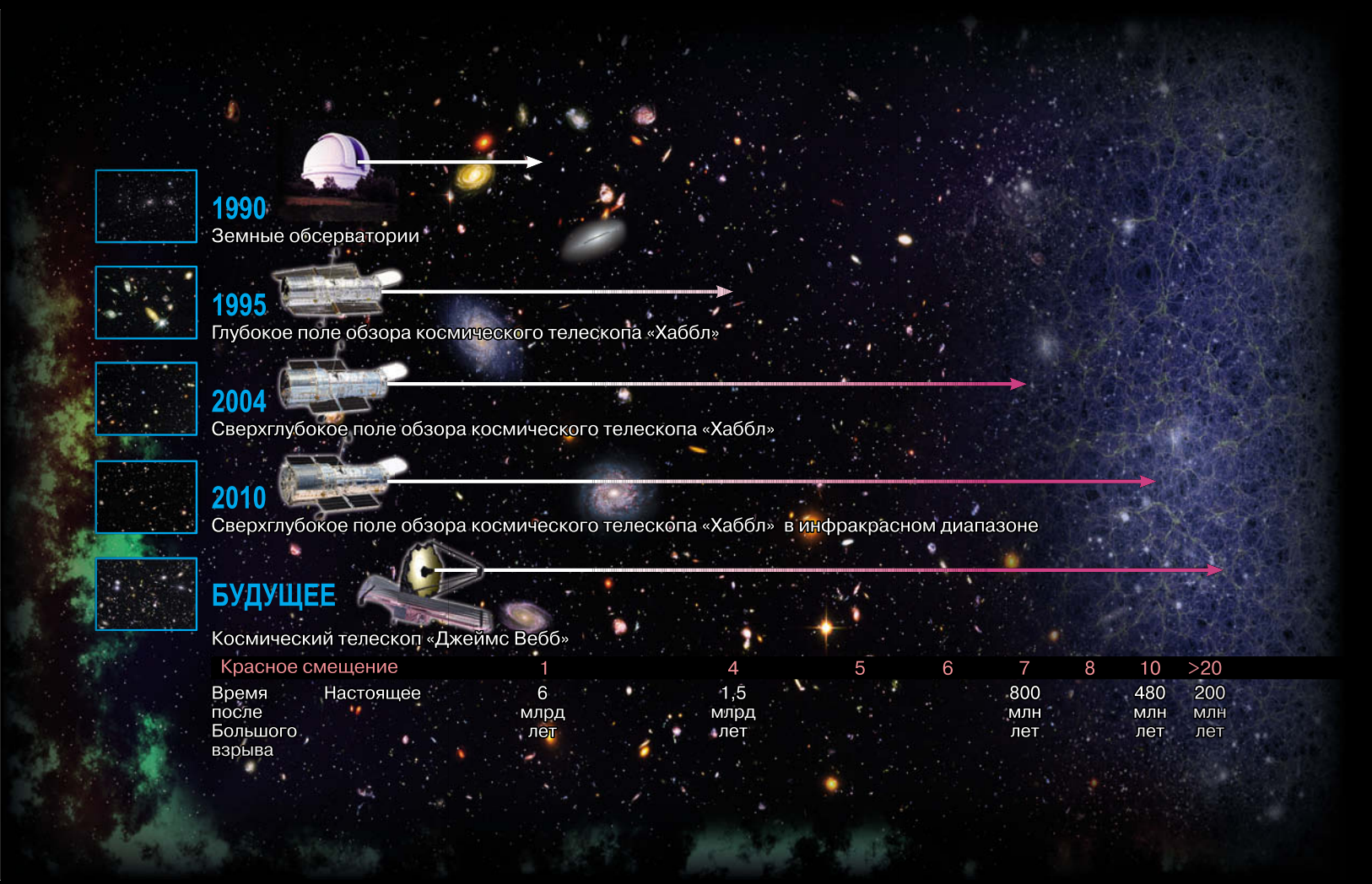
На современном этапе развития космологии ученые уже не страдают от недостатка опытных данных: нынешний технический прогресс принес столько удивительных открытий, что теоретики стали явно отставать в разработке новых моделей. Хотя непосредственный «контакт» с открытым космическим пространством для человечества пока еще ограничен лишь Солнечной системой, астрономы настойчиво развивают технику наблюдений с помощью разнообразных космических телескопов. Эти инструменты позволяют изучать столь далекие галактики, свет от которых доходит до нас в течение десятков миллиардов лет.

Сейчас все мы — свидетели нарастающего потока удивительных астрономических открытий, который, скорее всего, никогда не прекратится. Высокочувствительное оборудование и новые методы позволили более интенсивно изучать флуктуации микроволнового фона. Это дало возможность сделать целый ряд уникальных астрономических открытий, связанных с таинственными темными материей и энергией, заполняющими Метагалактику. В скором времени новые космические астрономические инструменты, такие как орбитальная обсерватория «Джеймс Уэбб», позволят вплотную приблизиться к пределу наблюдения первых звездных объектов, возникших во Вселенной. Ну а с другой стороны, новая физика, астрономия и космология позволяют создать теорию сверхранней Вселенной, обосновав ее не хуже, чем и более поздние этапы.

В современной науке на некоторые вопросы уже получены ответы, но есть и такие, которые возникли совсем недавно.

- Почему наша Вселенная состоит из обычного вещества, темной материи и темной энергии в определенной пропорции?
- В чем причина изначального преобладания вещества над антивеществом?
- Состоит ли темная материя из неких элементарных частиц, дошедших до нас из новорожденной Вселенной, или из чего-то более экзотической природы?
- Является ли темная энергия продуктом неких сверхмикроскопических процессов, которые протекали в то время, когда вся наша Вселенная имела размеры элементарной частицы?

Четко ответить на данные вопросы наука пока еще не может. Не может наука и объяснить, что было, когда наш мир имел микроскопические размеры. Тем не менее с течением времени растет понимание того, что для решения подобных задач требуется создание новых физических теорий, объединяющих космос и микромир, и тем не менее эта задача остается неисчерпаемой для нового тысячелетия научных изысканий.



▲ Астрономическая машина времени

Литература по теме

Агекян Т. А. Звезды, галактики, Метагалактика / Т. А. Агекян. — М. : Наука, 1981.

Адамс Ф. Наш живой Мультиверс. Книга бытия в 0 + 7 главах / Ф. Адамс. — М. : ИКИ, 2006.

Адамс Ф. Пять возрастов Вселенной: в глубинах физики вечности / Ф. Адамс, Г. Лафлин. —М. : РХД, 2006.

Азимов А. Взрывающиеся солнца. Тайны сверхновых / А. Азимов. — М. : Наука, 1991.

Азимов А. Вселенная. От плоской Земли к квазару/ А. Азимов. — М. : Центрполиграф, 2004.

Азимов А. Земля и космос. От реальности к гипотезе / А. Азимов. — М. : Центрполиграф, 2004.

Азимов А. Царство Солнца. От Птолемея до Эйнштейна / А. Азимов. — М. : Центрполиграф, 2004.

Арсенов О. Параллельные вселенные / О. Арсенов. — М., 2011.

Арсенов О. Физика времени / О. Арсенов. — М. : Эксмо, 2010.

Арчаков И. Ю. Популярная астрономия / И. Ю. Арчаков. — М. : Дельта, 2001.

Бааде В. Эволюция звезд и галактик / В. Бааде. — М. : УРСС, 2002.

Бербидж Д. Квазары / Д. Бербидж, М. Бербидж. — М. : Мир, 1978.

Бердышев С. Законы космоса / С. Бердышев. — М. : Рипол, 2002.

Бернацкий А. С. 100 великих тайн Вселенной / А. С. Бернацкий. — М. : Вече, 2012.

Вильковиский Э. Я. Квазары / Э. Я. Вильковиский. — М. : Наука, 1985.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной / Б. А. Воронцов-Вельяминов. — М. : Наука, 1980.

Гетман В. С. Внуки Солнца / В. С. Гетман. — М. : Наука, 1988.

Громов А. Н. Вселенная. Полная биография / А. Н. Громов, А. М. Малиновский. — М. : Эксмо, 2011.

Громов А. Н. Удивительная Солнечная система / А. Н. Громов. — М. : Эксмо, 2012.

Гурштейн А. А. Извечные тайны неба / А. А. Гурштейн. — М. : Просвещение, 1984.

Даукурт Г. Что такое квазары? / Г. Даукурт. — К. : Радянська школа, 1985.

Дорожкин Н. Я. Космос / Н. Я. Дорожкин. — М. : АСТ, 2004.

Дубкова С. И. Волшебный мир звезд / С. И. Дубкова. — М. : Белый город, 2003.

Ефремов Ю. Н. Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание / Ю. Н. Ефремов. — М. : УРСС, 2004.

Ефремов Ю. Н. Звездные острова. Галактики звезд и Вселенная галактик / Ю. Н. Ефремов. — М. : Век 2, 2006.

Ефремов Ю. Н. Млечный путь / Ю. Н. Ефремов. — М. : Век 2, 2006.

Зонн В. Галактики и квазары / В. Зонн. — М. : Мир, 1978.

Кадомцев Б. Б. На пульсаре / Б. Б. Кадомцев. — М. : УФН/РХД, 2001.

Капица С. П. Космос: Вселенная. Галактики. Звезды. Планеты / С. П. Капица. — М. : В мире науки, 2006.

Керрод Р. Вселенная: взгляд с космического телескопа «Хаббл» / Р. Керрод. — М. : Принт, 2004.

Керрод Р. Космос. Иллюстрированный путеводитель / Р. Керрод. — М. : Бертельсманн, 2008.

Киппенхан Р. 100 миллиардов солнц. Рождение, жизнь и смерть звезд / Р. Киппенхан. — М. : Мир, 1990.

Климишин И. А. Астрономия наших дней / И. А. Климишин. — М. : Наука, 1986.

Комаров В. Н. Увлекательная астрономия / В. Н. Комаров. — М. : АСТ, 2002.

Комаров В. Н. Чего мы не знаем о Вселенной / В. Н. Комаров. — М. : МАИК Наука, 2001.

Коротцев О. Н. Астрономия для всех / О. Н. Коротцев. — 2-е изд. — М. : Азбука-классика, 2008.

Коэн Э. Чудеса Вселенной / Э. Коэн, Б. Кокс. — М. : Эксмо, 2012.

Коэн Э. Чудеса Солнечной системы / Э. Коэн, Б. Кокс. — М. : Эксмо, 2012.

Ксанфомалити Л. В. Парад планет / Л. В. Ксанфомалити. — М. : Физматлит, 1997.

Леви Д. Звезды и планеты / Д. Леви. — М. : Белый город, 1998.

Лесков И. А. Все о планетах и созвездиях / И. А. Лесков. — М. : Кристалл, 2007

Лидсей Дж. Э. Рождение Вселенной / Дж. Э. Лидсей. — М. : Весь мир, 2005.

Миллер А. Империя звезд, или Белые карлики и черные дыры / А. Миллер. — М. : Колибри, 2012.

Миттон С. Дневная звезда: рассказ о нашем Солнце / С. Миттон. — М. : Мир, 1984.

Мур П. Большой взрыв: полная история Вселенной / П. Мур, Б. Мэй, К. Линтотт. — М. : Ниола-пресс, 2007.

Нарликар Д. Неистовая Вселенная / Д. Нарликар. — М. : Мир, 1985.

Нарликар Д. От черных облаков к черным дырам / Д. Нарликар. — М. : Энергоатомиздат, 1989.

Новиков И. Д. Физика черных дыр / И. Д. Новиков. — М. : Наука, 1986.

Новиков И. Д. Энергетика черных дыр / И. Д. Новиков. — М. : Наука, 1986.

Паркер С. Тайны Вселенной / С. Паркер, Н. Харрис. — М. : Книжный клуб, 2008.

Пем С. Вселенная / С. Пем. — М. : АСТ, 2005.

Попов С. Звезды: жизнь после смерти / С. Попов, М. Прохоров. — М. : Век 2, 2007.

Псковский Ю. П. Соседи нашей Галактики / Ю. П. Псковский. — М. : Знание, 1983.

Ранцини Ж. Космос: сверхновый атлас Вселенной / Ж. Ранцини. — М. : Эксмо, 2007.

Решетников В. П. Почему небо темное. Как устроена Вселенная / Решетников В. П. — М. : Век 2, 2012.

Ридпат Я. Астрономия: полная энциклопедия / Я. Ридпат. — М. : АСТ, 2007.

Роуэн-Робинсон М. Космология / М. Роуэн-Робинсон. — М. : РХД, 2008.

Рубин С. Г. Устройство нашей Вселенной / С. Г. Рубин. — М. : Век 2, 2006.

Саган К. Космос / К. Саган — М. : Амфора, 2006.

Сажин М. В. Популярная космология в элементарном изложении / М. В. Сажин. — М. : УРСС, 2002.

Сурдин В. Г. Большая энциклопедия астрономии / В. Г. Сурдин. — М. : Эксмо, 2012.

Сурдин В. Г. Вселенная от А до Я / В. Г. Сурдин. — М. : Эксмо, 2012.

Сурдин В. Г. Рождение звезд / В. Г. Сурдин. — М. : УРСС, 1999.

Сучков А. А. Галактики знакомые и загадочные / А. А. Сучков.— М. : Наука, 1988.

Тайны звездного неба / С. В. Житомирский [и др.]. — М. : Росмэн, 2006.

Торн К. Черные дыры и складки времени. Дерзкое наследие Эйнштейна / К. Торн. — М. : ФМЛ, 2007.

Фейгин О. О. Большой взрыв / О. О. Фейгин. — М. : Эксмо, 2009.

Фейгин О. О. Вселенная. От Большого взрыва до черных дыр / О. О. Фейгин. — М. : Эксмо, 2011.

Фейгин О. О. Поразительная Вселенная / О. О. Фейгин. — М. : Эксмо, 2011.

Фейгин О. О. Тайны Вселенной / О. О. Фейгин. — Харьков : Фактор, 2008.

Хван М. П. Неистовая Вселенная: от Большого взрыва до ускоренного расширения, от кварков до суперструн / М. П. Хван. — М. : УРСС, 2006.

Хокинг С. Кратчайшая история времени / С. Хокинг, Л. Млодинов. — М. : Амфора, 2006.

Хокинг С. От Большого взрыва до черных дыр / С. Хокинг. — М. : Мир, 1998.

Хокинг С. Черные дыры и молодые вселенные / С. Хокинг. — М. : Амфора, 2006.

Черепащук А. М. Вселенная, жизнь, черные дыры / А. М. Черепащук, А. Д. Чернин. — М. : Век 2, 2003.

Черепащук А. М. Черные дыры во Вселенной / А. М. Черепащук. — М. : Век 2, 2005.

Чернин А. Д. Звезды и физика / А. Д. Чернин. — М. : УРСС, 2004.

Чертков А. Д. Солнечный ветер и внутреннее строение Солнца / А. Д. Чертков. — М. : Наука, 1985.

Шапиро С. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды / С. Шапиро, С. Тьюколски. — М. : Мир, 1985.

Шварцшильд М. Строение и эволюция звезд / М. Шварцшильд. — М. : УРСС, 2004.

Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум / И. С. Шкловский. — М. : Наука, 1988.

Алфавитный указатель

#

16 часов из жизни Земли, фильм 22

Dawn *см.* Станция межпланетная автоматическая

New Frontiers *см.* Станция межпланетная автоматическая

А

Адамс Джон 117

Алголь 169,173

Альмагест, сочинение Птолемея 9–10

Амальтея 100

АМС *см.* Станция межпланетная автоматическая

Антинейтрино 290

Арахноид 62

Архипелаг:

- Афродиты 61
- Иштар 61

Астероид 67, 74, 76, 78

Атлантис, многоразовый транспортный корабль 93

Атмосфера 22, 24, 32, 41, 43–45, 51, 53, 60, 72, 90, 92–93, 97, 98, 102–103, 106, 111, 194

Б

БАК *см.* Большой адронный коллайдер

Бар галактический 240, 242, 355

Барстер 176

Белая дыра 220–221, 225, 227, 231

Биогенный плацдарм 274

Большое красное пятно 90, 92, 97– 99, 103

Большое Магелланово Облако 233, 241, 254

Большой адронный коллайдер 210, 211

Большой взрыв 215, 264, 266, 222–223, 251, 256–257, 259, 264, 266, 276, 290

Большой разрыв 271

Браге Тихо 11, 12, 13, 183, 184, 195

Бруно Джордано 11, 272

В

Вакуум 54, 173, 203, 224–225, 256, 261–263, 270, 295

Великий аттрактор 258–259, 271

Венера 56–65

- Повелитель мух 57
- Утренняя звезда 57

Веста, астероид 75–77, 79, 86

Взрыв:

- галактический 177
- термоядерный 163

Волны гравитационные 179, 217

Вояджер-1 *см.* Станция межпланетная автоматическая

Вояджер-2 *см.* Станция межпланетная автоматическая

Г

Галактика:

- активная 215, 241, 246–247, 252, 294
- карликовая 239, 255
- «неправильная» 245–246
- спиральная 244, 246
- сферическая 245
- эллиптическая 244– 246, 250

Галилеевы спутники 90, 100–102

Галилей Галилео 10–11, 14–15, 17, 19, 32, 65, 90

Галилео *см.* Станция межпланетная автоматическая

Галлей Эдмунд 132–133

Гало 98–100, 237, 251, 254, 257

Гамма:

- -всплеск 167, 175, 176–178, 192
- -спектрометр 51

Ганимед, спутник Юпитера 93, 96, 99–101, 106, 144

Гевелий Ян 31–32

Гелиопауза 139

Гелиосфера 138–141

Гершель Уильям 111

Главный пояс астероидов 74–87

Гук Роберт 14–15, 17, 90

Д

Дактиль 79

Деймос 67

Джеймс Уэбб, орбитальная обсерватория 296
Диск:
аккреционный 205, 207, 218, 220
газопылевой 102, 146, 148, 168, 214, 216, 226, 240
галактический 49, 233, 234, 237, 250
протопланетный 153
Дождь звездный 24, 284

Е

Европа, спутник Юпитера 100, 102, 144
Единица астрономическая 16

З

Закон:
всемирного тяготения 15, 246
Кеплера 10, 12–15
Затмение:
лунное 31, 36
солнечное 30, 40, 42, 44, 46, 213
Звезда:
нейтронная 158–159, 163– 167, 171, 173–177, 180, 187, 193, 195, 197, 214, 267
падающая 24–25

И

Ида, астероид 79
Ио, спутник Юпитера 101
Ионосфера 97, 98, 167

К

Каллисто, спутник Юпитера 92, 96, 100–101, 144
Карлик:
белый 49, 158, 162–163, 168–169, 174, 176, 185, 194, 257
бурый 168–169
голубой 278
желтый 169, 257, 280, 291
коричневый *см.* Карлик бурый
красный 153, 194
Кассини Джованни Доменико 90
Кассини — Гюйгенс *см.* Станция межпланетная автоматическая
Квавар 121, 130
Квазар 7–8, 241, 251–252, 276, 288, 294
Кеплер Иоганн 10–15, 17, 184
Коллайдер 198
Коллапс 157, 188, 192, 194, 198, 210
гравитационный 189, 193, 201, 202, 221–222, 237
Коллапсар 174, 204, 205, 208, 213, 223, 225–226, 231, 247
гравитационный 158, 197, 198, 199, 202, 203, 204, 208, 223–224, 236, 246, 250, 259, 294–295
вращающийся 209, 211
микро- 208, 211, 263, 295
Комета:
Галлея 132–133, 136
Хейла — Боппа 130, 137
Шумейкеров — Леви 93, 95, 103
Коперник Николай 10–11, 13–14, 32, 65, 141, 183, 280
Корона солнечная 44
Крабовидная туманность 159, 180, 182, 184
Красный гигант 171, 179

Л

Ландау Лев Давидович 163
Лаплас Пьер Симон 77, 45, 198, 200, 202
Линза гравитационная 213–214
Лоуэлл Персиваль 73, 126

М

Магнитогидродинамика 190
Магнитосфера 26, 53, 54, 91, 92, 94, 96, 98, 105, 114, 119, 226
Малое Магелланово Облако 233, 241
Маневр гравитационный 93–94
Маринер-10 *см.* Станция межпланетная автоматическая
Марс 66–73
МАС *см.* Международный астрономический союз
Материя:
барионная 259
темная 22, 251, 257, 259–261, 296
Международный астрономический союз 35, 121
Меркурий 50–55
Мессенджер *см.* Станция межпланетная автоматическая
Метагалактика 256–263
Метазвезда169
Мир — Шаттл, орбитальный комплекс 21

Мир, орбитальная станция 21
Миранда 113–115, 144
Мичел Джон 198– 202
МКС *см.* Станция космическая международная
Млечный Путь 49, 143, 146, 155, 157, 184, 209, 232–241, 254–255, 258, 275

Н

Нейтрино 190, 192–193, 260, 267, 269, 280, 291, 293
Нептун 116–119
Никейский Гиппарх 9
Новиков Игорь Дмитриевич 222, 266, 268–269
Новые горизонты *см.* Станция межпланетная автоматическая
Нуклеосинтез 292
Ньютон Исаак 14, 132, 246

О

Облако Оорта 87, 128–137, 279
Оорт Ян 133
Оппенгеймер Роберт 202, 204

П

Паллада, астероид 76
Парниковый эффект 58–59, 276
Первые люди на Луне, роман Г. Уэллса 33
Петля корональная 46
Пионер-10 *см.* Станция межпланетная автоматическая
Пионер-11 *см.* Станция межпланетная автоматическая
Плазма 22, 39, 41–42, 44–45, 54, 91, 97, 139, 149, 152–153, 159, 164, 179, 185, 190–191, 193, 197, 207, 211, 268–269, 279
Планета карликовая 53, 75, 120–128, 130, 134–135, 137, 147
Планетозималь 78–79, 147
Плато Лакшми 61
Плутон 120–127 *см. также* Планета карликовая
Повелитель мух *см.* Венера
Поле гравитационное 103, 147, 169, 195, 204, 213
Пояс:
  Койпера 121, 125, 128–137
  радиационный 89, 92, 96
Приливные волны 30–31, 99
Природа, орбитальный блок МКС 21
Проект Озма 278–279
Протосингулярность 223 *см. также* Сингулярность
Протуберанец 41, 44
Птолемей Клавдий 9–10, 13, 141
Пульсар 6, 159, 164, 166–167, 174–176, 183, 185, 194, 213, 230

Р

Радиогалактика 252
Радиопульсар 164–166, 175, 213
Радиус гравитационный 202, 206, 209, 294
Расширение Вселенной стремительное 264
Реакция:
  термоядерная 94, 142, 150, 157–159, 166, 188
  термоядерного синтеза 190, 292

С

Салют, орбитальная станция 21
Самосский Аристарх 9
Сатурн 16–17, 55, 87, 91, 96, 104–109, 125, 138, 141, 145, 148, 150, 207
Сверхгигант 171, 194, 210, 237
Сверхновая 154, 159, 180–186, 188–190, 192–193, 219, 231, 261–263, 266, 292
Сверхпроводимость 164
Сверхтекучесть 164
Свечение зодиакальное 84
Седна 121, 135
Сжатие гравитационное 158, 169, 175, 184, 187–189, 192, 198
Силы гравитационные 78, 87, 266
Сингулярность 203, 221–222, 224–225, 259 *см. также* Протосингулярность
Сириус 162
Смещение:
  красное 208, 224, 251, 265–266
  фиолетовое 224
Снеговая линия 80
Солнечная система 142–153
Солнце:
  ветер 90, 22, 33, 39, 45, 54, 76, 96, 112, 131, 137–140, 149
  вспышка 43–44
  затмение 30–31, 40, 43, 46, 213
Спектр, орбитальный блок МКС 21–22
Спитцер, космический телескоп 107, 204
Среда межзвездная 155, 165–166, 168, 171, 192, 205, 214–215, 252, 257, 274

Станция космическая международная 21
Станция межпланетная автоматическая:
Dawn 86
Вояджер-1 85, 93, 105
Вояджер-2 85, 92, 105, 112–115, 119, 125–126
Галилео 85, 93–94
Кассини-Гюйгенс 105
Маринер-10 51, 53, 55
Мессенджер 49, 54
Новые горизонты 94, 125
Пионер-10 85, 91–92
Пионер-11 85, 105
Улисс 94
Стоунхендж 8–9
Сфера:
гравитационная 203, 208, 212
Дайсона 281
Шварцшильда 208

Т

Талассоиды 36
Тау Кита 277– 279
Телескоп:
рентгеновский 166
-рефлектор 18–19
-рефрактор 18
Теория относительности 175–176, 201–202, 209, 221, 228, 290
Терапсиды 28, 31
Тессер 61–62
Титан 55, 105–106, 144
Томбо Клайд 125–126
Тритон 113, 116– 119, 122, 145
Туманность:
Андромеды 184, 186, 234–235, 243, 273, 286
газопылевая 40, 77, 146, 251
планетарная 161–162, 237

У

Ударная волна 138–139
Уиллер Джон Арчибальд 199
Улисс *см.* Станция межпланетная автоматическая
Уран 16–17, 91, 110–115, 117, 119, 126, 138, 145
Утренняя звезда *см.* Венера

Ф

Физика квантовая 168, 186, 203
Фобос 67–68, 73, 144
Фотосфера 40, 41, 44, 45, 194

Х

Хаббл, космический телескоп 95, 98, 112–113, 119, 122, 125, 163, 188, 219, 251, 262
Харон 121, 122–124, 126, 129, 138
Хокинг Стивен 204, 225
Хромосфера 43–44

Ц

Церера, астероид 83, 75–76, 84, 86, 121

Ч

Чандрасекар Субрахманьян 187
Частицы виртуальные 224–225
Черная дыра 7, 154, 158, 171, 175, 177, 185, 195, 196–197, 199, 202, 204, 208, 211, 213, 217, 219, 222, 227, 229, 237, 247, 252, 263, 276, 294

Ш

Шварцшильд Карл 201 *см. также* Радиус гравитационный
Шмидт Отто Юльевич 147

Э

Эддингтон Артур 186
Эйнштейн Альберт 196, 200, 202, 204
Эклиптика 16, 27, 47, 83, 122, 132, 183
Электрический Дракон Венеры, ураган 59–60
Энергия темная 7, 22, 259– 263, 296
Эпик Эрнст 133
Эпсилон Эридана 278
Эргосфера 209, 215, 223, 225, 231
Эренфест Пауль 289
Эрида 120–121, 130, 135, 145
Эффект:
Доплера 265
пращи 173

Ю

Юнона, астероид 76, 95
Юпитер 16, 17, 55, 74, 77, 78, 88–103

Я

Яма гравитационная 177
Япет, спутник Сатурна 144

Научно-популярное издание

ПОДАРОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ. МИССИЯ «КОСМОС»

Фейгин Олег Орестович

СОВРЕМЕННАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Директор редакции *Е. Капьёв*
Ответственный редактор *В. Обручев*
Ведущий редактор *Ю. Лаврова*
Художественный редактор *С. Власов*

ООО «Издательство «Эксмо»
123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел. 8 (495) 411-68-86, 8 (495) 956-39-21.
Home page: **www.eksmo.ru** E-mail: **info@eksmo.ru**

Өндіруші: «ЭКСМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Ресей, Зорге көшесі, 1 үй.
Тел. 8 (495) 411-68-86, 8 (495) 956-39-21
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru.
Тауар белгісі: «Эксмо»
Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды қабылдаушының
өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3«а», литер Б, офис 1.
Тел.: 8(727) 2 51 59 89,90,91,92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.
Сертификация туралы ақпарат сайтта: www.eksmo.ru/certification

Оптовая торговля книгами «Эксмо»:
ООО «ТД «Эксмо». 142700, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное,
Белокаменное ш., д. 1, многоканальный тел. 411-50-74.
E-mail: **reception@eksmo-sale.ru**
По вопросам приобретения книг «Эксмо» зарубежными оптовыми покупателями *обращаться в отдел зарубежных продаж ТД «Эксмо»*
E-mail: **international@eksmo-sale.ru**
International Sales: International wholesale customers should contact Foreign Sales Department of Trading House «Eksmo» for their orders.
international@eksmo-sale.ru
По вопросам заказа книг корпоративным клиентам, в том числе в специальном оформлении, *обращаться по тел. +7(495) 411-68-59, доб. 2261, 1257.*
E-mail: **vipzakaz@eksmo.ru**
Оптовая торговля бумажно-беловыми и канцелярскими товарами для школы и офиса «Канц-Эксмо»: Компания «Канц-Эксмо»: 142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное-2,
Белокаменное ш., д. 1, а/я 5. Тел./факс +7 (495) 745-28-87 (многоканальный).
e-mail: **kanc@eksmo-sale.ru**, сайт: www.**kanc-eksmo.ru**
Полный ассортимент книг издательства «Эксмо» для оптовых покупателей:
В Санкт-Петербурге: ООО СЗКО, пр-т Обуховской Обороны, д. 84Е. Тел. (812) 365-46-03/04.
В Нижнем Новгороде: ООО ТД «Эксмо НН», 603094, г. Нижний Новгород, ул. Карпинского, д. 29, бизнес-парк «Грин Плаза». Тел. (831) 216-15-91 (92, 93, 94).
В Ростове-на-Дону: ООО «РДЦ-Ростов», пр. Стачки, 243А. Тел. (863) 220-19-34.
В Самаре: ООО «РДЦ-Самара», пр-т Кирова, д. 75/1, литера «Е». Тел. (846) 269-66-70.
В Екатеринбурге: ООО «РДЦ-Екатеринбург», ул. Прибалтийская, д. 24а.
Тел. +7 (343) 272-72-01/02/03/04/05/06/07/08.
В Новосибирске: ООО «РДЦ-Новосибирск», Комбинатский пер., д. 3. Тел. +7 (383) 289-91-42.
E-mail: **eksmo-nsk@yandex.ru**
В Киеве: ООО «РДЦ Эксмо-Украина», Московский пр-т, д. 9. Тел./факс: (044) 495-79-80/81.
В Донецке: ул. Артема, д. 160. Тел. +38 (032) 381-81-05.
В Харькове: ул. Гвардейцев Железнодорожников, д. 8. Тел. +38 (057) 724-11-56.
Во Львове: ТП ООО «Эксмо-Запад», ул. Бузкова, д. 2. Тел./факс (032) 245-00-19.
В Симферополе: ООО «Эксмо-Крым», ул. Киевская, д. 153. Тел./факс (0652) 22-90-03, 54-32-99.
В Казахстане: ТОО «РДЦ-Алматы», ул. Домбровского, д. 3а. Тел./факс (727) 251-59-90/91. **rdc-almaty@mail.ru**
Интернет-магазин ООО «Издательство «Эксмо»
www.fiction.eksmo.ru
Розничная продажа книг с доставкой по всему миру.
Тел.: +7 (495) 745-89-14. E-mail: **imarket@eksmo-sale.ru**

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ
о техническом регулировании можно получить по адресу: http://eksmo.ru/certification/

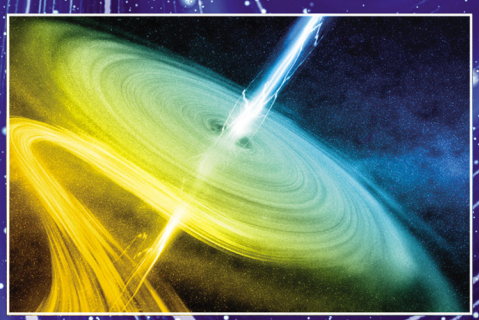
Өндірген мемлекет: Ресей
Сертификация қарастырылмаған

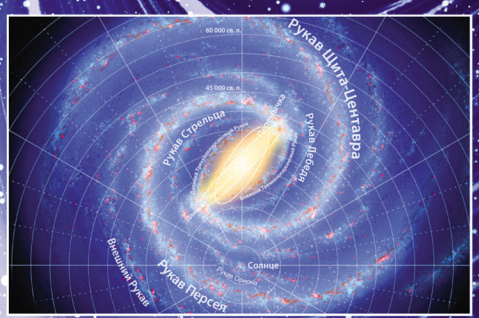
Подписано в печать 16.10.2013.
Формат 60x84$^{1}/_{8}$. Печать офсетная. Усл. печ. л. 35,47.
Тираж экз. Заказ

ISBN 978-5-699-64166-6

СОВРЕМЕННАЯ

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ВСЕЛЕННОЙ





Хотите совершить удивительное космическое путешествие по мирам нашей Вселенной и открыть для себя поразительный простор ближнего и дальнего Космоса, где в одном из мириадов галактических островов затерялась уникальная песчинка нашей планеты? Предлагаемая экскурсия в глубины космического пространства позволяет понять, насколько неповторимо чудо земной жизни и разума на фоне неистово бушующей Вселенной, наполненной мириадами удивительных небесных тел. От миров Солнечной системы и Млечного Пути читатель побывает во множестве интересных мест Метагалактики – всего видимого Космоса, присутствуя при взрывах сверхновых звезд и заглядывая в бездонные провалы черных дыр пространства-времени. Так, пройдясь всего лишь по нескольким основным ступенькам лестницы Мироздания, можно будет наглядно ощутить величественную красоту нашей Вселенной.

ISBN 978-5-699-64166-6