

Вселенная

пространство * время

Физика частиц и Вселенная



ПЛУТОН И ДРУГИЕ ОБЪЕКТЫ ПОЯСА КОЙПЕРА

В уравнениях физиков материя и антиматерия абсолютно равноправны. В реальности же антивещество встречается в нашей Вселенной в ничтожных количествах, благодаря чему в ней существуют материальные объекты... но для фундаментальной науки этот факт остается неразрешимой загадкой.

Звезда Тэбби
снова
потускнела

M106
с невиданными
подробностями

Juno:
итоги шести
витков

A S G AUTO
Standard
Group

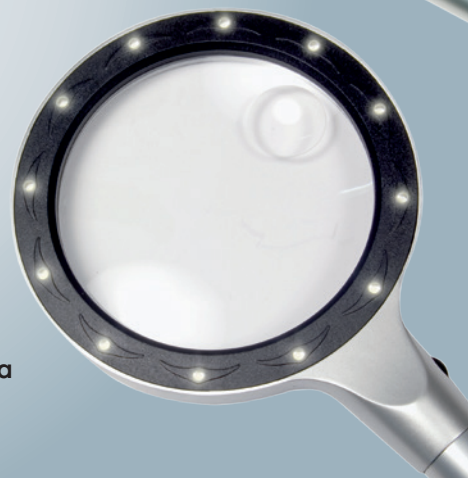
www.universemagazine.com





levenhuk[®]
Zoom&Joy

Лупы Levenhuk
Налобные, нашейные, на ручке
Надежные оптические инструменты
для бытового применения
и профессиональной деятельности



Ознакомьтесь с продукцией Levenhuk вы можете на сайте 3planeta.com.ua
и в магазине «Третья Планета» по адресу: Киев, ул. Нижний Вал, 3-7.
Отдел продаж (067) 215-00-22. Формируем дилерскую сеть.

WWW.3PLANETA.COM.UA

КИЕВ

16 июня 2017 г.

По приглашению научно-просветительского проекта «Вселенная, Пространство, Время» и партнеров

Американский предприниматель, популяризатор и энтузиаст освоения космоса, участник проекта NewSpace, основатель компании по добыче ископаемых на астероидах Deep Space Industries

РИК ТАМЛИНСОН выступит с лекцией **«БОГ И РАКЕТЫ»**

Илон Маск, Ричард Брэнсон и другие успешные современные предприниматели инвестируют в освоение космоса. Смогут ли частные компании работать в космической отрасли наравне с государственными агентствами?

Станет ли космический туризм массовым и доступным?

Почему космонавтика — возможно, самая важная сфера деятельности человека?

Время и место проведения: 17:00, экспозиционный зал Государственного политехнического музея при НТУ «КПИ» им. Сикорского (Киев, пр. Победы 37, корпус №6)

Справки и регистрация по телефонам: (067) 215-00-22, (044) 295-00-22



СОДЕРЖАНИЕ

Июнь 2017

ВСЕЛЕННАЯ

Физика частиц и Вселенная

Тара Ширс

4

Новости

Новые интриги вокруг
Стандартной модели

10

Источник антиматерии в центре
Млечного Пути

11

M106 с беспрецедентными
детальными

12

«Холодное пятно» — след
столкновения вселенных?

14

Звезда Тэбби снова потускнела

15

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Плутон

и другие объекты Пояса Койпера

Скотт Шенпард

16

Новости

Великолепный Тихо

26

Curiosity отснял новую
марсианскую панораму

28

Проект Mars 2020

29

Juno: итоги шести витков

30

Малоизученный северный
полюс Энцелада

32

Атлас вблизи

32

НОВОСТИ КОСМОНАВТИКИ

Новости

Секретный беспилотный шаттл

33

вернулся на Землю

33

Electron отправился

33

в первый полет

33

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Небесные события августа

34

Россыпь галактик в созвездии

38

Дракона



ВСЕЛЕННАЯ, пространство, время — международный научно-популярный журнал по астрономии и космонавтике, рассчитанный на массового читателя

Издается при поддержке Национальной академии наук Украины, Государственного космического агентства Украины, Государственного астрономического института им. П.К.Штернберга Московского государственного университета, Международного Евразийского астрономического общества, Украинской астрономической ассоциации, Информационно-аналитического центра «Спейс-Информ», Аэрокосмического общества Украины

стр. 11

Подписаться на журнал можно в любом почтовом отделении Украины и России (подписные индексы указаны ниже).

Руководитель проекта, главный редактор: Гордиенко С.П.
Руководитель проекта, коммерческий директор: Гордиенко А.С.
Выпускающий редактор: Манько В.А.
Редакторы: Ковальчук Г.У., Василенко А.А., Остапенко А.Ю. (Москва)
Менеджер по внешним связям, переводчик: Ковеза Валерия
Редакционный совет: Андранов И.Л. — декан факультета Одесского национального морского университета, доктор ф.-м. наук, профессор, вице-президент Украинской ассоциации любителей астрономии

Вавилова И.Б. — ученый секретарь Совета по космическим исследованиям НАН Украины, вице-президент Украинской астрономической ассоциации, кандидат ф.-м. наук
Митрахов Н.А. — Президент информационно-аналитического центра «Спейс-Информ», директор киевского представительства ГП КБ «Южное», к.т.н.
Олейник И.И. — генерал-полковник, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники РФ
Рябов М.И. — старший научный сотрудник Одесской обсерватории радиоастрономического института НАН Украины, кандидат ф.-м. наук, сопредседатель Международного астрономического общества
Черепашук А.М. — директор Государственного астрономического института им. Штернберга (ГАИШ), академик РАН

Дизайн, компьютерная верстка: Галушка Светлана
Отдел продаж: Остапенко Алена, Мельник Никита
тел.: (067) 215-00-22, (044)295-00-22
Адрес редакции: 02097, Киев, ул. Милославская, 31-Б, к. 53
тел./факс: (050) 960-46-94
e-mail: uverse@gmail.com
info@universemagazine.com
www.universemagazine.com
Телефоны в Москве: (495) 544-71-57, (800) 555-40-99 звонки с территории России бесплатные
Распространяется по Украине

и странам СНГ
В рознице цена свободная
Подписные индексы
Украина: 91147
Россия: 12908 - в каталоге «Пресса России»
24524 - в каталоге «Почта России»
12908 - в каталоге «Урал-Пресс»
Учредитель и издатель ЧП «Третья планета»
Зарегистрировано Государственным комитетом телевидения и радиовещания Украины.
Свидетельство НВ 7947 от 06.10.2003 г.
© ВСЕЛЕННАЯ, пространство, время — №6 июнь 2017
Тираж 8000 экз.

Ответственность за достоверность фактов в публикуемых материалах несут авторы статей
Ответственность за достоверность информации в рекламе несут рекламодатели
Перепечатка или иное использование материалов допускается только с письменного согласия редакции.
При цитировании ссылка на журнал обязательна.
Формат — 60х90/8
Отпечатано в типографии ООО «Прайм-принт», Киев, ул. Малинская, 20.
т. (044) 592-35-06

Доклад прочитан 10 февраля 2017 г. на Астрофесте (Кенсингтон, Лондон), переведен и публикуется с любезного согласия автора
Перевод: Валерия Ковеза
Редакторы перевода: Сергей Гордиенко, Владимир Манько

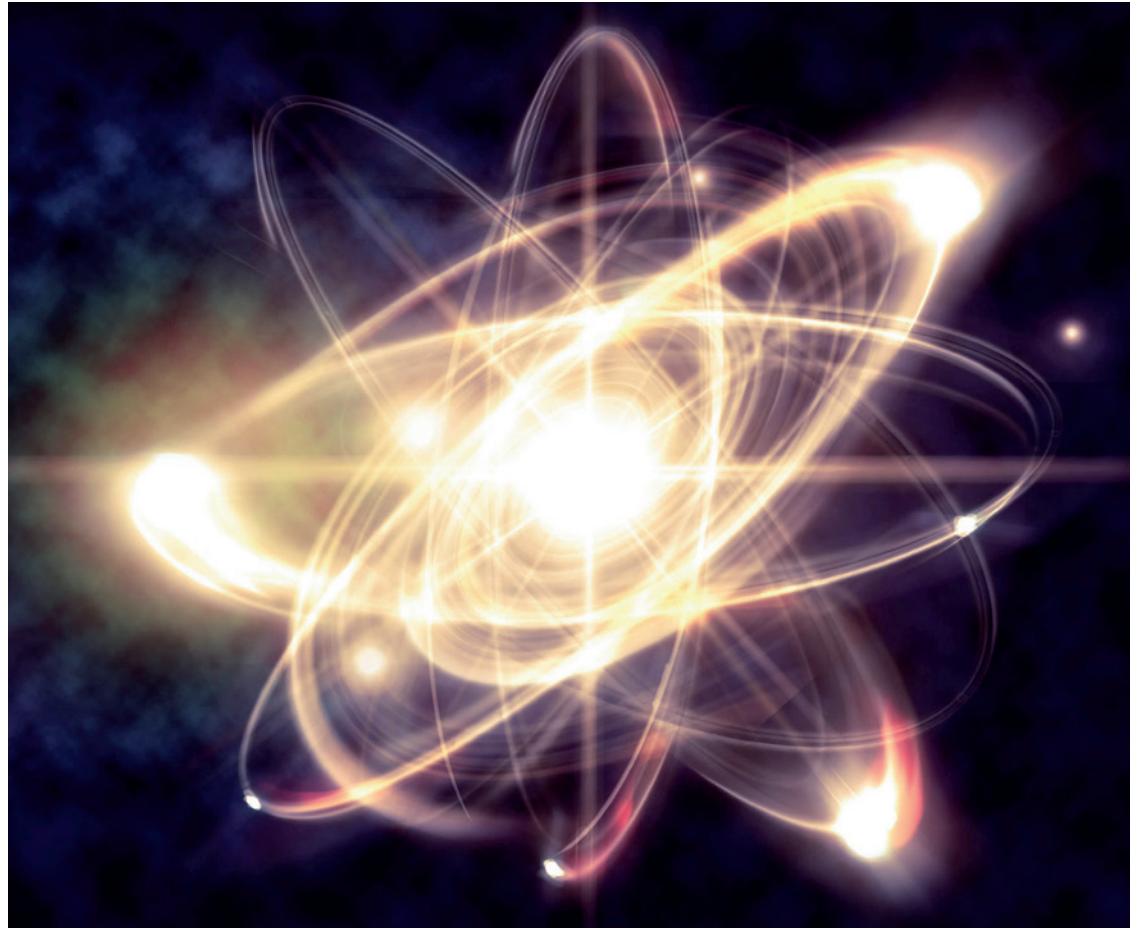
ФИЗИКА ЧАСТИЦ

Тара Ширс
Университет Ливерпуля,
Великобритания
Tara Shears
University of Liverpool
Particle physics and the
Universe



Тара Ширс (Tara Shears) родилась в 1969 г. в городке Сэйлсбери (графство Уилтшир, Великобритания), недалеко от легендарной древней обсерватории Стоунхендж. Вначале поступила в школу Пьюзи-Вэйл, где увлеклась химией, позже училась в специальном физическом классе в школе Донтси в городе Ведхэмптон. В 1991 г. с отличием окончила Имперский колледж Лондона. Диссертацию доктора философии по физике частиц защитила в Кембриджском университете.

В 2000 г., будучи сотрудницей Университета Ливерпуля (впоследствии она стала первой женщиной, занявшей пост его профессора), Тара Ширс была включена в рабочую группу Лаборатории Ферми в США. С 2004 г. работает в CERN, участвует в создании Большого адронного коллайдера и в экспериментах на нем. Специализируется на исследованиях нижних кварков и тестировании Стандартной модели в области слабого взаимодействия. Активно участвует в популяризации науки, выступает за более широкое вовлечение женщин в научную и образовательную деятельность.



Мы привыкли встречать понятие «антиматерия» в фантастических рассказах, однако для ученых она давно уже стала повседневной реальностью. Считается, что в момент Большого Взрыва наша Вселенная состояла из нее почти наполовину. Одна из самых серьезных задач современной фундаментальной науки — понять, почему она вся исчезла, чтобы наш «чисто материальный» мир смог возникнуть и эволюционировать. Тара Ширс посвятила этим вопросам почти всю свою научную карьеру. Для этого она участвует в сложных экспериментах, проводимых в Европейском центре ядерных исследований (CERN) и на Международной космической станции. Таким

необычным образом основная специальность ученой объединилась с ее увлечением — астрономией, имеющей дело с крупномасштабными структурами и большими телескопами.

Со школьных лет я интересовалась астрофизикой, поэтому быть здесь и слушать доклады коллег-ученых — огромное удовольствие для меня: ведь моя собственная работа связана с самыми мелкими элементами Вселенной — субатомными частицами.

Основной предмет моего доклада — антиматерия. Многим кажется, что это нечто из научной фантастики, однако я хочу показать, что на самом деле она является реальным фактом, причем с ней связа-

на одна из главных загадок, которым наука пока не нашла объяснения. Кроме того, я расскажу о том, какую роль играет физика элементарных частиц в изучении строения Вселенной и заполняющего ее вещества. Я начну с того, что нам уже известно, а потом перейду к месту антиматерии в нашей системе знаний об устройстве мироздания. Я постараюсь объяснить, в чем принципиальная важность антиматерии, каким образом мы работаем над ее изучением с помощью наших экспериментов, расскажу об их самых последних и выдающихся результатах и о том, как близко мы подошли к раскрытию ее тайн.

Перед тем, как перейти к вопросам антиматерии, по-

и Вселенная

звольте прояснить некоторые контекстуальные аспекты. Мы, физики, занимающиеся элементарными частицами, не используем огромные телескопы и прочее оборудование из арсенала астрофизиков. Подход, который мы применяем, заключается в изучении самых мелких составных частей всего сущего. Базовые элементы, из которых состоит все вокруг — звезды, галактики, мы с вами — универсальны и одинаковы. По нашему убеждению, достигнув понимания, каким образом устроены эти элементарные частицы и как они себя ведут, мы сумеем узнать, как устроено все, что из них состоит, на более крупных масштабах. Наш подход дополняет методы, используемые в астрофизике.

Итак, если рассмотреть материю, из которой соткано все вокруг нас, на микроуровне, то можно обнаружить, что любые объекты состоят всего лишь из 12 универсальных базовых составных элементов: 6 видов элементарных частиц, называемых кварками, и 6 видов элементарных частиц, называемых лептонами. Они различаются между собой особенностями поведения. Чтобы понимать, о каких мелких объектах идет речь, стоит помнить, что по отношению к размеру атома они так же малы, как атом по отношению к человеку. На самом деле мы не имеем представления о том, насколько малы элементарные частицы: они слишком крохотные, чтобы их можно было измерить. Фактическая их величина может оказаться еще меньше. Именно на таком уровне мы изучаем Вселенную, чтобы постараться разгадать ее тайны.

Все элементарные частицы взаимодействуют между собой с помощью фундаментальных сил природы — электромагнетизма, гравитации, сильного ядерного взаимодействия, поддерживающего стабильность атомного ядра, и слабого ядерного взаимодействия, благодаря которому происходит радиоактивный распад. К счастью, мы уже понимаем, как «работает» большинство этих сил. Наше понимание принимает форму уравнений, лежащих в основе физики элементарных частиц — науки, объясняющей экзотические условия суб-атомной Вселенной. Теория эта настолько элегантна и лаконична, что все ее уравнения можно уместить в надписи на футболке. При

этом она не-обычайно успешно объясняет, как ведут себя ее «фигуранты», каким образом они взаимодействуют с различными силами и между собой, и каких результатов можно ожидать в каждом из наших экспериментов. Теория настолько точна, что еще ни один полученный экспериментальный результат не противоречил ее предсказанию. По этой причине она получила название Стандартной модели элементарных частиц.

Тем не менее, как бы ни была хороша наша теория, во Вселенной существует немало явлений, в понимании которых она помочь нам не способна. И одна из таких загадок связана с антиматерией.

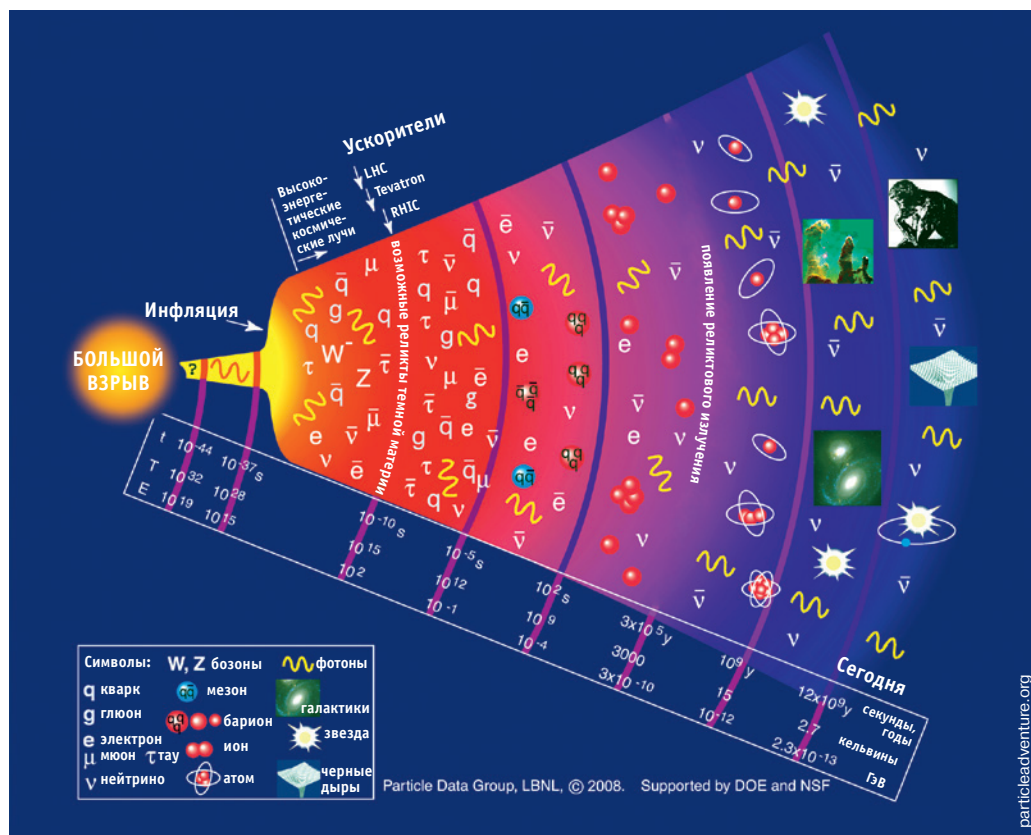
Позвольте продемонстрировать, каким образом анти-

материя вписывается в изложенную картину. Дело в том, что каждая из известных физике элементарных частиц потенциально имеет свой эквивалент с противоположным зарядом, который под воздействием природных сил ведет себя подобно зеркальному отражению «оригинала». Если материя и антиматерия встретятся, они аннигилируют — вся их масса превратится в колоссальное количество чистой энергии.¹ Всего четверть грамма материи и антиматерии при аннигиляции способны выделить энергию, соответствующую по мощности взрыву в 5 килотонн в тротиловом эквиваленте. Это уж точно стало бы впечатляющим свидетельством успеха эксперимента по получению античастиц...

Но не переживайте: едва ли антиматерия будет использована в разрушительных целях, ведь благодаря своей редкости

¹ Количество энергии, выделяемой при аннигиляции в виде гамма-излучения, определяется классической формулой $E=mc^2$ (где m — суммарная масса аннигилировавших частиц) — Прим. редакции

▼ Диаграмма, отображающая космологическую историю Вселенной согласно современным представлениям.



она — еще и самое дорогое вещество во Вселенной. Стоимость получения одного ее миллиграмма составила бы около 100 млрд долларов, однако за всю историю человечества мы и близко не набрали такого количества. Все, что нам удалось создать в лабораториях — ничтожные доли микрограмма.

Тем не менее, антиматерия существует в естественных условиях: например, при радиоактивном распаде калия на всей Земле за один день могут выделяться десятки позитронов (антиэлектронов). Но даже в масштабах Вселенной количество антиматерии невероятно мало, и именно эта ее редкость — большая загадка для науки.

Чтобы понять, почему редкость антиматерии настолько удивительна, придется рассмотреть историю Вселенной с самого ее зарождения. Все началось с Большого Взрыва, породившего невообразимо горячий «бульон» из фундаментальных частиц, который наполнил собой стремительно расширяющееся пространство и с течением времени остыл, собравшись позже в атомы, молекулы, газовые облака, из которых, в свою очередь, образовались звезды, планеты, галактики и все, что мы видим вокруг нас сегодня — без малого 14 млрд лет спустя. Во всей этой истории, в самом ее начале, антиматерия игра-

ет важнейшую роль, поскольку, судя по тому, что мы знаем, одна половина Вселенной исходно состояла из антиматерии, а другая — из материи.

На заре времен частицы материи и антиматерии, сталкиваясь друг с другом, аннигилировали, превращаясь в энергию в форме фотонов электромагнитного излучения, а те снова превращались в пары частиц и античастиц. Процесс бурлящего образования и исчезновения бесчисленного количества таких пар продолжался по мере расширения и остывания ранней Вселенной. Однако спустя непродолжительное даже по меркам повседневности время — менее одной секунды после рождения — Вселенная остыла настолько, что движение частиц замедлилось, а энергии фотонов перестало хватать на образование все новых пар материи/антиматерии. Процесс массовой аннигиляции прекратился. Все вещество, которое мы можем наблюдать — это остатки «последнего раунда» взаимной аннигиляции частиц и античастиц.

То, что мы, как и весь мир вокруг нас, сотканы из «нормальной» материи, указывает на факт, что в этом последнем раунде баланс нарушился: частиц материи оказалось ненамного, но больше, чем частиц антиматерии, с которыми они могли бы аннигилировать. В противном случае не осталось бы ничего, чтобы образовать напол-

няющее Вселенную вещество — в ней был бы только свет, но не было бы ни звезд, ни планет, ни жизни. Своим существованием мы обязаны тому незначительному, едва заметному перевесу в сторону материи, который позволил ей «одержать победу» над антиматерией, чтобы позже сформировать привычную нам среду обитания.

Можно сказать, что загадкой является даже не сама редкость антиматерии, а то, что стало причиной ее редкости. Тайна, которую мы хотим раскрыть, заключается в том, что же обусловило нарушение баланса в пользу материи, ведь ответ на этот вопрос фундаментальным образом повлияет на наше понимание того, как Вселенная оказалась в современном состоянии.

Что же говорит нам об этом наша теория, Стандартная модель? Ничего. Согласно ей, материя и антиматерия должны вести себя одинаково. Тем не менее, проводя эксперименты, мы замечаем различия. Это как раз тот случай, когда теоретические наработки не могут дать вразумительного объяснения экспериментальным данным. В такой ситуации эксперимент — наша единственная надежда постичь тайну антиматерии; очевидно, это возможно только путем анализа результатов множества различных опытов и измерений в надежде, что в итоге они

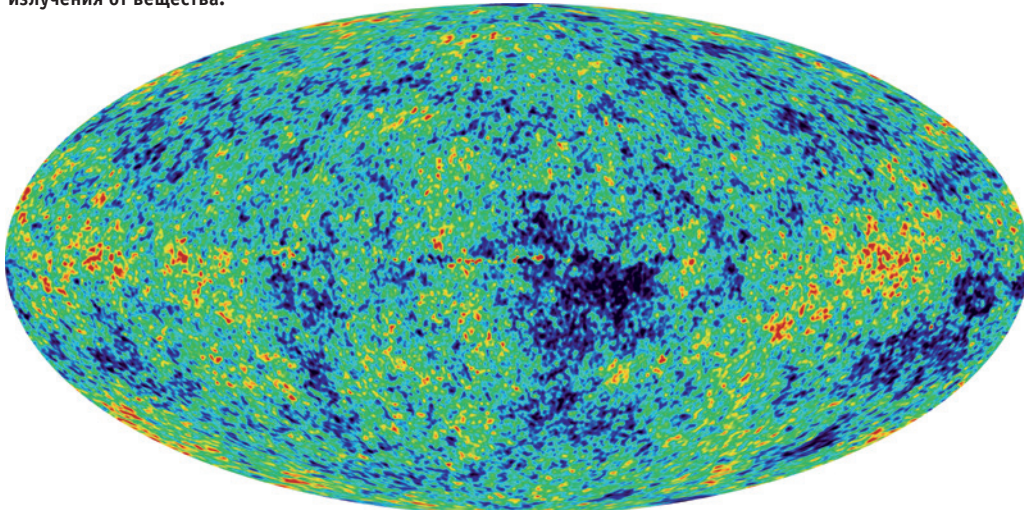
сложатся в стройную картину различий между обычной материей и антиматерией. Если этот подход принесет плоды, позже станет возможным интегрировать новое понимание в сложившуюся систему знаний об устройстве Вселенной.

Учитывая все вышесказанное, логичным кажется следующее предположение: а что, если антиматерии вовсе не было меньше, чем обычной, что она существует по сей день и просто скрывается там, где мы ее не видим? Это предположение не только заслуживает внимания, но и получило проверку. Если антиматерия встретится с обычной материей где-то в глубинах космоса, при их аннигиляции выделится характерное излучение. Ученые пытались обнаружить фотоны, потенциально порожденные такими событиями — но ни один телескоп не смог зарегистрировать ничего подобного.

Кроме того, мы составили и детально изучили фотографию Вселенной на самых ранних этапах ее эволюции — карту реликтового микроволнового излучения, возникшего, как только сформировались первые нейтральные атомы, сделав пространство прозрачным для света. Если бы существовали регионы массового скопления антиматерии, на этой карте были бы видны изменения плотности фотонов, обусловленные ее аннигиляцией с материей. Есть и другое следствие встречи антиподов, которое могла бы отражать карта реликтового излучения — ведь аннигиляция происходит с выделением огромного количества энергии. Используя теоретические данные, космологи могут предсказать, каким образом в таком случае выглядела бы «фотография» юной Вселенной, а потом сравнить ее с результатами, полученными экспериментально. Тем не менее, пока с помощью подобных методов в космосе не было обнаружено значительных скоплений антивещества.

Но что, если антиматерия присутствует не в форме

▼ Карта флуктуаций температуры реликтового микроволнового фона. В этих флуктуациях ученые пытались обнаружить «следы» аннигиляции значительных масс антиматерии, произошедшей уже после отделения излучения от вещества.





▲ Ферменная конструкция МКС, сфотографированная членами экипажа шаттла Endeavour (миссия STS-134), пристыкованного к станции. Левее и выше центра виден магнитный альфа-спектрометр AMS.

огромных залежей, а в виде компактных скоплений, и поэтому нам не удастся ее засечь? Могут ли существовать звезды из антиматерии, извергающие потоки античастиц? Может быть, она как-то связана с таинственной темной материей, которая служит своеобразным «клеем», удерживающим галактики от разрушения? Один из способов обнаружить такие небольшие «антиматериальные объекты» заключается в попытке выявить испущенные ими частицы.

Нам известно, что существует множество источников космических лучей, которые, достигая газовой оболочки нашей планеты, активно взаимодействуют с ней, порождая потоки частиц и античастиц на пути к поверхности Земли. Очевидно, изучая результаты этих множественных взаимодействий и преобразований, иногда очень сложно восстановить картину событий и сказать наверняка, что же породило полученный набор данных — материя или

антиматерия. Возможно, когда-нибудь мы придумаем способ это сделать.

Чтобы быть абсолютно уверенными, необходимо изучать космические лучи непосредственно в космосе — до того, как они вступят в контакт с земной атмосферой. К счастью, у нас есть экспериментальная площадка, где ведутся именно такие исследования. Устройство, предоставляющее возможность изучения космических лучей, которые пронизывают открытый космос, называется «магнитный альфа-спектрометр», или AMS. Этот прибор установлен на борту Международной космической станции и вот уже 5 лет из 20 запланированных регистрирует и классифицирует высокоэнергетические частицы, заполняющие космическое пространство. Внутри альфа-спектрометра находятся детекторы, позволяющие определять, к какому виду относятся зарегистрированные частицы и какой энергией они обладают, а также каков их

электрический заряд, что дает возможность отнести частицу к материи либо антиматерии. Одна из задач AMS заключается в подсчете количества частиц обоих видов.

Ожидается, что детектором будет зарегистрировано некоторое количество антивещества, возникшего в результате привычных физических процессов — например, при столкновении высокоэнергетических протонов с межзвездной пылью и газом могут образовываться частицы как материи, так и антиматерии. При этом в пропорциональном соотношении последней должно быть больше при низких энергиях, а при высоких энергиях ее количество начнет уступать обычной материи. Именно это изменение баланса при возрастании энергии частиц вызывает живой интерес у ученых.

Существует несколько видов событий, вследствие которых могут появляться высокоэнергетические античастицы. Считается, что одним

из них может быть аннигиляция темной материи, поскольку ее частицы предположительно обладают чрезвычайно большой массой, и соответственно при их аннигиляции должно выделяться колоссальное количество энергии. Обнаружение признаков таких событий многое сказало бы нам и о характере самой антиматерии, и о местах во Вселенной, где следует ее искать.

Высокоэнергетические античастицы также могут образовываться при более тривиальных астрофизических процессах. Например, пульсары, вращающиеся с огромной скоростью, разгоняют частицы своими невероятно мощными магнитными полями, благодаря чему они могут вырываться в открытый космос с колоссальной энергией.

В декабре прошлого года были получены и проанализированы последние экспериментальные данные, касающиеся электронов и позитронов, зарегистрированных AMS. С одной стороны,

результаты свидетельствуют об однозначном наличии антиматерии в современной Вселенной... но, с другой стороны, количество ее несоизмеримо меньше, чем обычной.

Примечательно в этих результатах то, что доля антиматерии при более высоких энергиях оказалась больше ожидаемой. Такой неожиданный вывод озадачил ученых и вызвал у них желание сопоставить полученные данные с теоретическими предсказаниями поведения темной материи: может ли эта таинственная субстанция оказаться ответственной за такие последствия? Оказалось, что теория потрясающим образом согласуется с экспериментальными данными. Открытым остается лишь вопрос точности измерений AMS: достаточна ли она, чтобы установить источник антиматерии — является ли им темная материя или же менее экзотические объекты (такие, как пульсары)? Для того, чтобы понять, как правильно интерпретировать имеющиеся данные, необходимо продолжать наблюдения в течение длительного времени и проанализировать более значительные массивы информации. Таким образом, пока у нас недостаточно оснований, чтобы делать однозначные выводы, но уже получены определенные свидетельства в пользу существующих теорий об источниках антиматерии.

Космос — не единственное место, где можно вести подобные исследования. Помимо естественных источников антиматерии, существуют и созданные человеком — например, в Европейской лаборатории физики частиц в CERN, где подход к изучению вопроса немного иной. В частности, там антиматерию исследуют с помощью устройства, именуемого «замедлителем антипротонов». Специальная установка позволяет создавать антипротоны и объединять их с позитронами в атомы антиводорода. После этого производятся все воз-



▲ Антипротонный замедлитель в накопительном кольце лаборатории CERN в пригородах Женевы используется для синтеза антиводорода.

можные измерения, результаты которых используют для сравнения с хорошо известными соответствующими показателями обычного водорода.

Одна из основных проблем, связанных с изучением антиматерии, заключается в ее характерной черте — моментальной аннигиляции при контакте с любой обычной материей. Куда же можно поместить вновь созданный атом антиводорода, если все наши контейнеры и оборудование состоят из материи? Для этой цели в CERN используют замысловатую технологию, основанную на том факте, что атом (и антиатом) имеет слабый магнитный момент, позволяющий удерживать его в подвешенном состоянии путем помещения в мощное магнитное поле в вакууме. И пока антиатом не столкнется с молекулой воздуха или стенками контейнера, ученые получают возможность провести необходимые измерения. В настоящее время ведутся работы по усовершенствованию этой технологии и разрабатываются программы исследований, которые планируют производить таким способом.

Вопросы, которые предстоит изучить, в частности, включают следующие: что происходит с антиматерией под действием гравитации? Падает ли она вниз, как обычная, или, наоборот, «воспаряет»? На данный момент мы не знаем этого наверняка — ответ предстоит

найти экспериментальным путем. Пока предполагается, что верен первый вариант.

Еще одна работа, опубликованная по результатам исследований, касалась структуры антиводорода. Пока она представляется аналогичной структуре обычного атома: позитрон, обращающийся вокруг антипротона, имеет такую же энергию, как обычный электрон на орбите вокруг ядра простого водорода.

Хочу обратить внимание на то, что работы, которые я упомянула — лишь первые шаги, фундамент для будущих исследований. Оборудование постоянно совершенствуется, технологии и методы дорабатываются, а значит, в будущем нас ждет множество захватывающих и неожиданных открытий касательно природы антиматерии.

Еще больше новых знаний об этой экзотической субстанции удалось получить в результате проведения одного эксперимента, предметом которого были не антиатомы, а элементарные античастицы. Исследование проводилось с помощью Большого адронного коллайдера — самого мощного ускорителя частиц, имеющегося в распоряжении CERN. Эта установка представляет собой огромную трубу длиной 27 км, замкнутую в кольцо, внутри которой пучки протонов (или более тяжелых ионов) разгоняются в противоположных направлениях

практически до скорости света. При этом они сталкиваются между собой в четырех точках на своем пути, где расположены наши детекторы. Подобные эксперименты дают надежду на то, что нам удастся приоткрыть завесу тайны, ведь они позволяют — на крохотную долю секунды и в невообразимо малых масштабах — восстановить температуры и плотности, имевшие место на заре времени, первые мгновения жизни нашей Вселенной.

Такие столкновения порождают изобилие частиц и античастиц, последний раз существовавшее около 14 млрд лет назад, и дают нам уникальный шанс детально изучить их. Для этих целей мы используем детекторы, которые работают подобно гигантским трехмерным цифровым фотокамерам, позволяющим запечатлеть все продукты столкновений, измерить энергию, с которой они разлетаются, и зарегистрировать элементы, на которые они вскоре распадаются. Используя эту информацию, мы можем воссоздать картину события и определить, какие виды частиц возникли при ударе протона о протон.

В момент столкновения количество порожденной им материи равно количеству антиматерии. Однако к тому моменту, когда наши детекторы засекут его результат — например, «осколок» в виде нижнего кварка или другой частицы — какое-то незначительное время, миллионная доля секунды уже пройдет. Проанализировав количество материи и антиматерии в этот следующий момент, мы сможем определить, чего осталось больше, произошло ли нарушение баланса. Исходя из полученных данных, похоже, что он действительно нарушается.

В ходе эксперимента наблюдаются определенные виды частиц, обладающие собственной характерной «подписью», которая позволяет выделить их среди других.

Как я уже упоминала, в момент столкновения производится одинаковое количество материи и антиматерии — а вот во время замера, спустя несказанно малые доли секунды, материи регистрируется значительно больше. Аналогичные выводы получены при проведении множества других исследований, в том числе и при наблюдениях иных видов частиц. Таким образом, эксперименты, которые проводятся в CERN, помогают углубить наше понимание природы антиматерии на уровне элементарных частиц.

Что же все это означает? Если помните, я говорила, что наши теории не дают объяснений, в чем же заключается разница между материей и антиматерией, обуславливающая такое различие в их количестве. Чтобы интерпретировать результаты исследований, необходима соответствующая теоретическая парадигма, позволяющая вписать в нее экспериментально полученные данные. Это значит, что существующую теорию необходимо модифицировать таким образом, чтобы она учитывала отличия между материей и антиматерией, приводящие к фактически

наблюдаемым показателям. Чтобы добиться этого, мы использовали, признаюсь, далеко не самое элегантное решение, и ввели в нашу теорию всего одно число, отвечающее за различия между видами материи.

Идея заключается в следующем: если мы измерим различия между материей и антиматерией, то сможем сравнить полученные данные с теоретическими предсказаниями. Стоит отметить, что мы не имеем возможности предсказать их различия точно, поскольку упомянутое число нам неизвестно. Однако, сопоставив фактически наблюдаемые результаты с предсказанием, мы могли бы получить его приблизительное значение. Подобную процедуру нужно проделать не только для одного, а для нескольких видов измерений, и, сравнив результаты с теоретическим прогнозом, получить еще одно примерное значение неизвестного числа... Следуя этой методике и проведя множество аналогичных расчетов, мы сможем сравнить полученные приблизительные значения и проанализировать, насколько результаты согласуются друг с другом.

Выполнив описанные операции, мы получили область на графике, где кривые результатов различных экспериментов пересекаются. Это означает, что существует некий параметр, объясняющий различия между материей и антиматерией. Если учесть его в нашей теории, она получит возможность объяснить все имеющиеся наблюдательные данные. Это поистине удивительно — ведь, несмотря на то, что мы не имеем четкого представления о природе антиматерии, похоже, мы сумели отыскать действенный способ с точностью описать и предсказать ее поведение.

В современной космологии уже имеются теории, позволяющие сделать оценку количества вещества во Вселенной. Наши успехи в поиске описания характера антиматерии могут быть использованы, чтобы «отмотать» назад время в рамках таких теорий и узнать, сколько же ее было при зарождении нашего мира. Результаты таких теоретических изысканий говорят о том, что галактики из антиматерии вряд ли существуют — количество ее, скорее всего, слишком мало.

Таким образом, самый очевидный вывод, к которому мы пришли в ходе наших экспериментов — мы совершенно не понимаем природы антиматерии. На текущем уровне изученности субатомной Вселенной мы не можем дать объяснения ее поведению. Однако такой результат тоже можно считать вдохновляющим: это означает лишь то, что ответ содержится не в уже известных данных, а в новой физике, которую еще предстоит открыть.

Эксперименты, о которых я рассказала — лишь эпизоды из огромного множества исследований, ведущихся в этой области. Важно и то, что некоторые из наших данных указывают на возможную связь антиматерии и темной материи. Надеюсь, уже в недалеком будущем удастся подтвердить или опровергнуть эту гипотезу, а может быть, даже получить прямые доказательства верности такого варианта объяснения природы экзотических форм материи. Уверена, что результаты не заставят себя ждать, и в ближайшие десятилетия мы сможем приоткрыть завесу тайны, окутывающей многие наиболее фундаментальные вопросы устройства Вселенной.

WWW.3PLANETA.COM.UA

STAR WARS

METAL EARTH
СБОРНЫЕ 3D-МОДЕЛИ

R2-D2

MILLENNIUM FALCON

Darth Vader's TIE FIGHTER

AT-AT

Представляем новую серию

Новые интриги вокруг Стандартной модели

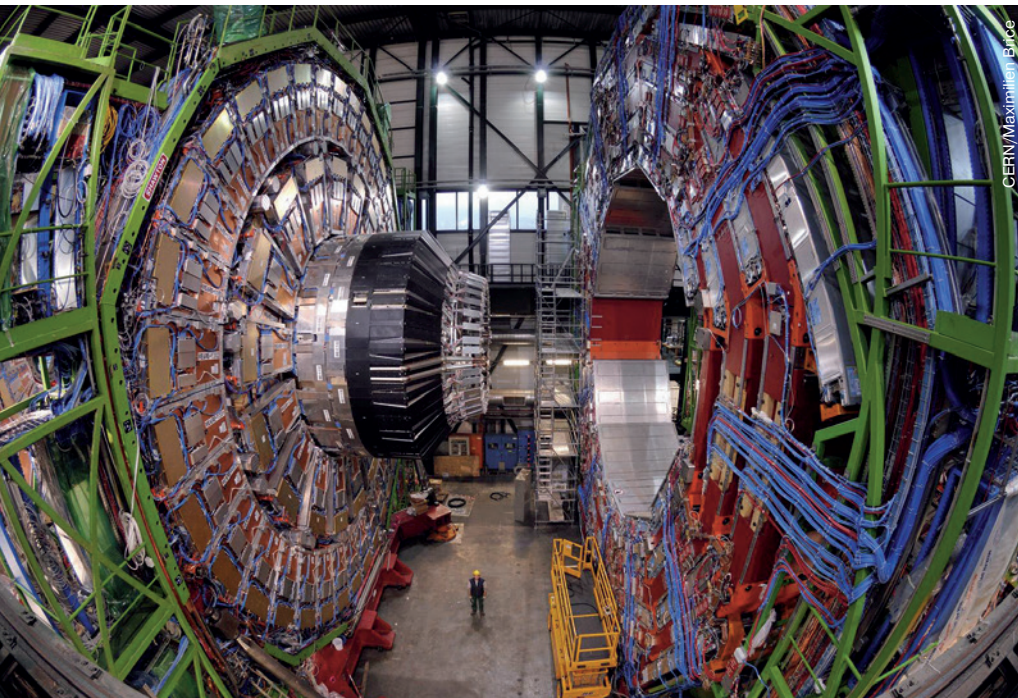
Когда в 2012 г. в ходе экспериментов на Большом адронном коллайдере (LHC)¹ — наиболее сложном и совершенном ускорительном комплексе, построенном в Европейском центре ядерных исследований (CERN) — было подтверждено существование бозона Хиггса,² большинство ученых восприняло это как очередной триумф Стандартной модели. Хотя раздавались и осторожные голоса, что на самом деле все не столь однозначно и, возможно, эта модель требует серьезного пересмотра.

столкновений возникают неизвестные частицы, которые распадаются слишком «нестандартным» образом, отличающимся от предсказанного Стандартной моделью. Пока ученые не исключают, что полученные результаты могут быть просто случайностью, но с тем же успехом они способны стать указанием на «новую физику». Окончательно разрешить эту дилемму должны дальнейшие эксперименты.

Исследователи обнаружили, что субатомные частицы, получившие обозначение « W^0 -мезоны», распадаются не так, как

частицы — это значит, что ученые открыли неизвестные ранее «строительные блоки» материи, на которые лептонная универсальность почему-то не распространяется. Возможно, на самом деле она не настолько универсальна? С другой стороны, о полном пересмотре Стандартной модели речи не идет. Для окончательного заключения необходимы дополнительные данные и эксперименты. В отчете CERN уточняется, что расхождение с моделью происходит на уровне 2,2-2,5 σ , чего явно недостаточно для окончательных выводов (напомним, что существование бозона Хиггса сочли доказанным после достижения уровня достоверности в 4,5 σ). Это подразумевает статистически значимую вероятность того, что полученные результаты на самом деле не указывают на новую физику и являются просто случайным отклонением.

Строго говоря, солидная часть экспериментов на LHC предпринимается для «критических проверок» устоявшихся представлений и кажущихся незыблемыми закономерностей. В этом и заключается научный метод познания. Именно такой «встряской» для ученых стали данные о необычном поведении W^0 -мезонов. Некоторые объекты — особенно субатомные — ведут себя не так, как должны согласно Стандартной модели. Это требует совершенствования других моделей и теорий — таких, как квантовая физика. В наши дни наилучшими технологиями для подобных проверок являются ускорители элементарных частиц (в первую очередь LHC) и эксперименты на Международной космической станции. Поэтому, несмотря на высокую стоимость обслуживания и операционного времени, работы на коллайдерах будут продолжаться с участием все большего количества специалистов.



И вот уникальный научный инструмент, похоже, преподнес исследователям очередной сюрприз. Недавно сотрудники рабочей группы LHC сообщили о том, что в ходе высокоэнергетических протонных

это предсказывает наше современное понимание физики частиц, а именно — в их случае не работает принцип, называемый «универсальностью лептонов».

Сотрудница CERN Фрейя Блекман (Freya Blekman) считает, что в ходе экспериментов могли быть обнаружены новые

¹ ВПВ №9, 2008, стр. 25; №12, 2009, стр. 6
² ВПВ №7, 2012, стр. 20

РЕКОМЕНДУЕМ!



C094. Карл Саган. «Миллиарды и миллиарды. Размышления о жизни и смерти»

Это последняя книга известного астронома и популяризатора науки Карла Сагана. В свойственной ему доходчивой и наглядной манере ученый показывает, как знания в области естественных наук и математики применяются в нашей повседневной жизни, а также рассматривает важнейшие проблемы, связанные с окружающей средой и будущим человечества. Сфера его интересов широка и разнообразна: он легко переходит от вопроса изобретения шахмат к возможности жизни на Марсе, от истоков нашего пристрастия к футболу к взаимоотношениям между США и Россией, от глобального потепления к дебатам о праве женщины на аборт.



W040. Фрэнк Вильчек. «Красота физики. Постигая устройство природы»

Верно ли, что красота правит миром? Этим вопросом на протяжении всей истории человечества задавались и мыслители, и художники, и ученые. На страницах великолепно иллюстрированной книги своими размышлениями о красоте Вселенной и научных идей делится нобелевский лауреат Фрэнк Вильчек. Шаг за шагом, начиная с представлений греческих философов и заканчивая современной Большой теорией объединения взаимодействий (а также направлениями ее вероятного развития), автор показывает лежащие в основе физических концепций идеи красоты и симметрии.

Полный перечень книг, наличие, цены www.3planeta.com.ua
или по телефону (067) 215-00-22

Источник антиматерии в центре Млечного Пути

После того, как ученые поняли, что во Вселенной осталось ничтожно мало реликтовой антиматерии (сохранившейся со времен Большого Взрыва), они не прекратили попыток ее найти. Самым надежным способом это сделать считается гамма-астрономия — наблюдения небесной сферы в наиболее высокоэнергетической части электромагнитного спектра.¹ Как и в случае с рентгеновской астрономией, эффективнее всего такие наблюдения можно вести с помощью орбитальных телескопов, которым не мешает «фильтр» в виде земной атмосферы. Предполагалось, что характерное излучение, возникающее при аннигиляции античастиц с обычным веществом, удастся уловить из областей с наименьшей концентрацией последнего, где теоретически могла остаться антиматерия, «не успевшая» проаннигилировать за 13,8 млрд лет существования нашего мира.

Тем большим было удивление астрономов, когда первые специализированные космические миссии обна-

ружили поток высокоэнергетических фотонов из центра нашей Галактики — области пространства, где концентрация «нормальной» материи весьма высока. Очевидно, в данном случае речь идет не о реликте времен ранней Вселенной: судя по всему, где-то в ядре Млечного Пути существует (или недавно существовал) источник большого количества античастиц. «Под подозрение» сразу попала сверхмассивная черная дыра, находящаяся как раз в этом регионе.² Однако дальнейшее компьютерное моделирование показало, что требуемого эффекта она произвести не способна. Примерно так же пришлось исключить из списка «виновников» и таинственную темную материю. И вот, похоже, наблюдаемую картину удалось объяснить команде ученых из нескольких научных организаций Европы, Новой Зеландии, Австралии и США под руководством Роланда Крокера из Австралийского национального университета (Roland Crocker, Australian National University, Canberra, Australia).

² ВПВ №12, 2005, стр. 14; №10, 2008, стр. 13

▲ Композитное изображение центрального региона галактики Млечный Путь, составленное из снимков, полученных в различных диапазонах электромагнитного спектра.

В своих предположениях исследователи исходили из факта сравнительно высокой плотности вещества в галактическом центре. В таких условиях там должны часто образовываться двойные системы из белых карликов — остатков звезд с массой не более двух солнечных, завершивших свой активный жизненный цикл. Эти карлики обращаются вокруг общего центра масс по очень тесным орбитам и постепенно сближаются, теряя кинетическую энергию благодаря излучению гравитационных волн.³ В конце концов, они сталкиваются, и суммарная масса образовавшегося тела становится заметно больше предела Чандрасекара (1,4 массы Солнца) — это значит, что гелий, из которого они в основном состоят, под действием дальнейшего сжатия вступает в быстротекущие реакции термоядерного синтеза более тяжелых элементов с выделением огромного количества энергии. Со стороны такое событие наблюдается как вспышка Сверхновой.

³ ВПВ №6, 2015, стр. 10; №2, 2016, стр. 16

Энергия, выделяемая при такой вспышке, настолько велика, что приводит к образованию множества пар «частица-античастица». Они не успевают сразу проаннигилировать, а мощная ударная волна от взрыва звезды выбрасывает их далеко в межзвездное пространство, где в основном и происходит аннигиляция с испусканием наблюдаемого гамма-излучения.

Предложенная гипотеза не только хорошо вписывается в современные представления о высокоэнергетических процессах, но и предоставляет дополнительный инструмент для изучения условий в одной из наиболее загадочных областей Млечного Пути, недоступной для наблюдений в оптическом диапазоне из-за скрывающих ее облаков галактической пыли. По всей видимости, там достаточно велика популяция двойных систем, состоящих из старых солнцеподобных звезд, уже почти исчерпавших свое водородно-гелиевое термоядерное «горючее» и приближающихся к стадии белых карликов.

M106 с беспрецедентными деталями

Спиральная галактика M106 — один из самых необычных объектов этого класса в каталоге Мессье. Открыл ее в 1781 г. известный французский «охотник за кометами» Пьер Мешен (Pierre Méchain) и, согласно архивным данным, сообщил о ней своему «коллеге» Шарлю Мессье, который не успел включить ее в свой основной список, и M106 была добавлена в «классический» каталог позже, уже в XX веке. По современным оценкам, эта звездная система, видимая в созвездии Большой Медведицы, находится на расстоянии более 22 млн световых лет.

Недавно на сайте орбитальной обсерватории Hubble¹ появилось новое изображение M106, составленное с использованием снимков любителей астрономии Роберта Гендлера и Джея Габани (Robert Gendler, Jay GaBany). На нем можно заметить несколько «секретов», которые скрывает эта галактика, на первый взгляд кажущаяся вполне обычной — похожей на другие системы аналогичного типа. В ее центре — как и в «сердце» нашего Млечного Пути — есть сверхмассивная черная дыра, однако в данном случае она особенно активна, с большой интенсивностью поглощая окружающий ее материал. По мере того, как вещество опускается по спирали к черной дыре, оно разгоняется до огромных скоростей, разогревается и превращается в раскаленный газ, испускающий мощное высокоэнергетическое излучение. Интересно, что околоядерная область M106 излучает также в микроволновом диапазоне, причем здесь «работает» процесс, в чем-то похожий на механизм генерации когерентного излучения в лазерах.²

Еще одна поразительная особенность галактики — то, что вместо двух спиральных ветвей (присутствующих в подавляющем большинстве подобных систем) она имеет четыре. «Дополнительная» вторая пара рукавов в видимой части спектра наблюдается как слабые газовые потоки, однако на изображениях, полученных в рентгеновском или радиодиапазоне, они заметны вполне отчетливо. Причина этого понятна: «призрачные» рукава состоят из горячего газа и почти не содержат звезд. Их происхождение до недавнего времени оставалось необъяснимым. Астрономы полагают, что эти структуры, как и «микроволновый лазер» M106, связаны с активной черной дырой в ее центре. По-видимому, вещество не только падает на нее, но и частично выбрасывается из ее окрестностей на расстояния, сравнимые с радиусом галактики.

Когда массы горячего газа проходят через более холодную галактическую материю, они нагревают и «разрыхляют» ее, что, в свою очередь, заставляет более плотный газ в главной плоскости M106 ярко светиться в видимом диапазоне. Вдали от этой плоскости газовые потоки проникают на большее расстояние, создавая удивительные «ветви».

Астроном-любитель Роберт Гендлер использовал архивные изображения телескопа Hubble для сборки мозаики центра M106 (фотографирование велось в разное время камерами WFPC2, WFC3 и ACS). Затем на основании своих снимков, сделанных с помощью 12,5-дюймового телескопа в удаленной от источников засветки местности штата Нью-Мексико, а также работ своего коллеги Джея Габани он получил данные для «заполнения» пробелов, имевшихся на фотографиях орбитальной обсерватории. Гендлер является призером конкурса «Скрытые сокровища Хаббла» (Hubble's Hidden Treasures), на который все желающие могут присылать результаты собственной обработки снимков, сделанных в разное время легендарным космическим телескопом и выложенных в публичный доступ.

¹ ВПВ №10, 2008, стр. 4; №2-3, 2013, стр. 5

² ВПВ №5, 2006, стр. 30; №6, 2006, стр. 38



«Холодное пятно» — след столкновения вселенных?

На первых этапах своей эволюции Вселенная была заполнена горячей плазмой, состоявшей в основном из электронов, протонов, нейтронов, а также постоянно излучаемых, поглощаемых, и вновь переизлучаемых фотонов. Примерно через 380 тыс. лет после Большого Взрыва температура вещества снизилась до 3 тыс. градусов Кельвина (около 2700 °С), сделав возможным образование нейтральных атомов водорода. Таким образом, из плазмы, непрозрачной для электромагнитного излучения, материя перешла в газообразное состояние, и фотоны получили возможность свободно перемещаться в пространстве. В этот момент сформировалось нечто вроде «светового эха», которое мы можем наблюдать в наши дни в виде микроволнового фона, также известного как реликтовое излучение. Это самый древний объект во Вселенной, доступный наблюдениям.¹

В целом реликтовое излучение отличается высокой степенью изотропности, то есть оно практически однородно по всем направлениям. Но, тем не менее, местами в нем встречаются аномалии. Самая крупная из них известна как «Холодное реликтовое пятно». Так называется

область в созвездии Эридана, которая на 150 μK (миллионных долей градуса Кельвина) холоднее, чем соседние регионы. Цифра кажется микроскопической, но следует помнить, что средняя величина колебаний температуры реликтового фона составляет около 18 μK .

Наиболее популярная теория объясняет температурную аномалию существованием супервойда — огромного региона протяженностью в 1,8 млрд световых лет, почти лишенного галактик и вообще видимой материи.² Однако группа исследователей из Университета Дарема в Великобритании (University of Durham, United Kingdom) поставила под сомнение данное утверждение и проанализировала красное смещение 6 879 галактик на этом участке неба. Выяснилось, что их распределение вполне традиционно для Вселенной: «звездные острова» сгруппированы в продолговатые скопления, разделенные войдами (областями, в которых содержание видимой материи заметно ниже среднего). Поэтому астрономам пришлось искать другое объяснение феномену Холодного пятна.

По словам ученых, пока они не могут полностью исключить версию того, что эта

аномалия представляет собой случайную флуктуацию, которую можно было бы объяснить в рамках Стандартной модели. Как показали результаты компьютерного моделирования, вероятность подобного сценария составляет около 2%.

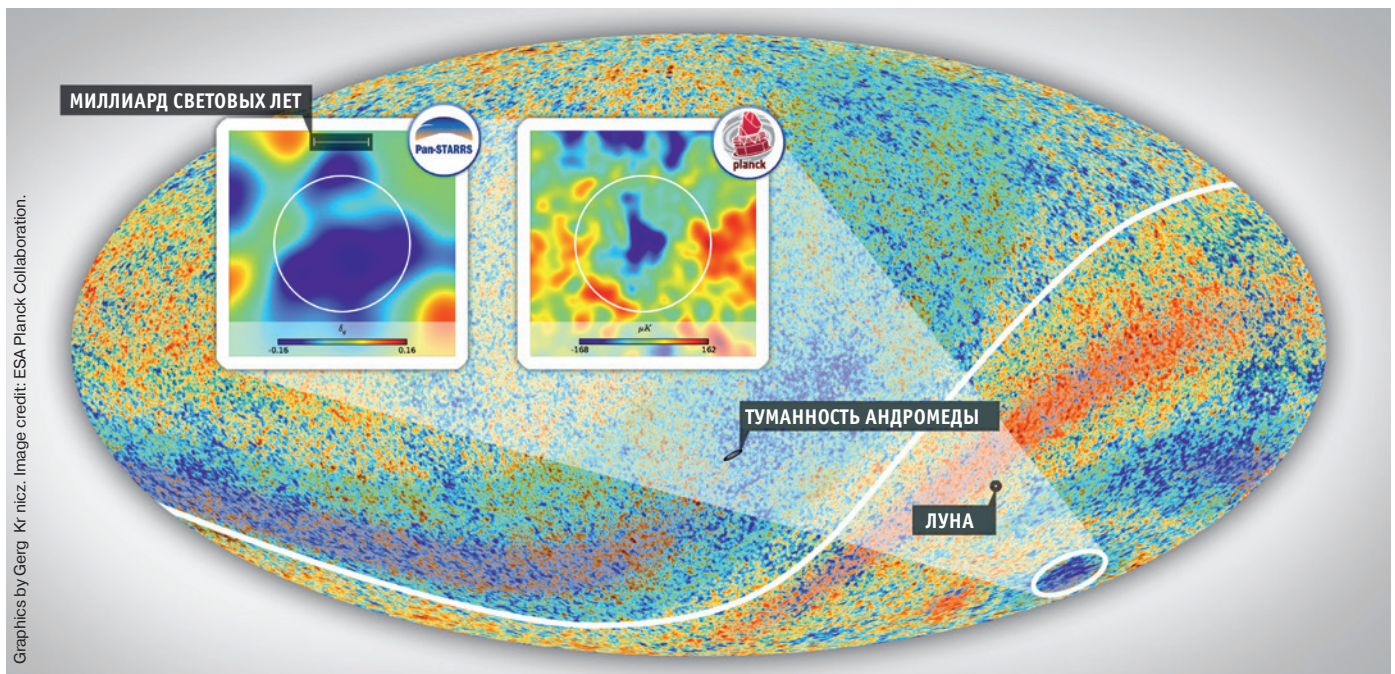
Если же «стандартные» объяснения окажутся бессильными — исследователям придется обратиться к более экзотическим версиям. Наиболее захватывающая из них заключается в том, что Холодное пятно может быть «следом» от столкновения с иной Вселенной. Эта идея исходит из концепции так называемой Мультивселенной (Multiverse), согласно которой мы живем лишь в одном из многочисленных миров, раздувающихся, словно мыльные пузыри, в 10-мерном пространстве.³

Многие ученые считают, что идея Мультивселенной в принципе не является научной, поскольку ее невозможно доказать с помощью каких-либо экспериментов или наблюдательных данных. Но если следы взаимодействия разных вселенных действительно удастся найти в реликтовом излучении, это не только подведет под экзотическую концепцию солидную доказательную базу, но и в целом станет одним из важнейших открытий в истории науки.

¹ ВПВ №4, 2010, стр. 4; №5, 2010, стр. 4

² ВПВ №6, 2016, стр. 4

³ ВПВ №6, 2011, стр. 6



▲ Холодное пятно наблюдается в южном полушарии небесной сферы, в направлении созвездия Эридана. На врезках в условных цветах показаны окрестности этой аномалии, сфотографированные в оптическом диапазоне телескопом обзора PanSTARRS (обсерватория Халеакала, Гавайские острова) и в инфракрасном — орбитальным телескопом WISE. Основная карта составлена по данным наблюдений в микроволновом диапазоне, которые велись в 2009–2013 гг. европейским космическим аппаратом Planck (ВПВ №5, 2013, стр. 4). Белой линией справа и внизу нанесены примерные границы предполагаемого супервойда, имеющего видимый размер около 30°: как считалось ранее, эта структура непосредственно связана с Холодным пятном.

Звезда Тэбби снова потускнела

Звезда KIC 8462852, также известная под неофициальным именем «звезда Тэбби», по праву считается одной из главных астрономических загадок последнего времени.¹ Это на первый взгляд ничем не примечательное светило расположено на расстоянии примерно 1300 световых лет. По массе оно превышает Солнце в 1,4 раза, а по светимости — в 4,6 раз. Возраст этой звезды пока не определен, но астрономы считают, что она уже давно вышла из стадии «звездных яслей».

KIC 8462852 обрела всемирную известность в 2015 г. после публикации, сделанной группой астрономов из Университета штата Луизиана во главе с Табетой Бояджян (Tabetha Boyajian, Louisiana State University). Проанализировав данные телескопа Kepler,² исследователи обнаружили, что эта звезда нерегулярно и необъяснимым образом меняет свой блеск. KIC 846285 тускнела на 15% и даже на 22%, что значительно больше «провалов» кривой блеска в результате затмений, которые может вызвать транзит даже самой большой экзопланеты. Кроме того, падения яркости регистрировались на протяжении различных промежутков времени (от нескольких недель до нескольких месяцев) и имели сложную форму. Это подтверждает, что они были вызваны не планетными транзитами, а какими-то другими факторами.

После публикации за KIC 8462852 было установлено регулярное наблюдение. И вот 19 мая она вновь начала тускнеть. Когда об этом стало известно, на звезду нацелилась настоящая армада телескопов. В их числе — 10-метровые рефлекторы Кекк I и II обсерватории Мауна Кеа на Гавайях, телескоп Хобби-Эберли обсерватории Макдональда, Боль-



шой бинокулярный телескоп обсерватории Маунт-Грэм, радиотелескоп Грин-Бэнк и антенный массив Алена Института SETI.

Новое затмение оказалось не таким сильным и продолжительным, как предыдущие. Яркость звезды уменьшилась примерно на 3% и уже 22 мая вернулась практически к прежним значениям. Но его нерегулярность и форма кривой блеска все равно оставили множество вопросов.

Астрономы выдвинули немало гипотез, объясняющих хаотичные изменения яркости KIC 8462852 — например, прохождение перед звездой роя комет, столкновение тел в ее астероидном поясе, наличие в системе планетезималей («зародышей» планет), окруженных облаками пыли, недавнее уничтожение звездой

планетоподобного объекта и даже строительство вокруг нее искусственных астросооружений вроде сферы Дайсона.

Согласно одной из наиболее перспективных версий, затмения могут быть вызваны облаком обломков, которые образовались во время недавно произошедшего в системе столкновения планеты с каким-то крупным телом — своеобразного аналога мегаимпакта, некогда приведшего к образованию Луны. В оригинальной публикации группы Табеты Бояджян говорится, что такое столкновение могло произойти где-то в период с июня 2010 по март 2011 г., а следующее вызванное им потускнение звезды должно было наблюдаться как раз в мае этого года. Тот факт, что оно состоялось в назначенный срок, является достаточно веским аргументом в пользу этой теории.

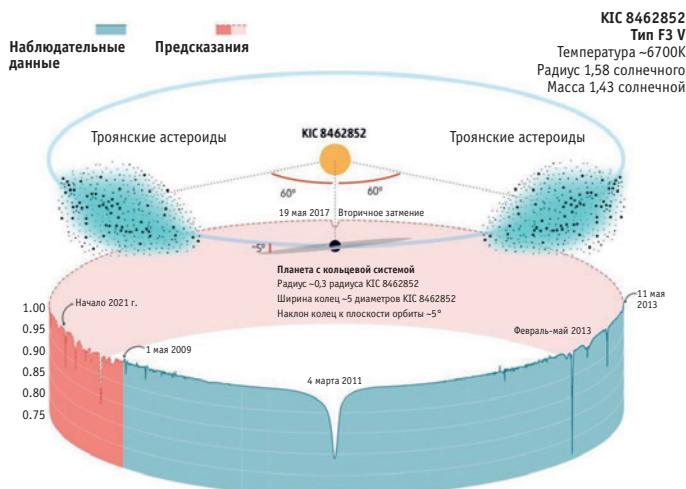
В то же время у версии недавнего столкновения есть и свои минусы: астрономам пока не удалось найти избытка инфракрасного излучения, приходящего от системы KIC 8462852, который бы подтвердил присутствие на орбитах вокруг нее большого количества обломков и пыли.

Также нужно отметить, что динамика изменений светимости звезды Тэбби остается предметом достаточно серьезных научных споров. В начале 2016 г. астроном Брэдли Шефер (Bradley Schaefer) опубликовал результаты анализа старых фотопластинок, снятых в период с 1890-х по 1980-е годы и запечатлевших KIC 8462852. Согласно его выводам, за столетие с небольшим этот объект необъяснимым образом потускнел на целых 20%. Если данные Шефера верны, они противоречат теории о совсем недавнем столкновении в системе. Однако далеко не все ученые согласны с выводами о вековом ослаблении звезды, аргументируя свои возражения тем, что Шефер неправильно откалибровал старинные снимки и не учел изменений, произошедших в методиках астрофотографии в течение XX века.

В то же время, согласно другому исследованию, опирающемуся уже на современные данные телескопа Kepler, за период с 2009 по 2013 г. «базовая» яркость KIC 8462852, от которой ведется отсчет ее затмений, уменьшилась почти на 3%, после чего потускнение практически прекратилось. В принципе, эти результаты можно интерпретировать в пользу версии группы Табеты Бояджян.

Таким образом, у научного сообщества до сих пор нет единой теории, надежно объясняющей изменения светимости KIC 8462852. Возможно, ее наблюдения, сделанные во время недавнего затмения, помогут, наконец, раскрыть тайну этой необычной звезды.

▼ Среди последних объяснений динамики блеска звезды Тэбби появилась гипотеза о том, что их вызывает гигантская планета с огромной кольцевой системой и большим количеством астероидов-тройяцев в точках Лагранжа на планетной орбите.



¹ ВПВ №5, 2016, стр. 4
² ВПВ №3, 2009, стр. 13;
№2-3, 2013, стр. 12

ПЛУТОН И ДРУГИЕ ОБЪЕКТЫ ПОЯСА КОЙПЕРА

Скотт Шеппард
Институт Карнеги, Вашингтон, США

Scott Sheppard
Carnegie Institution for Science (Washington, USA)
Pluto and the Kuiper Belt of objects beyond Neptune

Доклад прочитан 10 февраля 2017 г. на Астрофесте
(Кенсингтон, Лондон), переведен и публикуется
с любезного согласия автора

Перевод: Валерия Ковеза
Редакторы перевода: Сергей Гордиенко, Владимир Манько

Северный полярный регион
Плутона, сфотографированный
космическим аппаратом
New Horizons (NASA) с расстояния
около 34 тыс. км с разрешением
680 м на пиксель. Полученные
изображения показали, что этот
далекий холодный мир на самом
деле весьма разнообразен и несет
следы сравнительно недавней
эндогенной активности.

Люси Грин, ведущая:

Основная специальность Скотта Шеппарда — изучение малых тел Солнечной системы: астероидов, комет, а также небольших ледяных спутников Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Но главный предмет его интереса — небесные тела, расположенные за непунианской орбитой. Именно об их исследованиях он сегодня нам расскажет. Теперь ученые знают многое о нашей планетной системе, а за орбитой Нептуна открыто множество объектов. Эти достижения стали возможными благодаря усовершенствованию технологий. В частности, аппарат *New Horizons* готовится к встрече с одним (а возможно, с несколькими) из этих далеких миров. Каменные и ледяные глыбы,

населяющие «задворки» Солнечной системы, могут поведать нам не только о процессах формирования планет, но и об их миграциях в прошлом. Именно эти вопросы активно изучает Скотт. После окончания Гавайского университета и получения докторской степени он работает в Институте Карнеги в Вашингтоне, специализируясь на ледяных и каменных малых небесных телах, расположенных в Поясе Койпера. О них он нам сейчас и расскажет. Пожалуйста, встречайте — доктор Скотт Шеппард.

Начиная рассказ о Поясе Койпера, невозможно не упомянуть о его самых близких крупных представителях — Плутоне и его главном спутнике Хароне.

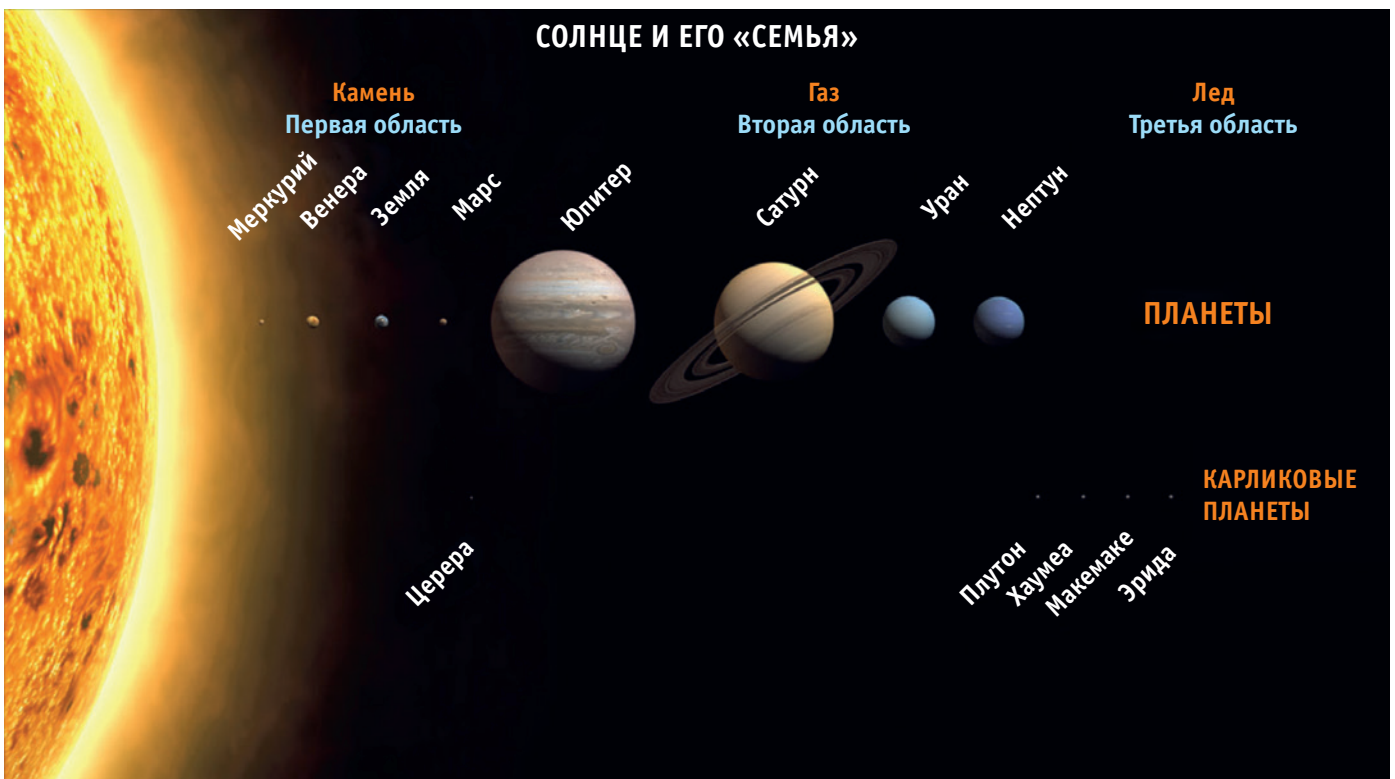
Скотт Шеппард родился в 1976 г. Степень бакалавра получил в колледже Оберлина (Oberlin College) в штате Огайо, магистерскую и докторскую



диссертации защитил в Гавайском университете. Изучал физические и динамические свойства малых тел Солнечной системы. Позже начал работать астрономом в отделе земного магнетизма Института Карнеги в Вашингтоне. Обнаружил более 70 спутников планет-гигантов (больше, чем кто-либо еще), причастен к открытию первого астероида-тройника в лагранжевой точке L_5 на орбите Нептуна и нескольких транснептуновых объектов, в том числе первого контактного бинарного койпероида и наиболее удаленного из уже известных спутников Солнца — 2012 VP113. Имя ученого носит астероид 17898 Scottsheppard и две кометы — Шеппарда-Трухильо (Sheppard-Trujillo) и Шеппарда-Толена (Sheppard-Tholen). В 2014 г. Шеппард вместе со своим коллегой Чедом Трухильо обратил внимание на сходство некоторых орбитальных элементов самых удаленных транснептуновых объектов. На этом основании было выдвинуто предположение о том, что вокруг Солнца на расстоянии свыше сотни астрономических единиц обращается «полноценная» планета, по массе, возможно, в несколько раз превышающая Землю.



▲ Млечный Путь над куполами обсерватории Лас Кампанас (Чили), на которой ведут наблюдения сотрудники Института Карнеги. Под «звездной дугой», непосредственно над телескопами — Большое и Малое Магеллановы Облака, ближайшие крупные галактики.



Для начала позвольте показать вам фотографию, на которой запечатлена наша галактика Млечный Путь, раскинувшаяся над телескопами, с помощью которых я выполняю значительную часть своей работы. Мы видим полосу, сотканную из слившегося воедино свечения множества звезд и туманностей, и темные пылевые облака, заслоняющие собой галактический центр. Каково же положение Солнца в нашем космическом доме?

▼ Два «пояса» малых тел в Солнечной системе



▲ Усыпанное звездами небо с ярким «конусом» зодиакального света освещает пустынный ландшафт плато Серро Паранал, где установлен Очень Большой Телескоп ESO (VLT). Зодиакальный свет представляет собой излучение Солнца, отраженное от частиц межпланетной пыли, образовавшейся при распаде комет и столкновениях астероидов.

Наше светило удалено от центра Галактики почти на две трети ее радиуса. Его планетную систему можно условно разделить на три области:



▲ Коллаж из фотографий Плутона (справа внизу) и Харона, полученных мультиспектральной камерой Ralph/MVIC (Multispectral Visual Imaging Camera) американского зонда New Horizons во время сближения с ними 14 июля 2015 г. Относительные размеры небесных тел выдержаны в одном масштабе, цвета и яркость воспроизводились в ходе компьютерной обработки с помощью одинаковых процедур и максимально соответствуют естественным. Заметно сходство оттенков необычной темной полярной шапки Харона и таких же темных приэкваториальных регионов Плутона.

внутреннюю часть, населенную каменными телами, область газовых гигантов и внешнюю — ледяную. Для измерения расстояний внутри Солнечной системы я буду использовать термин «астрономическая единица» (а.е.) — это среднее расстояние от Солнца до Земли.¹ Вместе с другими каменными «соседями» наша родная планета относится к первой области. Во второй, газовой области расположены планеты-гиганты, состоящие в основном из водорода и гелия. Я же изучаю объекты, относящиеся к третьей, внешней области, и сложенные, главным образом, из льда — водяного, метанового и аммиачного. Температура в этом регионе настолько низка, что вещества, которые мы привыкли видеть в газообразном состоянии, там замерзают. Известно, что во внешней области «обитает» несколько карликовых планет.

В Солнечной системе есть два региона, где сконцентрированы остатки материала, не вошедшего в состав больших планет во время их формирования. Первый регион, расположенный между орбитами Марса и Юпитера, называется Главным поясом астероидов и содержит преимущественно каменные тела. Второй регион — Пояс Койпера — находится за орбитой Нептуна и состоит в основном из ледяных глыб.

¹ Согласно современным данным, астрономическая единица равна 149 597 870 км — Прим. редакции

ПЛУТОН

Долгое время астрономы не знали практически ничего о внешней части Солнечной системы. В 1930 г. был открыт Плутон; кроме того, было известно, что кометы, вероятно, прилетают с далеких окраин «владений» Солнца. Но раньше мы не имели представления о том, каковы размеры этой области и из чего именно она состоит.

Самый крупный спутник Плутона — Харон — открыли в 1978 г. Плутон сам по себе невелик и к тому же находится очень далеко, поэтому на снимках наземных телескопов он выглядел крохотным размытым пятнышком. Однако ученые заметили, что на его изображении имеется небольшой выступ, который перемещается, возвращаясь на исходную позицию с периодом в шесть с половиной суток. Это наблюдение позволило сделать вывод о наличии у Плутона спутника. Позже телескоп Hubble предоставил снимки системы Плутон-Харон, на которых ее элементы были отчетливо видны как два отдельных тела. А в последнее десятилетие у карликовой планеты нашли еще несколько лун (на данный момент их известно 5).

Наиболее детальные фотографии Плутона и его спутников получены, конечно же, благодаря миссии New Horizons, в рамках которой автоматический аппарат пролетел в непосредственной близости от загадочной карликовой планеты. Оказа-

лось, что на ее поверхности присутствует множество сильно отличающихся друг от друга элементов: знаменитая ландшафтная структура в виде сердца, темные и светлые области... Та же картина наблюдается и на Хароне.

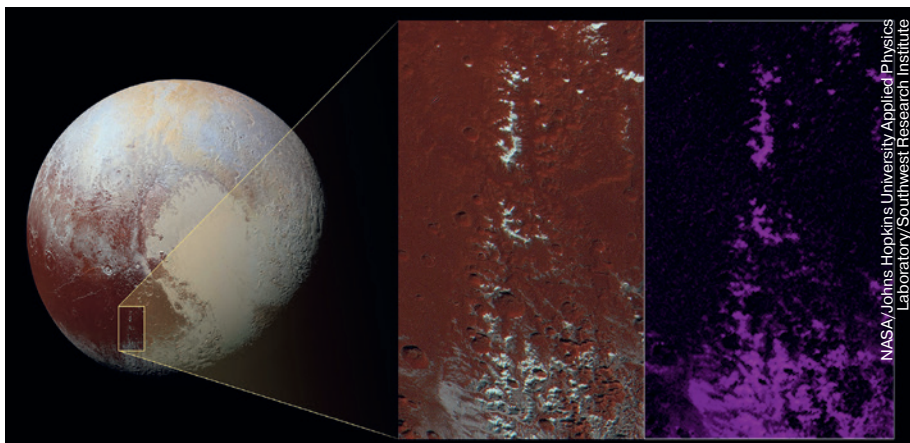
Подобное разнообразие сильно удивило ученых. Мы предполагали, что увидим застывший пустынный мир, где не происходит ничего примечательного — а обнаружили бурлящую активность. Полюбившееся всем «сердце» на поверхности Плутона представляет собой равнину из азотного льда. Вероятно, после столкновения с другим небесным телом в глубоком прошлом в этом регионе образовался огромный картер, который заполнил жидкий азот и застыл. Если присмотреться, можно заметить на льду рисунок, отдаленно напоминающий пчелиные соты. Это следы конвекционных потоков, похожих на возникающие в кипящей воде. Вследствие теплообменных процессов в центре каждой ячейки азотный лед перемещается вверх, а по краям — опускается вглубь. Скорость движения вещества невелика — всего пара сантиметров в год. Однако благодаря ему за несколько миллионов лет поверхность может полностью обновляться. Этим процессом объясняется «молодость» и активность поверхностных структур в данном регионе: их возраст местами составляет, возможно, даже менее миллиона лет.

▼ Лед из замерзшего азота со сравнительно «свежей» поверхностью
Неправильные многоугольники обтекаемых форм на поверхности азотного ледника свидетельствуют о постоянных конвективных потоках в его толще. Их «подпитывает» энергией жидкий водно-аммиачный океан, скрытый глубоко в недрах карликовой планеты.



▲ Эту структуру удалось рассмотреть еще в 2003 г. на снимках телескопа Hubble. «Сердце» Плутона — равнина из твердого азота, метана и монооксида углерода протяженностью более полутора тысяч километров (самый большой ледник в Солнечной системе), сфотографированная камерой Ralph/MVIC зонда New Horizons. Левее и ниже простираются горные массивы, состоящие из водяного льда и укрытые коричневыми продуктами разложения метана под действием ультрафиолетового излучения Солнца.

Еще одной отличительной чертой поверхности Плутона являются горы красно-коричневого цвета, покрытые шапками метанового льда. Возраст самых светлых областей, как уже упоминалось, относительно невелик, в то время как темные участки рельефа невероятно стары: по



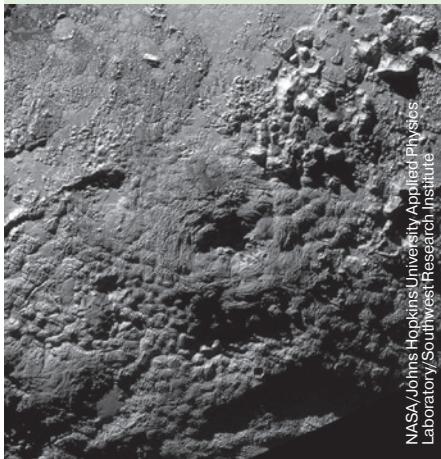
▲ Метановый снег, укрывающий горные вершины
Обширный темный регион в южном полушарии Плутона, получивший неофициальное название «Ктулху» (Cthulhu Regio), имеет весьма неровный рельеф с горными цепями, высота отдельных пиков которых превышает 3 км, а длина достигает 420 км. Возвышенности местами укрыты яркими белыми «шапками», состоящими предположительно из метанового снега. Красно-коричневый цвет остальной поверхности связан с толинами — высокомолекулярными соединениями, образующимися при полимеризации продуктов разложения метана под действием солнечного излучения. Разрешение приведенного снимка — около 680 м на пиксель.

моим оценкам, им около 4 млрд лет. На детальных снимках этих древних регионов видны возвышенности, укрытые метановым льдом, играющим здесь роль снежных шапок на вершинах земных гор.

Кроме того, на Плуtone обнаружены признаки активности криовулканов. Там

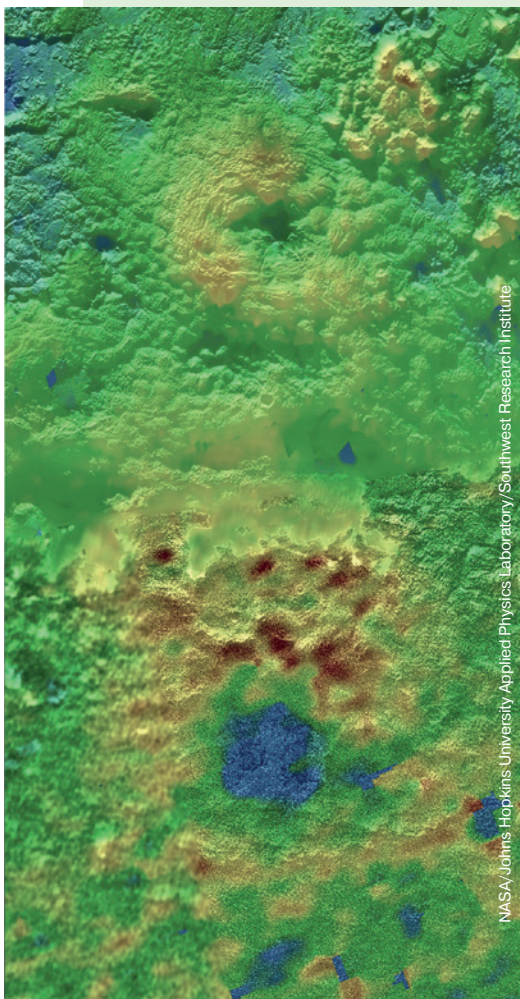
очень холодно (около -200°C), поэтому водяной лед тверд, как камень. На фотографиях поверхности видны структуры, напоминающие земные вулканы — горы со впадинами в центре. Исследования показали, что внутри этих впадин находится лед, напоминая лаву внутри кратеров вулканов

ЛЕДЯНЫЕ ВУЛКАНЫ НА ПЛУТОНЕ



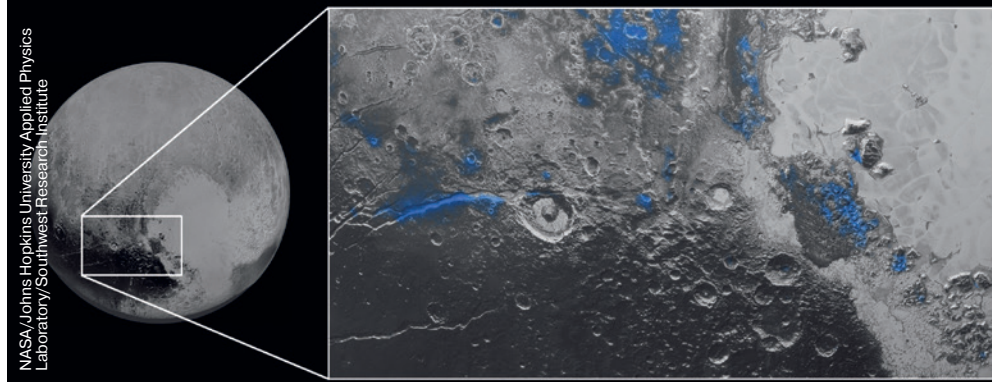
NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

▲ Интересная структура с углублением в центре, получившая неофициальное название «Гора Райт» (Wright Mons), имеет диаметр около 160 км и высоту порядка 4 км. По некоторым признакам она представляет собой древний криовулкан, когда-то извергавший потоки водно-аммиачной «лавы». Похожее строение имеет еще одна, более масштабная плутонианская возвышенность — «Гора Пикара» (Piccard Mons).



NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

▲ Топографическая карта окрестностей горы Райт и горы Пикара (в нижней части изображения), составленная по данным зонда New Horizons. Синим цветом обозначены участки, лежащие ниже среднего уровня плутонианской поверхности, зеленый примерно соответствует средним значениям, желтый — возвышенностям, коричневым нанесены самые высокие пики.



NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

▲ Водяной лед на Плутоне

На этом изображении, построенном по данным спектрометра зонда New Horizons, синим цветом показаны выходы на поверхность водяного льда. Инфракрасная спектроскопия проводилась с помощью прибора LEISA (Linear Etalon Imaging Spectral Array). Ширина охваченного снимком участка составляет 450 км.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ПЛУТОНА

Плутон был открыт в 1930 г. и считался большой планетой до 2006 г., когда его официально отнесли к классу карликовых планет. Иногда его называют «двойной карликовой планетой» (поскольку его спутник Харон всего вдвое меньше основного тела системы). Год на Плутоне длится 248 земных лет.

ВРЕМЕННАЯ АТМОСФЕРА

Газовая оболочка Плутона состоит из азота с примесью метана. На удаленном от Солнца участке орбиты она остывает и почти вся выпадает на поверхность карликовой планеты.

УСЛОВИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ

Давление (среднее) около 1 Па
Температура (средняя) -225 °C
Ветер — только при наличии атмосферы

КАМЕННОЕ ЯДРО

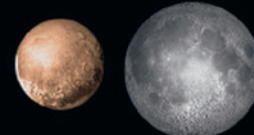
В центре Плутона, вероятно, находится ядро из каменных пород, окруженное сравнительно тонкой жидкой водно-аммиачной мантией и толстой ледяной корой.



(Рисунок не в масштабе)
Source: NASA



Снимок Плутона и Харона, сделанный зондом New Horizons незадолго до максимального сближения



Диаметр Плутона равен 2370 км (по этому показателю он в полтора раза меньше Луны)

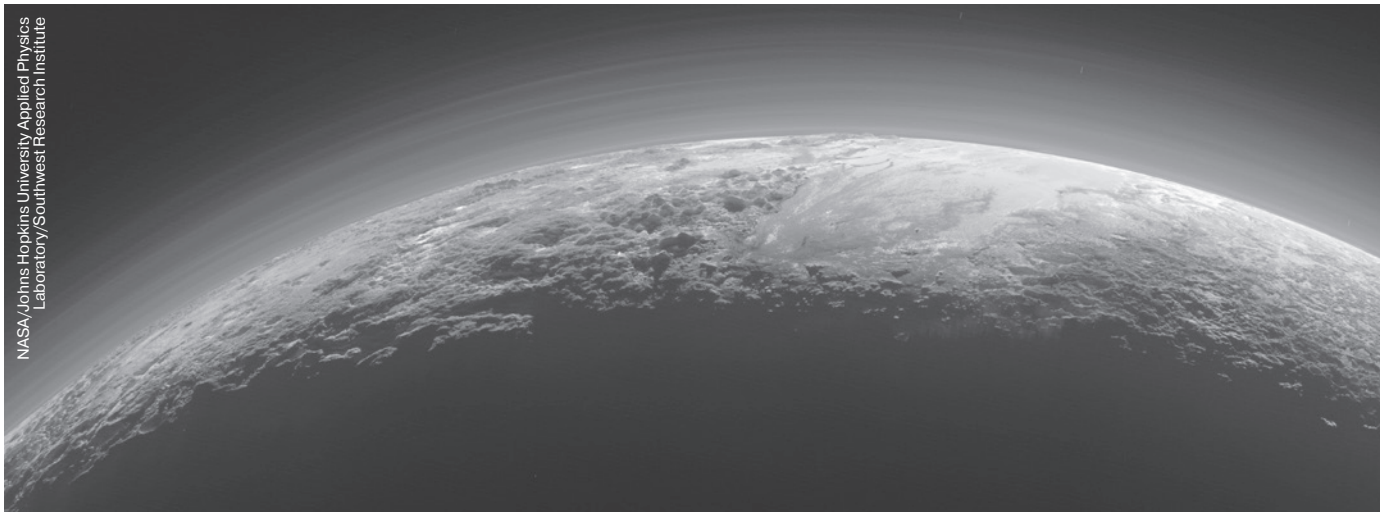
ROSS TORO / © SPACE.COM

на нашей планете, и он может извергаться аналогичным образом вследствие явления, названного криовулканизмом. Водяной лед обнаружен и в других элементах ландшафта — в частности, он заполняет многочисленные расщелины и впадины.

Итак, что же нам известно о Плутоне? Вероятно, в самом его центре скрывается небольшое каменное ядро. Внутренняя часть недр карликовой планеты предположительно состоит из смеси горных пород и воды. Поверхность же покрыта в основном водяным и азотным льдом. Таким образом, Плутон в значительной степени состоит из льда. Его размер невелик — он даже меньше нашей Луны. Гравитация там составляется всего 6,6% земной: если максимальная

высота прыжка от поверхности на Земле не превышает 3 м, то на Плутоне удалось бы подпрыгнуть на все 45. Так что там было бы очень удобно играть в баскетбол.

Несмотря на все чудеса и неожиданности, ожидавшие нас на Плутоне, самые невероятные открытия, пожалуй, связаны с его атмосферой. На многих фотографиях его газовой оболочки отчетливо видны многочисленные слои дымки, расположенные друг над другом. В газах, окутывающих карликовую планету, взвешены различные вещества в форме мелких пылевых частиц. Мы предполагаем, что атмосферные слои, запечатленные на фотографиях, возникают вследствие различия их химического состава.



▲ Атмосферные слои Плутона

Через 15 минут после максимального сближения с Плутоном 14 июля 2015 г. космический аппарат New Horizons «обернулся» и с расстояния 18 тыс. км сфотографировал атмосферу карликовой планеты, просвеченную Солнцем. В кадр попала также часть освещенного плутонианского серпа шириной около 1250 км с терминатором, вблизи которого благодаря длинным теням прекрасно видны неровности рельефа (в том числе горы высотой до 3,5 км). В разреженной атмосфере Плутона ученые насчитали свыше десятка слоев дымки.

Ландшафт Плутона невероятно разнообразен: часто рядом с почти идеально ровными участками, покрытыми белым азотным льдом, можно наблюдать холмы и горы красновато-коричневой окраски.

ХАРОН И ДРУГИЕ СПУТНИКИ

Отличительными чертами Харона, сразу бросающимися в глаза, являются глубокие и разветвленные долины и каньоны, а также большое темно-красное пятно, которое заметно выделяется на фоне серой поверхности. Если сравнить крупнейший каньон на

Хароне с Большим Каньоном в штате Аризона, то его следовало бы назвать «Большим-Большим Каньоном»: глубина ущелья от основания до верхней кромки составляет около 11 км. По нашему мнению, причиной его возникновения стал океан под поверхностью спутника. Всем известно, что при замерзании вода расширяется. Скорее всего, в течение непродолжительного периода жидкий океан замерз, и, расширившись, вызвал образование этих ущелий.

Примечательно, что на Плуtone каньоны хоть и присутствуют, но глубина их не столь велика. Логично было бы ожидать увидеть

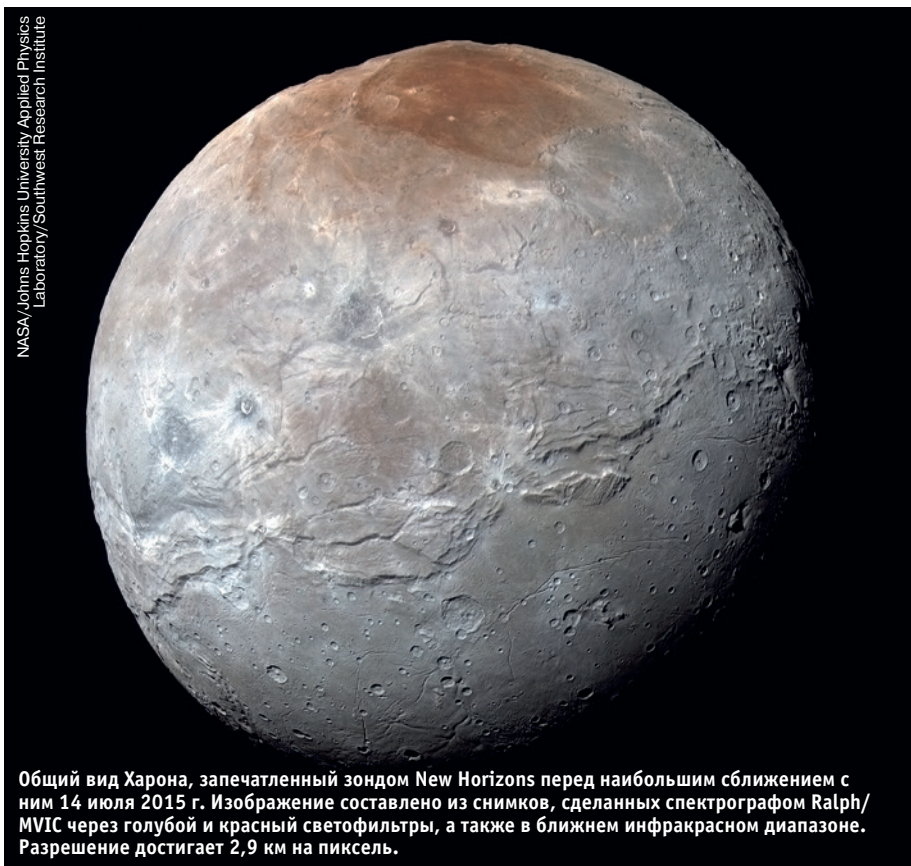
там схожую картину, однако ущелий такой глубины мы не обнаружили. Это дает основания предполагать, что под плутонианской поверхностью вода все еще может оставаться жидкой, и в недрах карликовой планеты, возможно, скрыт огромный океан.

А вот другая отличительная черта — темно-красная приполярная область — имеет аналог на поверхности Плутона. Скорее всего, именно темные участки последнего стали источником окрашенного материала, осевшего на Харон. Органические молекулы, придающие веществу характерный красноватый оттенок, могли «перекочевать» на спутник вместе с атмосферными газами. В окрестностях его полюсов температура приблизительно на 10° ниже, чем на экваторе, и именно там расположено темно-красное пятно. По всей видимости, в этой области перенесенные газообменом молекулы замерзают и постепенно оседают.

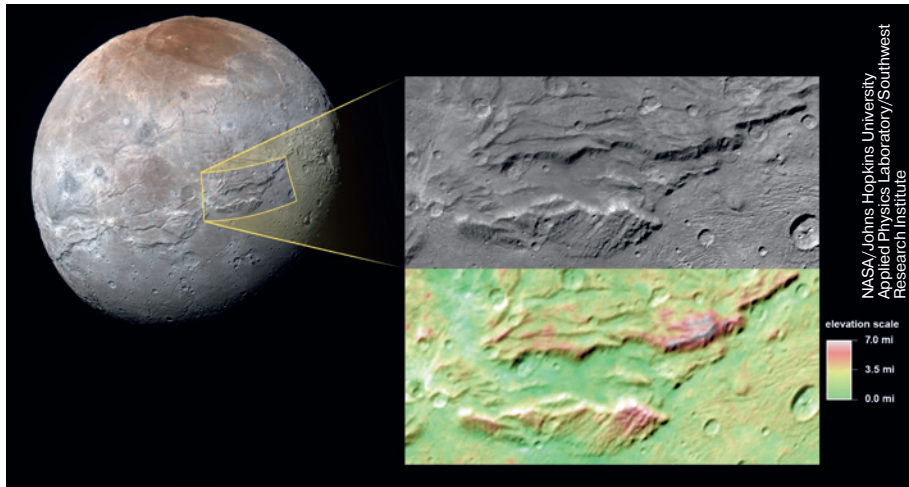
Помимо Харона (самого большого спутника), у Плутона были обнаружены еще четыре малых. Из-за крошечных размеров самых маленьких лун Керберы и Стикса, а также большого расстояния, отделявшего их от космического аппарата, детально рассмотреть эти объекты не получилось. На поверхности двух более крупных — Никты и Гидры — видны многочисленные кратеры. Малые спутники образовались приблизительно в то же время, что и Харон, и все они обращаются практически в одной плоскости. Предположительно причиной их возникновения стало столкновение Плутона с другим небесным телом.

ПОЯС КОЙПЕРА

Итак, пролетев мимо Плутона, аппарат New Horizons продолжает свой путь к объектам пояса Койпера. В январе 2019 г.



Общий вид Харона, запечатленный зондом New Horizons перед наибольшим сближением с ним 14 июля 2015 г. Изображение составлено из снимков, сделанных спектрографом Ralph/MVIC через голубой и красный светофильтры, а также в ближнем инфракрасном диапазоне. Разрешение достигает 2,9 км на пиксель.



NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

▲ «Большой большой каньон» Харона
Характерные трещины на поверхности Харона, сфотографированные камерой LORRI космического аппарата New Horizons (на нижнем изображении цветами от зеленого до красного показана высота участков местности относительно среднего уровня), свидетельствуют о том, что в недрах этого плутоидного спутника когда-то был океан жидкой воды, который позже замерз, расширился и вызвал растрескивание вышележащих слоев, затвердевших ранее. Снимок сделан с расстояния около 79 тыс. км, разрешение — 400 м на пиксель.



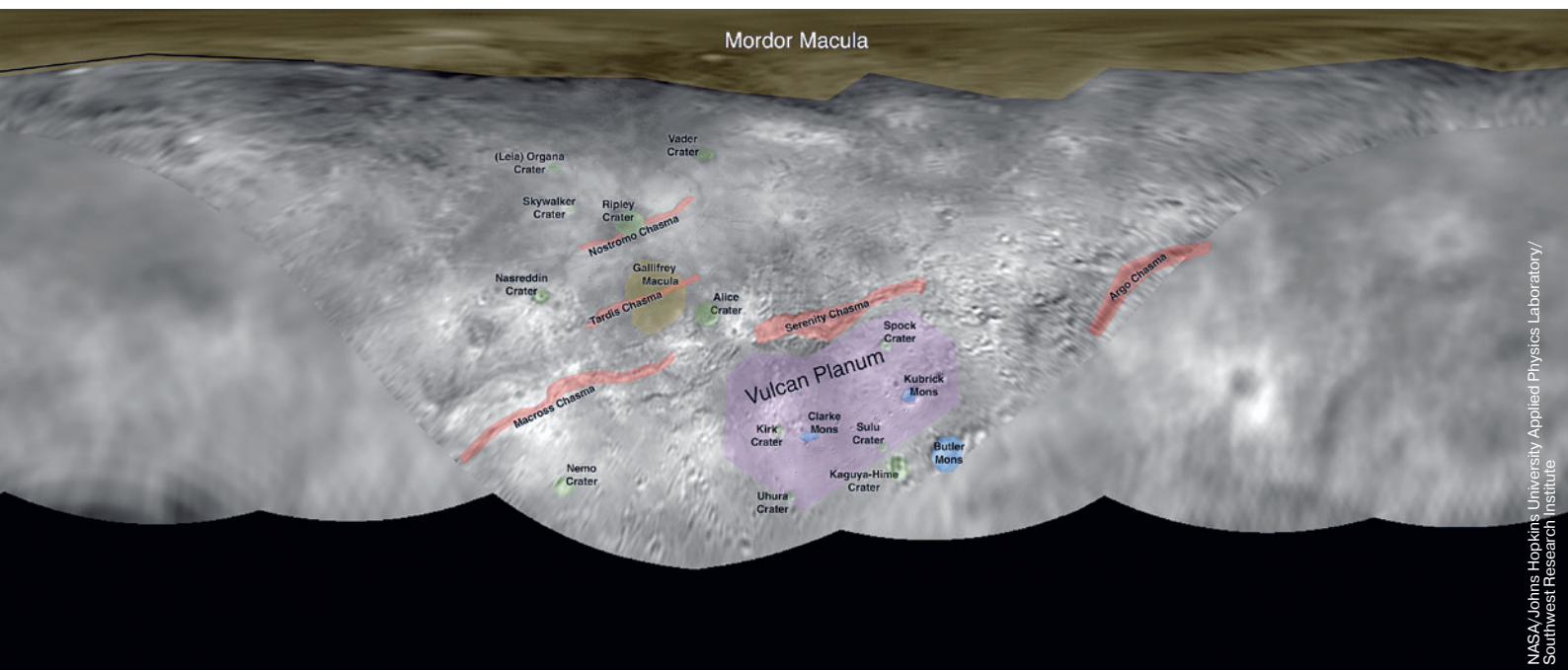
NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

он должен достичь первого такого тела, совершенно не похожего на карликовую планету — его размер составляет всего около 30 км, что сопоставимо скорее с поперечником малых плутоидных спутников. В то время как Плутон обладает значительной массой, внутренней энергией и ядром, следующий пункт назначения миссии — типичный «строительный материал», не вошедший в состав планет; вряд ли мы обнаружим следы внутренней активности на поверхности этого объекта. Пока на лучших доступных изображениях можно разглядеть лишь перемещающееся на фоне звезд крохотное светлое пятнышко, но меньше чем через два года мы увидим кратеры и другие детали этого далекого небесного тела.

По поводу Плутона до сих пор много споров: считать ли его планетой? Отчасти это связано с тем, что со времени его открытия в 1930 г. прошло более 60 лет до момента, когда был найден следующий похожий объект. Его в 1992 г. обнаружил Дэвид Джуитт (David Jewitt) — англичанин, который был моим научным советником в Гавайском университете. Своим открытием он продемонстрировал, что в Поя-

◀ Харон и малые спутники Плутона.
На этом коллаже показан сегмент крупнейшего плутоидного спутника Харона вместе с остальными четырьмя лунами карликовой планеты в том же масштабе. Изображения получены камерой LORRI космического аппарата New Horizons. Поверхностная яркость всех объектов также приведена к общему среднему уровню с помощью компьютерной обработки. Диаметр Харона составляет 1212 км, максимальные размеры Никты и Гидры — около 40 км, Керберы и Стикса — 10-12 км. Все четыре малых спутника имеют неправильную продолговатую форму.

▼ Карта поверхности Харона с предложенными названиями ее деталей. Все эти названия пока не утверждены Международным астрономическим союзом (IAU).

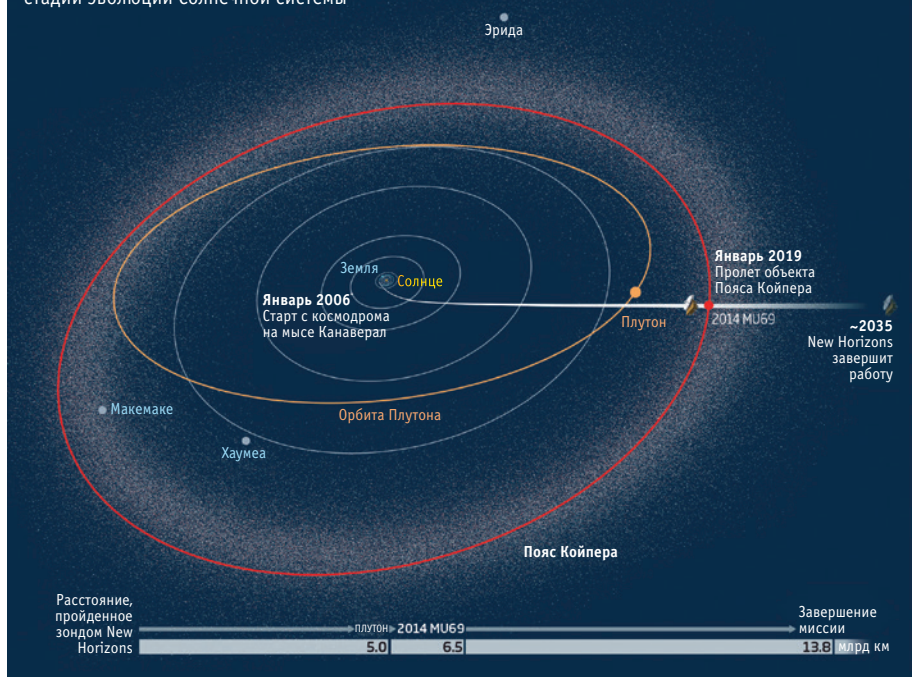


NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

▼ Зонд New Horizons будет способен передавать информацию на Землю примерно до 2035 г. Задолго до этого, в январе 2019 г., он совершит пролет вблизи одного из «классических» объектов Пояса Койпера, получившего обозначение 2014 MU69.

Последний пролет

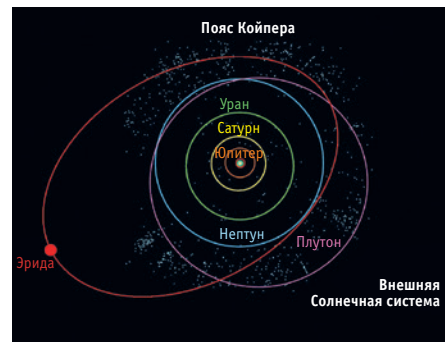
Перед тем, как навсегда замолчать и скрыться в межзвездном пространстве, New Horizons пройдет в нескольких тысячах километров от объекта Пояса Койпера 2014 MU69 — «свидетеля» ранних стадий эволюции Солнечной системы



се Койпера может находиться множество тел, сопоставимых с Плутоном по размерам и орбитальным параметрам. Именно на 90-е годы пришелся момент, когда наши технологии достигли уровня, позволяющего производить подобные наблюдения и замечать настолько далекие объекты.

В начале XXI века ряды карликовых планет пополнились еще несколькими телами: были открыты Хаумеа, Макемаке и Седна. Однако до 2010 г. никто не занимался поисками транснептуновых обь-

ектов в Южном полушарии — там просто не было инструментов с необходимым фокусным расстоянием. В 2010 г. начала работу обсерватория Лас Кампанас в Чили. Диаметр зеркал каждого из двух ее больших рефлекторов равен 6,5 м. Помимо них, обсерватория располагает метровым телескопом Henrietta Swore, который после усовершенствования стал пригодным для поиска новых тел в Поясе Койпера. В результате мы открыли еще несколько карликовых планет. Одна из



▲ Пояс Койпера

С тех пор, как в 1992 г. был открыт Пояс Койпера, число обнаруженных в нем объектов превысило тысячу. Предполагается, что еще более 70 тыс. тел диаметром более 100 км пока не открыты.

них, 2010 EK139, имеет поперечник более 700 км — примерно втрое меньше Плутона. Размер другой, 2010 JJ124, составляет около 600 км.

Подобные объекты достаточно сложно обнаружить, причем не только из-за малого размера и удаленности. Если орбита карликовой планеты пролегает близко к плоскости нашей Галактики (Млечного Пути), то ее невероятно трудно рассмотреть на фоне света бесчисленного количества звезд. Для того, чтобы нивелировать засветку, мы используем специальную технику, позволяющую приглушить сияние звезд и наблюдать только передвигающиеся на их фоне более близкие небесные тела.

Используя наш метод, мы произвели наблюдения всего неба в Южном полушарии с помощью метрового телескопа, позволяющего обнаружить объекты, яркость которых составляет до 21-й звездной величины, а поперечник — до нескольких сотен километров. Телескоп с диаметром зеркала 4 или 6 м мог бы различить намного более тусклые объекты, меньшие по размеру или расположенные еще дальше: ведь для инструмента, которым пользовались мы, даже Земля с расстояния в несколько сотен астрономических единиц была бы незаметной. Несомненно, дальнейшее усовершенствование оборудования приведет к открытиям многочисленных новых тел в Поясе Койпера.

Что же представляет собой этот пояс? За орбитами газовых гигантов находится скопление небольших объектов — остатков вещества, не вошедшего в состав планет при их формировании. Уже известно около 2 тыс. таких объектов, но предположительно количество расположенных там тел, имеющих размер более нескольких километров, превышает миллион.

Самыми большими карликовыми планетами считаются следующие объекты: Церера, крупнейшее тело Главного пояса астероидов, имеет поперечник около 950 км; Плутон — самый большой известный

объект Пояса Койпера; тем не менее, непунианский спутник Тритон еще крупнее (ученые полагают, что он был захвачен гравитацией Нептуна из Пояса Койпера). Эрида — еще одна карликовая планета — по размеру почти такая же, как Плутон. Все эти объекты меньше, чем наша Луна, и значительно меньше Титана и Ганимеда — самых крупных спутников Сатурна и Юпитера. Таким образом, очевидно, что Плутон — далеко не единственный значимый объект Пояса Койпера. Наряду с ним существуют Эрида, Макемаке, Хаумеа, Орк и множество ледяных тел меньшего диаметра.

Является ли все-таки Плутон планетой? В данный момент он официально относится к классу карликовых планет. Тем не менее, какой бы ни была планета, полноценной или карликовой, определяющим является ее происхождение, пути формирования и связи с соседними небесными телами.

Если взглянуть на карту расположения астероидов во внутренней части Солнечной системы, легко заметить, что абсолютное большинство их сконцентрировано в Главном поясе между орбитами Марса и Юпитера. Кроме того, в орбитальном резонансе 1:1 с последним вокруг Солнца обращаются астероиды-трояницы, находящиеся вблизи орбиты крупнейшей планеты, а группа Хильды движется в резонансе с газовым гигантом 3:2. Это значит, что «трояницы» делают один полный оборот вокруг Солнца за то же время, что и

Юпитер, в то время как «хильды» успевают обойти светило трижды за два витка планеты по орбите. Члены семейства Хильды распределены неравномерно — их растянувшееся скопление при взгляде сверху напоминает треугольник с углами, соответствующими точкам Лагранжа системы Юпитер-Солнце. Такое распределение обеспечивает стабильность орбит астероидов: если бы они вращались с другими периодами, то однажды подошли бы к газовому гиганту слишком близко, и его гравитация заставила бы их упасть на него. Изучение специфики обращения объектов семейства Хильды позволило сделать вывод, что сам Юпитер со времени своего образования переместился на половину астрономической единицы ближе к Солнцу.

Существование Пояса Койпера было давно предсказано теоретически, однако предполагалось, что большинство его объектов будет иметь относительно небольшой эксцентриситет и наклон орбиты. На деле оказалось, что хотя многие так называемые «классические объекты» и соответствуют этим представлениям, другие находки в этом регионе свидетельствуют о хаосе и беспорядочных перемещениях на ранних этапах существования Солнечной системы.

Следующая группа, о которой я хотел бы рассказать детальнее — это кентавры, астероиды, разбросанные между орбитами Юпитера и Нептуна. Движение тел, относящихся к этой группе, крайне нестабильно, и существуют они, как правило, от нескольких сотен тысяч до десятков миллионов лет. После этого, вследствие влияния гравитации планет и других объектов, кентавры либо устремляются внутрь Солнечной системы (и тогда мы наблюдаем их в виде комет), либо оказываются выброшенными за ее пределы.

Еще один класс «обитателей» Пояса Койпера — резонансные транснептуновые объекты. Особенности их орбит напоминают ранее упомянутое семейство астероидов Хильды, только эта группа находится в резонансе не с Юпитером, а с Нептуном. Как и в случае с «хильдами», по поведению резонансных тел можно судить о перемещениях самого ледяного гиганта: в данный момент считается, что он

образовался на 5-10 а.е. ближе к Солнцу, чем находится сейчас. Позже он сместился к внешним окраинам Солнечной системы и, как следствие, «вытолкнул» эти тела на резонансные орбиты.

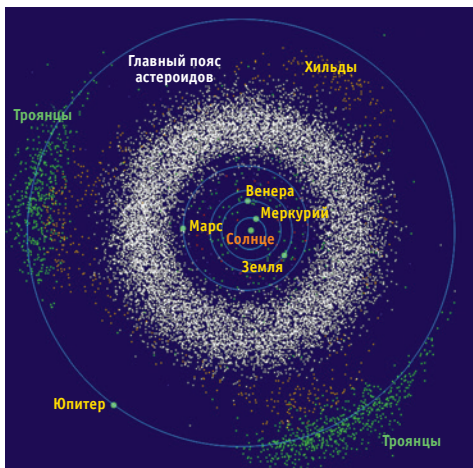
Плутон тоже движется в резонансе с Нептуном: за время, необходимое для трех оборотов последнего, карликовая планета оборачивается вокруг Солнца дважды. Между прочим, ее орбита также очень нестабильна — ведь она пересекает орбиту Нептуна, несравнимо превышающего Плутон по массе. Однако резонанс, в котором он находится, позволяет даже такому небольшому объекту избежать опасного сближения с крупным соседом и поглощения им на протяжении достаточно длительного времени (например, такого, как текущий возраст Солнечной системы).

Как и у Юпитера, у Нептуна тоже есть троянские астероиды, разделяющие с ним одну орбиту. Поскольку расстояние до них огромно, количество известных непунианских «троянцев», в отличие от юпитерианских, пока невелико — их открыли немногим более десятка. Характерной особенностью этих объектов является большой наклон орбитальных плоскостей: очевидно, когда-то в далеком прошлом орбита Нептуна была намного более эксцентричной. Планеты-гиганты, проходя вблизи скоплений подобных тел, сильно влияют на них своим гравитационным полем, что часто приводит к их разбрасыванию. Таким образом, изучая особенности троянских астероидов, мы можем приблизиться к пониманию хаотического прошлого внешних планет, в особенности Нептуна и Урана.

Исходя из имеющихся данных, можно предположить, что газовые и ледяные гиганты образовались намного ближе друг к другу, чем они находятся сегодня. Позже, по мере того, как расстояние между ними увеличивалось, гравитационные взаимодействия приводили к непредсказуемым перемещениям и множественным столкновениям планет, астероидов и их фрагментов. Очевидно, нам очень повезло, что эта эпоха осталась далеко в прошлом, и нынешняя Солнечная система представляет собой достаточно спокойное место для нашего обитания.

Наконец, существует группа так на-

▼ Хильды и Троянцы



Формируем дилерскую сеть

Телескопы, бинокли, микроскопы
и аксессуары **levenhuk** вы можете
Zoom&Joy
приобрести в нашем Интернет-магазине
www.3planeta.com.ua



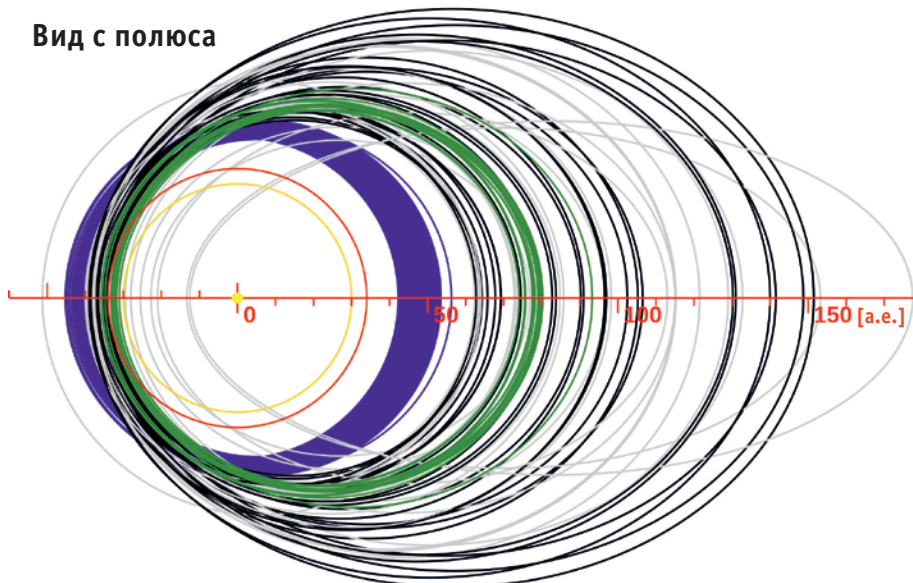
зываются объектами рассеянного диска. Эксцентриситеты орбит этих тел достаточно велики, а перигелии находятся недалеко от непунианской орбиты, вследствие чего после пролетов вблизи гиганта многие из них оказываются выброшенными на далекие окраины Солнечной системы. К этому классу относится Эрида, которая сейчас медленно движется к точке максимального сближения с Нептуном.

Объекты Пояса Койпера делятся по происхождению на два класса: образовавшиеся непосредственно в нем и попавшие туда, будучи выброшенными со своих предыдущих «мест обитания». Судить об этом можно по углу наклона орбит: у объектов рассеянного диска они наклонены очень сильно, и в меньшей степени — у резонансных. Это дает основания заключить, что большинство тел, относящихся к этим группам, попали на свои текущие орбиты вследствие гравитационного взаимодействия с массивными планетами. В то же время орбитальные плоскости классических объектов наклонены незначительно, что делает их наиболее интересными предметами для изучения — вероятно, они сформировались в Поясе Койпера на заре существования Солнечной системы и остаются почти нетронутыми.

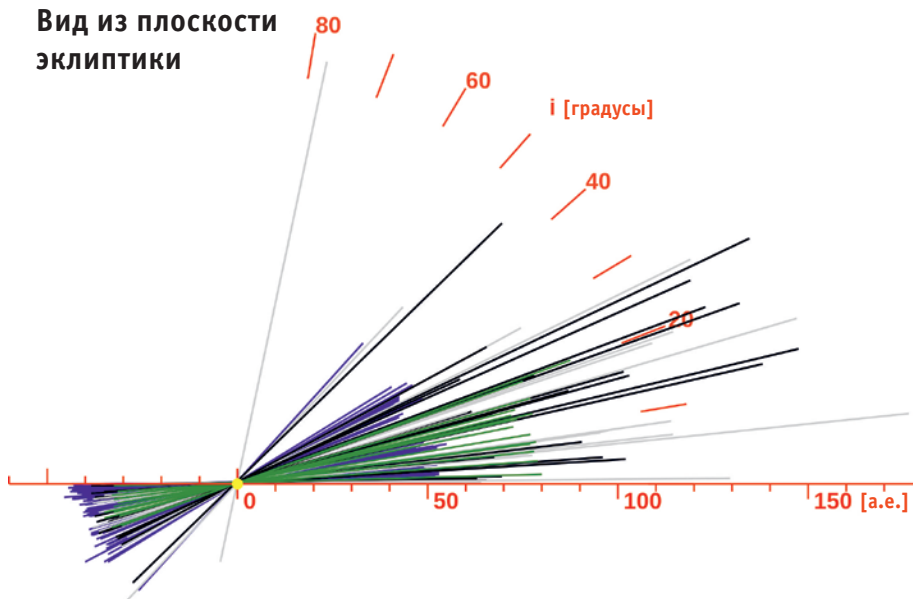
Следующая цель аппарата New Horizons (койпероид 2014 MU69) как раз относится к семейству классических транснептуновых объектов, образовавшихся «на задворках» нашей планетной системы, в то время как Плутон считается объектом рассеянного диска, попавшим на свою нынешнюю орбиту после взаимодействия с другими телами. Таким образом, в рамках миссии запланировано также изучение объекта, принадлежащего к принципиально иному классу, чем Плутон.

Итак, благодаря исследованиям малых тел мы узнали много нового о гигантах: скорее всего, Юпитер со времени своего зарождения «передвинулся» ближе к центру Солнечной системы, тогда как Сатурн, Уран и Нептун, наоборот, «отодвинулись» к ее внешним областям. Более того, нынешняя самая далекая планета, вероятно, образовалась даже ближе к Солнцу, чем текущая орбита Урана. Многие объекты, сформиро-

Вид с полюса



Вид из плоскости эклиптики



▲ Объекты Пояса Койпера с условно совмещенными линиями аперид (вверху) и узлов (внизу). Указаны гелиоцентрические расстояния и наклоны орбит. Голубым цветом обозначены классические объекты, зеленым — резонансные, черным — объекты рассеянного диска, серым — неклассифицированные тела.

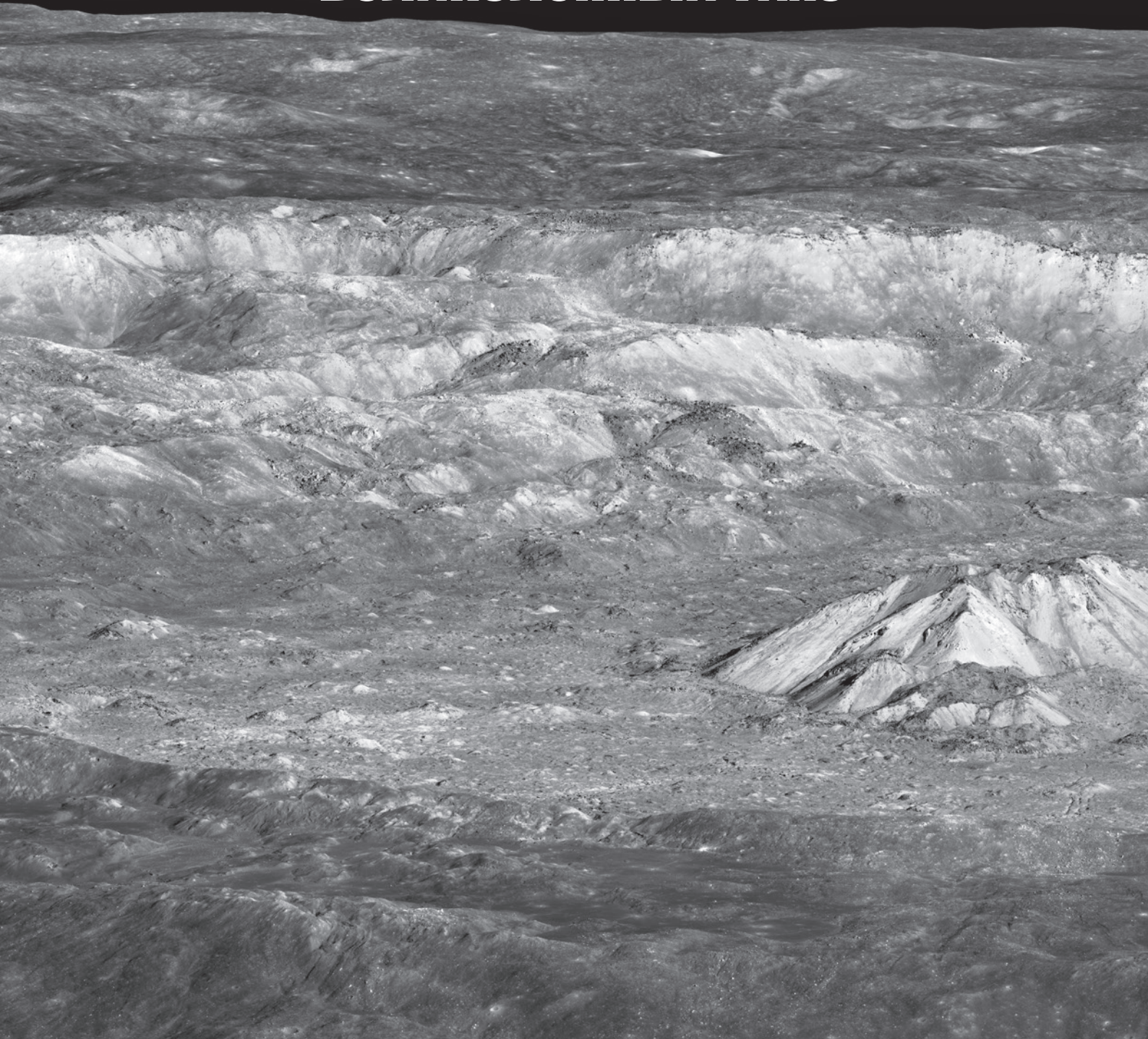
ванные в тех же регионах, что и большие планеты, оказались выброшенными «на задворки», где некоторые из них — в частности, Плутон — теперь и обитают, обращаясь по сильно наклоненным орбитам. Другой класс объектов Пояса Койпера — его «коренные жители». Они отличаются характерным красноватым оттенком и малым наклоном орбит, а также имеют меньшие размеры, чем представители первого класса.

Однако есть и совсем экзотические да-

льные объекты — Седна и 2012 VP113, которые ведут себя очень странно и не подходят к планетам-гигантам, Плутону или крупным телам Пояса Койпера так близко, как ожидалось. Возможным объяснением особенностей их орбит может быть существование еще одной планеты, находящейся за пределами досягаемости современных телескопов и направляющей Седну с 2012 VP113 по неожиданным траекториям. Но это уже тема отдельного доклада.



Великолепный Тихо

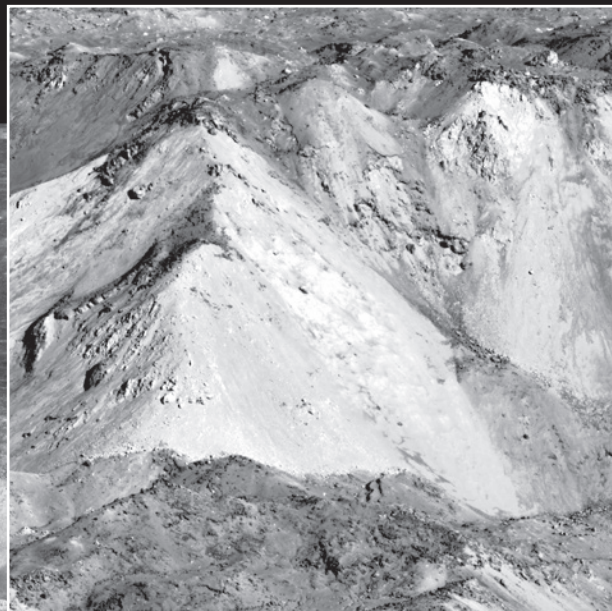
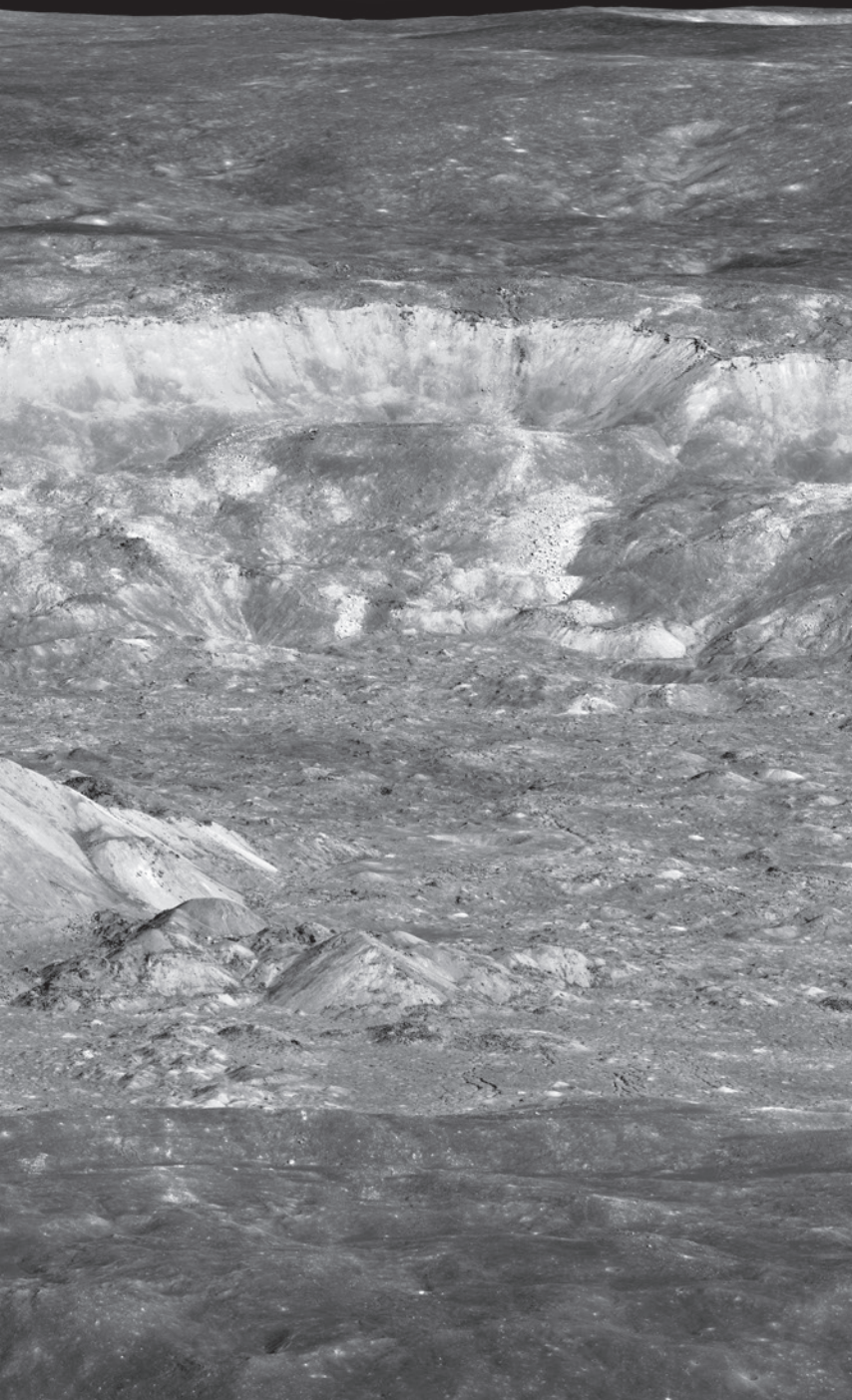


Все, кто наблюдали Луну хотя бы в небольшую подзорную трубу или бинокль, наверняка обращали внимание на весьма примечательный кратер в южном полушарии нашего спутника. Этот кратер, имеющий размер около 85 км, назван в честь знаменитого датского астронома XVI века Тихо Браге (Tycho Brahe), учителя Иоганна Кеплера.¹ Ударная формация окружена радиальной системой светлых лучей, тянущихся на тысячи километров по лунной поверхности. Они состоят из подповерхностного вещества, выброшенного при падении астероида, в результате которого и образовался кратер. Под воздействием космической радиации и ударов микрометеоритов это вещество со временем темнеет и становится неотличимым по цвету от остальной поверхности. Поэтому наличие

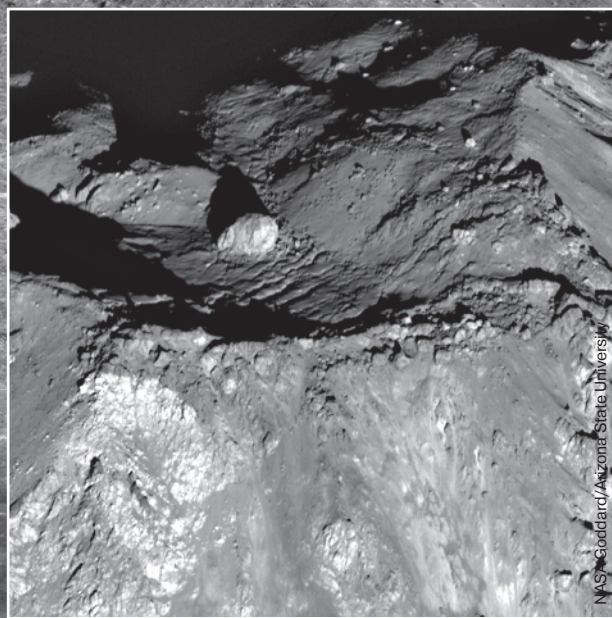
¹ ВПВ №11, 2008, стр. 24; №3, 2009, стр. 16

лучевой системы у импактной структуры свидетельствует о том, что по астрономическим меркам она возникла относительно недавно. Анализ фрагментов пород, собранных экспедицией Apollo 17, позволил установить, что возраст Тихо равен 108 ± 4 млн лет.

Если бы в то время на Земле присутствовал разумный наблюдатель, он бы увидел поразительное зрелище. Вначале Луна озарилась ослепительно-яркой вспышкой. В течение следующих нескольких минут от места главного удара, словно круги по воде, разошелся вал более слабых вспышек, вызванных падениями самых крупных обломков. После того, как осела основная часть пыли, на лунной поверхности осталась хорошо заметная воронка, наполненная расплавленным веществом. Через три-четыре дня после этого более мелкие осколки, «выбитые» в космос и набравшие вторую



▲ Восточная сторона центрального пика кратера Тихо. Снимок был сделан, когда Солнце находилось достаточно высоко над горизонтом, позади и немного севернее LRO. Поэтому тени в основном оказались скрыты за отбрасывающими их возвышенностями, и на изображении можно увидеть разницу яркости различных деталей рельефа. Ширина отснятого участка составляет 8 км. Север справа.



120-метровый валун в углублении на вершине центрального пика кратера Тихо, сфотографированный космическим аппаратом LRO. По ширине изображение охватывает около 1,2 км.

космическую скорость (относительно Луны), вошли в земную атмосферу, породив метеорный дождь невиданной силы.

К сожалению, в то время подобным зрелищем могли насладиться только динозавры. Тем не менее, даже спустя сотню миллионов лет кратер Тихо притягивает взгляды начинающих наблюдателей. Практически все его основные структуры сохранились в неповрежденном состоянии. Поэтому его изучение представляет большой научный интерес. Недавно американский аппарат Lunar Resonance Orbiter (LRO)² передал новые поразительные снимки этого кратера, сделанные «со стороны». Они позволяют рассмотреть сложное строение ударной формации во всех деталях.

² ВПВ №6, 2009, стр. 2; №11, 2010, стр. 5

Чтобы заснять кратер Тихо сбоку, оптическую ось камеры LRO отклонили от вертикали на 73° к западу. Для лучшего понимания масштабов следует помнить, что западная часть кратерного вала находится на 4400 м выше его дна.

Внутренние склоны вала обладают ярко выраженной террасовидной структурой. В центре Тихо находится пик высотой 2,4 км. На нем, словно вишенка на торте, покоится 120-метровый валун. Дно кратера довольно яркое. Снаружи он окружен темным кольцом шириной около 60 км, состоящим из расплавленного материала, который был выброшен ударом из глубины и застыл при «соприкосновении» с холодным космическим пространством.

На заднем плане можно увидеть лунный лимб на фоне бескрайней черноты космоса. Снимок сделан с высоты 59 км.

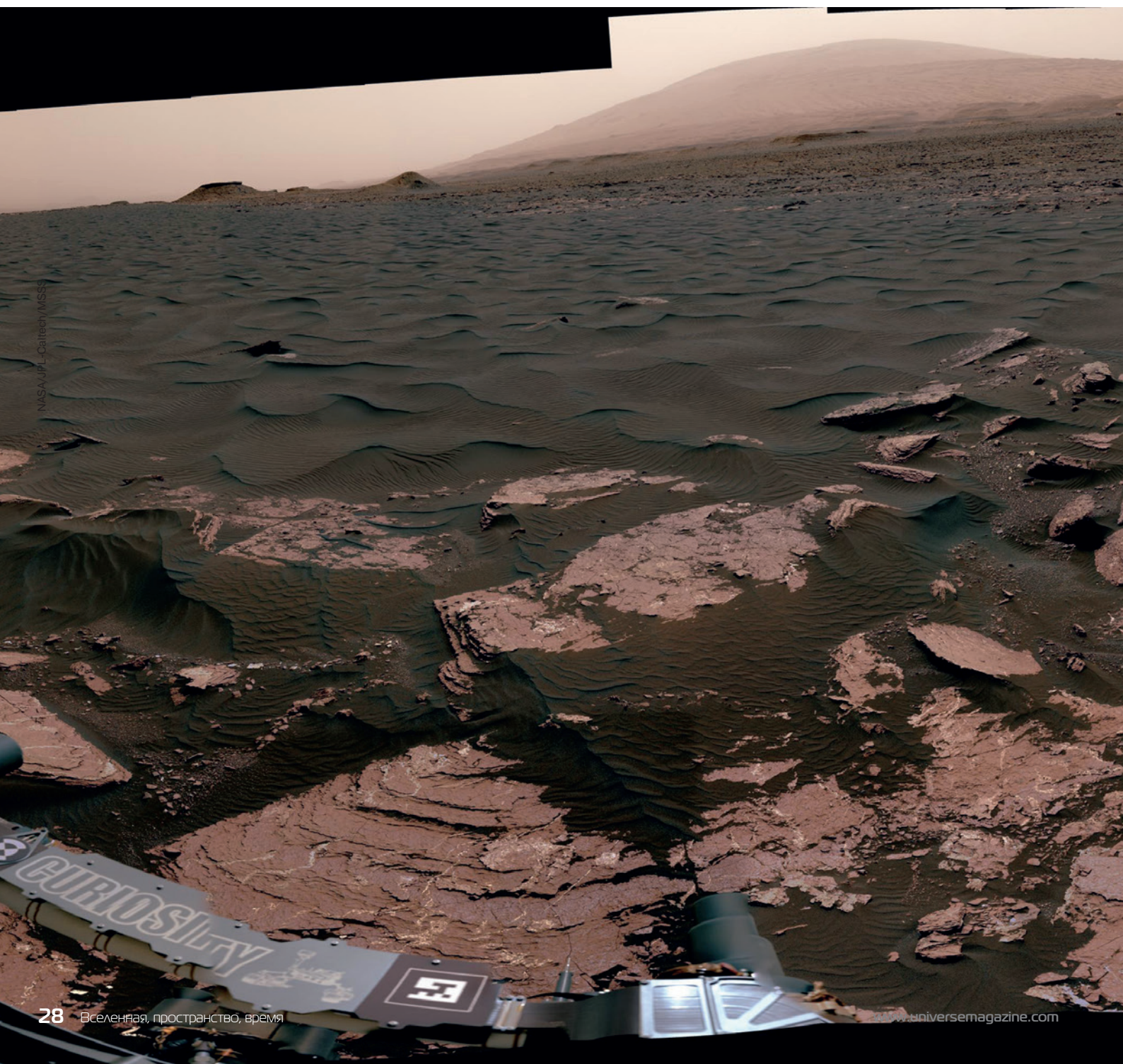
Curiosity отснял новую марсианскую панораму

С 24 по 25 марта 2017 г., то есть на 1647-й сол (марсианский день) с момента начала работы на поверхности Красной планеты, марсоход Curiosity (NASA) производил съемку полнокруговой панорамы с помощью камеры MastCam, установленной на конце его манипулятора. Здесь представлена часть этой панорамы, демонстрирующая исследованные ранее дюны Баньоля в нижней части склона горы Шарп (Mount Sharp).

Отснятый участок получил название «Берег Огункит» (Ogunquit Beach). На нем четко видна «песчаная рябь»

двух характерных масштабов, причем серповидные структуры средних размеров, как выяснилось после сравнения фотографий, сделанных за период с конца 2015 г., являются активными и перемещаются по поверхности Марса. Интересно, что дюны таких размеров (с расстояниями между соседними гребнями порядка метра) на нашей планете почти не встречаются — скорее всего, это связано с более высокой плотностью земной атмосферы. «Периодичность» частых невысоких гребней, видимых на склонах более крупных, в основном не превышает 10 см.

На переднем плане заметны выходы на поверхность светлых скалистых формаций. Согласно последним данным, они представляют собой осадочные породы, возникшие после затвердевания отложений на дне озера, которое в древности заполняло значительную часть кратера Гейла. Позже эти отложения были частично разрушены ветровой эрозией и образовали кучи гравия, видимые в промежутках между ними. Изображение представлено в цветах, максимально приближенных к натуральным в условиях дневного солнечного освещения на Земле.

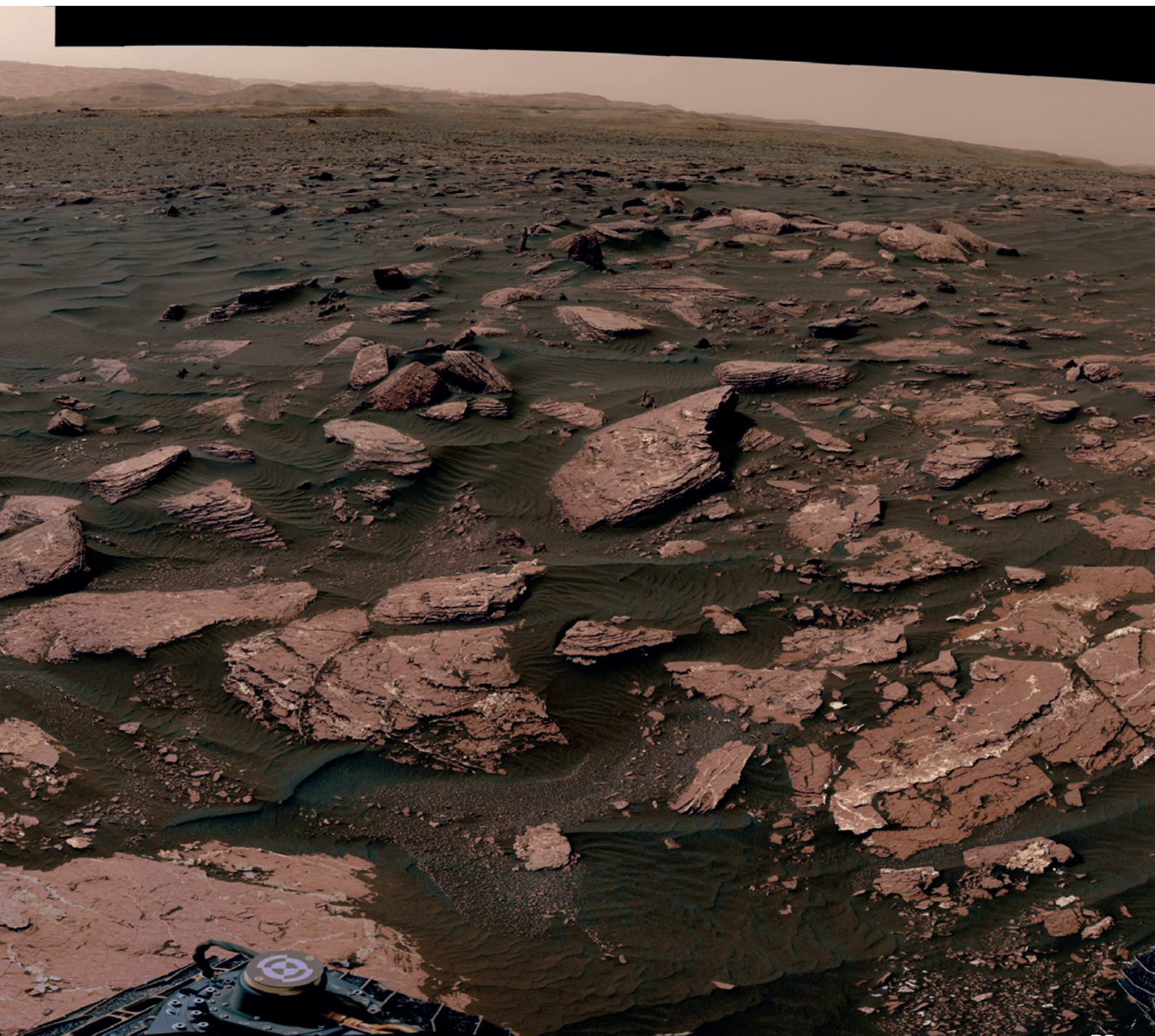


NASA/JPL-Caltech/MSSS

Проект Mars 2020

Представители NASA сообщили о завершении выбора научных инструментов для следующего американского мобильного аппарата, которому предстоит работать на марсианской поверхности. Он получил предварительное название Mars 2020. Запустить его собираются в июле-августе 2020 г. с космодрома на мысе Канаверал с помощью ракеты-носителя Atlas V 541.

Всего было отобрано два десятка инструментов из 58 предложенных. Новый марсоход будет оборудован более мощной буровой установкой, чем его «предшественник» Curiosity, на базе которого разрабатывается ходовая часть ровера и его общая конструкция. Предполагается, что часть добытых им образцов позже удастся доставить на Землю в ходе специализированной возвращаемой миссии. К настоящему времени проект Mars 2020 уже профинансирован на сумму 130 млн долларов.



Juno: ИТОГИ ШЕСТИ ВИТКОВ

Две статьи, опубликованные в недавних номерах журнала Science, были посвящены подведению предварительных итогов миссии Juno (NASA).¹ Несмотря на то, что это уже не первый аппарат, работающий на орбите вокруг Юпитера, полученные им научные результаты во многом стали неожиданностью для ученых. Самая большая планета предстала перед нами как сложный активный мир с протекающими в его атмосфере бурными процессами, с полярными циклонами, штормовыми

системами, погружающимися в глубины газового гиганта, и огромной динамичной магнитосферой, характер которой может указывать на то, что магнитное поле генерируется ближе к юпитерианской поверхности, чем считалось ранее.

По словам исполнительного директора проекта Juno в штаб-квартире NASA в Вашингтоне Даяны Браун (Diane Brown), уже первые результаты демонстрируют, что миссия однозначно стоила затраченных на нее времени и средств. В частности, выяснилось, что в южных полярных областях гигантской планеты присут-

ствует множество вихревых структур тысячекилометровых размеров. «Мы озадачены тем, как они формируются, насколько стабильна их конфигурация и почему северный полюс Юпитера не похож на южный, — прокомментировал результаты наблюдений Скотт Болтон, главный научный сотрудник миссии Juno из Юго-западного исследовательского института в Сан-Антонио (Scott Bolton, Southwest Research Institute, San Antonio, Texas). — Мы задаемся вопросом, является ли это динамичным процессом, то есть мы видим только

один его этап и в течение следующего года будем наблюдать его затихание, или это стабильная конфигурация и штормы постоянно циркулируют вокруг полюса».

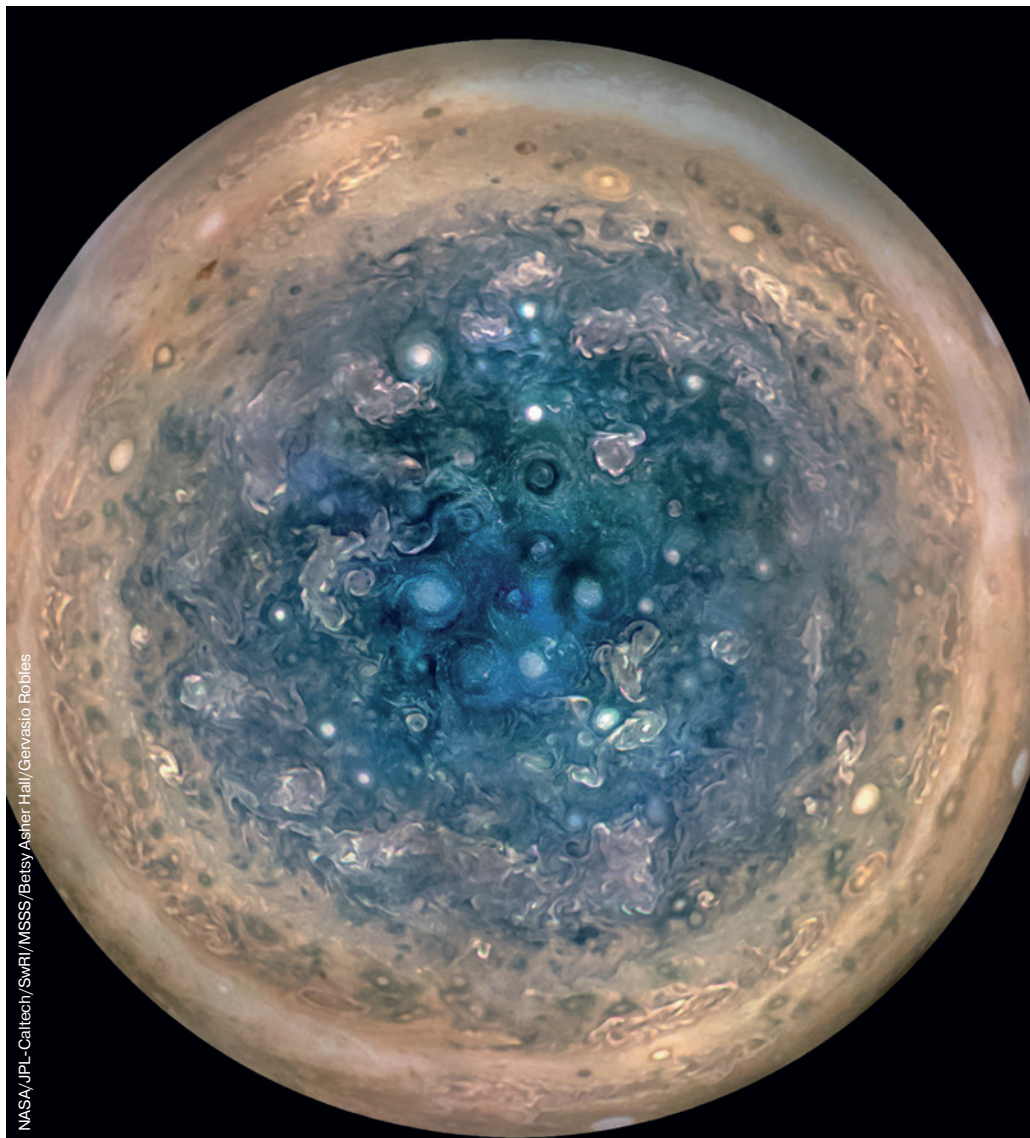
Еще один сюрприз преподнес микроволновый радиометр MWR, регистрирующий тепловое излучение юпитерианской атмосферы — от верхушек аммиачных облаков до глубинных слоев. Оказалось, что темные приэкваториальные облачные пояса простираются на большую глубину, во время как структуры в более высоких широтах по мере «углубления» заметно трансформируются. Полученные данные также говорят о том, что содержание аммиака в атмосфере испытывает сильные вариации, однако ближе к центру планеты оно в среднем возрастает.

Измерения, проведенные магнитометром MAG, показали, что напряженность магнитного поля Юпитера значительно превысила ожидаемую, причем вблизи планеты оно весьма неоднородно — сильнее в одних местах и слабее в других. Это неравномерное распределение позволяет предположить, что поле генерируется заметно ближе к поверхности, чем считалось ранее (над слоем так называемого металлического водорода). Вдобавок оказалось, что механизм формирования юпитерианских полярных сияний, по-видимому, «работает» не так, как на Земле.

Планетологи активно готовятся к следующему перицентру Juno, во время которого он пройдет почти точно над одним из самых известных атмосферных образований в Солнечной системе — Большим Красным Пятном. Эту загадочную структуру, в последние годы демонстрирующую признаки уменьшения, еще никогда не фотографировали со столь близкого расстояния.

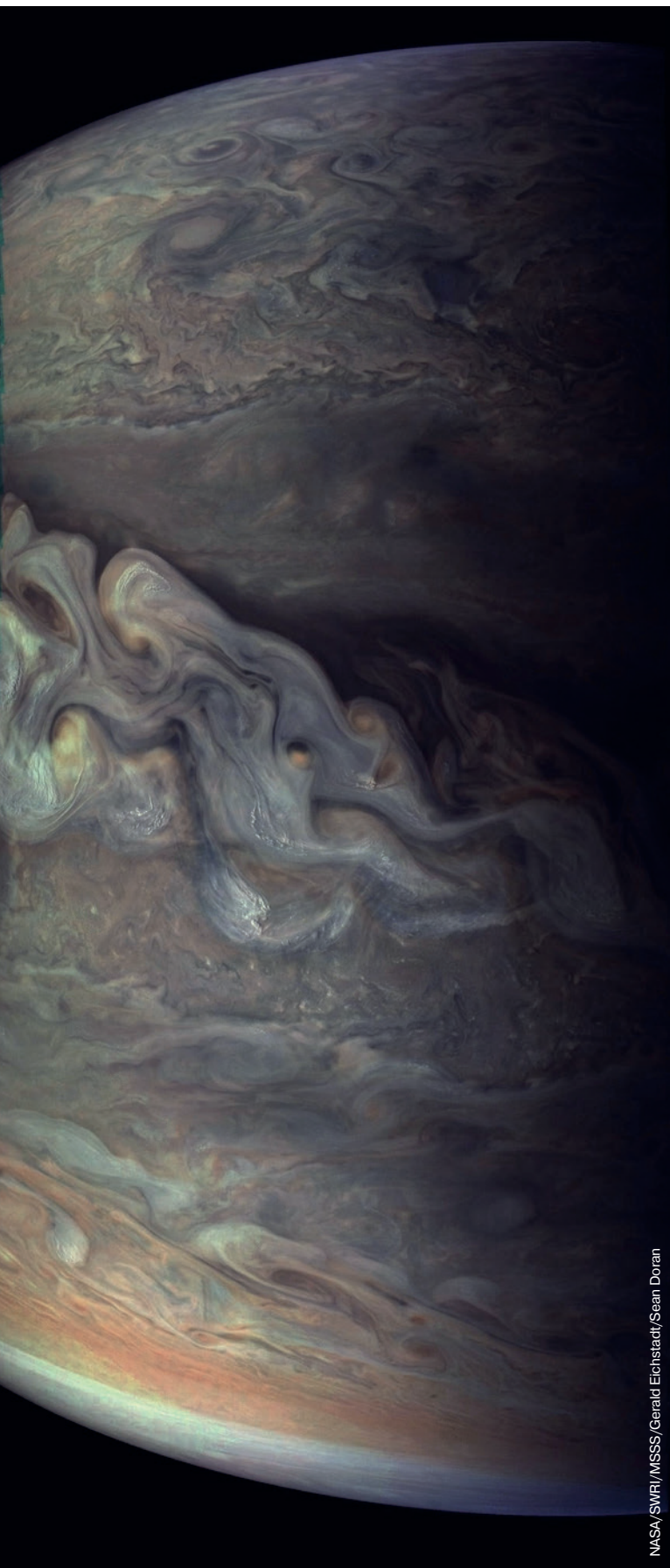
¹ ВПВ №8, 2011, стр. 22; №7, 2016, стр. 28

▼ Изображение южного полюса Юпитера, составленное из снимков, сделанных камерой JunoCam зонда Juno после трех последовательных проходов перицентра орбиты, когда он удалялся от планеты на расстояние 52 тыс. км (при каждом пролете Юпитер поворачивался к Солнцу немного другим «бокком», что позволило запечатлеть всю приполярную область). Видно большое количество циклонов различных форм, размеры многих из них превышают тысячу километров. Цвета усилены с помощью компьютерной обработки.



NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/Betsy Asher Hall/Gervasio Robles

▼ Этот снимок «облачных волн» на Юпитере вблизи 38° с.ш. был сделан зондом Juno (NASA) 19 мая 2017 г. в 5:50 UTC с высоты около 8900 км. На нем различимы детали размером до 6 км. Заметны цепочки небольших высоких белых облаков шириной 20-30 км, сформированные высотными ветрами, которые сопровождают линии холодных атмосферных фронтов. Судя по спектральным характеристикам, такие облака состоят в основном из водяного льда и в меньшей мере — из замерзшего аммиака.



NASA/SWRI/MSSS/Gerald Eichstädt/Sean Doran



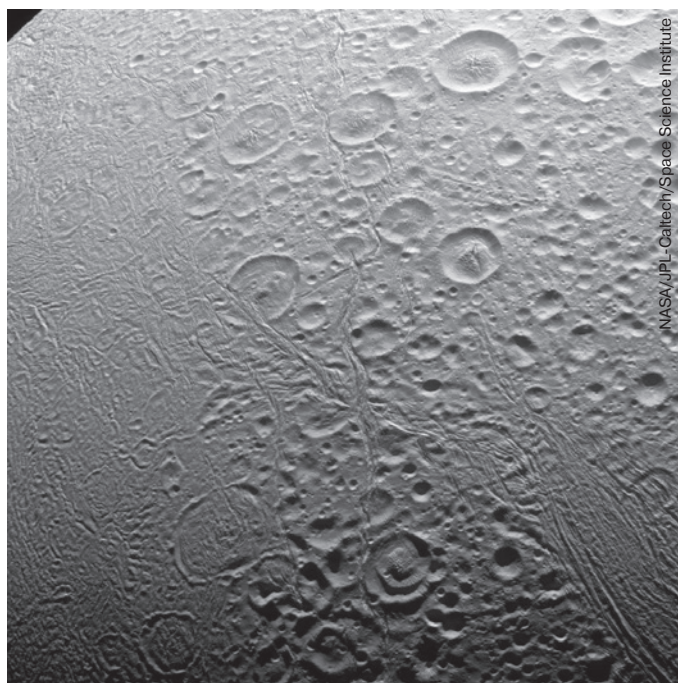
NASA/SWRI/MSSS/Gerald Eichstädt/Sean Doran

▲ На этом снимке, сделанном камерой JunoCam 19 мая 2017 г. с расстояния 12 860 км от верхней границы юпитерианских облаков, небольшие яркие точки усеивают всю южную тропическую зону планеты. Они кажутся крохотными по сравнению с газовым гигантом, но фактически представляют собой огромные облачные башни диаметром примерно 80 км и высотой до 50 км, которые отбрасывают тени на нижележащие облака. На Юпитере подобные структуры почти повсеместно состоят из водяного льда (с примесями аммиачного) и могут быть источниками молний. Впервые их удалось запечатлеть одновременно в таком количестве — возможно, благодаря удачным условиям освещенности у вечернего терминатора.

Малоизученный северный полюс Энцелада

Южная полярная область сатурнианского спутника Энцелада (его средний диаметр равен 504 км) является наиболее изученным регионом этого небесного тела — именно там обнаружены знаменитые гейзеры, извергающие в космическое пространство струи пара и мелкие частицы льда.¹ Интенсивные исследования данного региона велись в то время, когда он был постоянно освещен Солнцем. После 2009 г. там наступила 15-летняя полярная ночь, но зато наше светило «заглянуло» на противоположную сторону ледяной луны.

Поверхность северного полушария Энцелада выглядит столь же старой, как



NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

признак длительного воздействия исключительно внешних факторов (бомбардировки кометами и астероидами). На одном из последних снимков спутника, сделанном 27 ноября 2016 г. узкоугольной камерой космического аппарата Cassini,² запечатлено его ведущее полушарие, постоянно повернутое вперед по ходу орбитального движения. Северный полюс на приведенном изображении находится в верхнем левом углу. Фотографирование велось в видимом свете с расстояния примерно 32 тыс. км, фазовый угол (Солнце-Энцелад-Cassini) в этот момент составлял 85°. Масштаб снимка — 190 м на пиксель.

¹ ВПВ №3, 2011, стр. 18

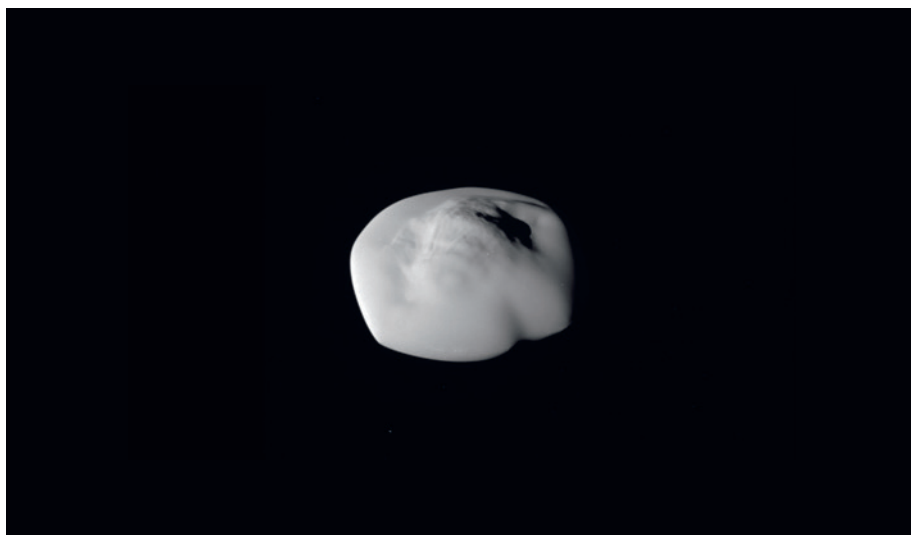
и у любого другого подобного ледяного тела Солнечной системы. Она довольно сильно кратерирована — явный

² ВПВ №4, 2004, стр. 24; №4, 2008, стр. 14

Атлас вблизи

Атлас (Атлант) — один из самых маленьких известных спутников Сатурна — был открыт в 1980 г. на фотографиях, полученных космическими аппаратами Voyager.¹ 12 апреля 2017 г. зонд Cassini передал на Землю его необработанные снимки, сделанные с расстояния около 11 тыс. км — самые подробные на данный момент изображения этого небесного тела. Они помогут ученым уточнить его форму и внутреннюю структуру.

Одной из ключевых особенностей спутника является тот факт, что он движется практически по самому краю яркого наружного кольца планеты (обозначаемого индексом А), играя роль его «гравитационного стабилизатора». Такие объекты астрономы называют «спутниками-пастухами». Размеры Атласа, со-



NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

¹ ВПВ №3, 2006, стр. 30; №5, 2017, стр. 4

гласно последним данным, составляют примерно 40×35×20 км. Его главным «украшением» служит характерный экваториальный выступ, представляющий собой рыхлое нагромождение мелких

ледяных частиц. Судя по всему, такие же частицы, еще не выпавшие на поверхность или «поднятые» с нее ударами микрометеоритов, образуют тонкое пылевое кольцо вокруг спутника.

ТРЕТЬЯ ПЛАНЕТА

ТЕЛЕСКОПЫ
БИНОКЛИ
МИКРОСКОПЫ

Киев, ул. Нижний Вал, 3-7

www.3planeta.com.ua

Секретный беспилотный шаттл вернулся на Землю

Завершился самый длительный космический рейс беспилотного космолана X-37В, принадлежащего американским ВВС. В полдень 7 мая 2017 г. после рекордного 718-суточного полета аппарат приземлился в Космическом центре им. Кеннеди на ту же полосу, которая раньше использовалась для посадки многоэтажных кораблей Space Shuttle.¹ Всего же начиная с 2010 г. крылатые беспилотники летали в космос уже четырежды, в общей сложности проведя за пределами атмосферы 2004 дня.

X-37В был запущен 20 мая 2015 г. с космодрома на мысе Канаверал ракетой-носителем Atlas V.² Его мис-



▲ «Мини-шаттл» X-37В после приземления на посадочную полосу Космического центра им. Кеннеди. Посадка осуществлялась в автоматическом режиме.

сия получила индекс OTV-4 (в документах Министерства обороны США — AFSPC-5). По данным наблюдателей, в ходе нее аппарат неоднократно менял высоту своей орбиты и вообще активно маневрировал.

Точное назначение и возможности беспилотного «челнока» до сих пор остаются предметом спекуляций. Согласно официальным сообщениям, он является испытательной моделью и используется для отработки перспективных техноло-

гий. По словам представителей военного ведомства США, во время последнего полета на X-37В испытывался новый ионно-реактивный двигатель, а также проводился эксперимент по изучению воздействия условий открытого космоса на некоторые материалы.

Напомним, что X-37В имеет длину 8,9 м, высоту 2,9 м и размах крыльев 4,5 м. На орбиту он выводится как последняя ступень ракеты Atlas V, а при возвращении на Землю садится как самолет. Взлетная масса аппарата составляет 5 тонн. Он оснащен грузовым отсеком, в котором может размещаться до 900 кг полезной нагрузки. В настоящее время компания Boeing разрабатывает более крупную и массивную модификацию космолана, получившую обозначение X-37С.

¹ ВПВ №8, 2011, стр. 4

² ВПВ №6, 2015, стр. 32

Electron отправился в первый полет

Рынок пусковых услуг в ближайшее время может пополниться еще одним частным оператором, причем впервые он будет совершать пуски из Южного полушария. 25 мая 2017 г. после трехдневной отсрочки, связанной с неблагоприятными погодными условиями, состоялся долгожданный первый испытательный полет ракеты-носителя Electron, созданной американско-новозеландской компанией Rocketlab. Ракета стартовала в 4:20 UTC (16 часов 20 минут по местному времени) с космодрома на полуострове Махия на Северном острове Новой

Зеландии. На ее борту был размещен макет спутника и комплект оборудования для сбора и передачи информации о поведении систем носителя во время полета.

Первая ступень ракеты отработала в штатном режиме и успешно отделилась, после чего в полном соответствии с планом полета произошел сброс створок головного обтекателя. Однако при работе второй ступени возникли проблемы, из-за которых Electron не смог набрать скорость, необходимую для вывода полезной нагрузки на орбиту высотой 300-350 км. Тем не менее, представители компании-разработчика заявили, что основная часть намеченных задач в ходе тестового запуска была выполнена. Большинство компонентов ракеты продемонстрировало достаточную степень надежности, что позволяет надеяться на успех следующих испытаний. Всего Rocketlab до конца текущего года собирается провести еще два или три пуска нового носителя.

Electron относится к легкому классу и предназначен для выведения на низкие околоземные орбиты грузов массой до 150 кг. Длина ракеты составляет 17 м, диаметр — 1,2 м, общий вес на старте достигает 12,5 тонн. В целях максимального облегчения и снижения стоимости запуска (предполагается, что при регулярной эксплуатации она не превысит 5 млн долларов) в конструкции широко применяются композитные материалы, а все основные детали двигателей напечатаны на 3D-принтере. Существуют также планы оборудовать стартовую площадку для носителей Electron на строящемся Тихоокеанском космопорте (Pacific Spaceport) в штате Аляска.



Старт ракеты-носителя Electron

Небесные события августа

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий. Весь август самая маленькая планета движется по небу южнее Солнца, а в конце месяца вступит с ним в нижнее соединение. При этом она повернется к Земле своей неосвещенной стороной, из-за чего ее яркость сильно упадет, а следовательно, увидеть Меркурий даже во время полного солнечного затмения 21 августа будет исключительно сложно. Примерно такие же трудности в наших широтах возникнут и при наблюдениях **Марса**, который лишь в последние летние дни начнет появляться незадолго до рассвета над восточной частью горизонта.

Венера по-прежнему видна перед восходом Солнца (и даже некоторое время после него), оправдывая свое прозвище «Утренняя звезды». Двигаясь по созвездиям Близнецов и Рака, планета постепенно удаляется от Земли, за счет чего ее видимый диаметр уменьшается с 15 до 12 угловых секунд, но блеск остается почти неизменным благодаря росту фазы — освещенной части диска. Утром 29 августа на севере Дальнего Востока можно наблюдать покрытие Венерой звезды 9-й величины HIP 40836.

Юпитер в середине месяца опускается под горизонт примерно на полтора часа позже Солнца (в более южных широтах этот интервал будет немного продолжительнее), поэтому условия для его наблюдений нельзя назвать благоприятными, однако в инструменты с апертурой более 6 см и увеличением от 30 крат на диске газового гиганта, имеющем экваториальный диаметр около 33", неплохо видны основные детали, а четыре галилеевых спутника планеты доступны даже 10-кратным биноклям.

Сатурн на широте Киева кульминирует при заходе Солнца на высоте всего 17-18°, поэтому наблюдать его лучше в южных районах Украины, Казахстана и РФ, а с территории стран Южного Кавказа и Центральной Азии он виден вполне удовлетворительно. Кольца планеты, находящиеся в максимальном развороте, заметны уже в небольшие телескопы с объективами диаметром свыше 5 см. В них же можно увидеть и крупнейший сатурнианский спутник Титан (для этого будет достаточно 15-кратного увеличения). Луна окажется на небе недалеко от Сатурна вечером 2 и 30 августа.

Уран к началу утренних навигационных сумерек в наших широтах успева-ет подняться над горизонтом на 45-50°

и почти достичь верхней кульминации. Как слабую голубоватую звездочку его несложно увидеть в небольшой бинокль; чтобы уверенно рассмотреть диск планеты (диаметром менее четырех угловых секунд), желательно воспользоваться более мощным инструментом — с апертурой от 7 см и увеличением не меньше 80 крат. **Нептун** в августе восходит по вечерам, оставаясь на небе до конца ночи, но его кульминация в Киеве наблюдается на высоте 32°, а нептунианский диск различим как минимум в 100-кратные телескопы. Апертура порядка 250 мм позволит в отсутствие Луны и засветки на пределе чувствительности увидеть Тритон — главный спутник самой далекой планеты.

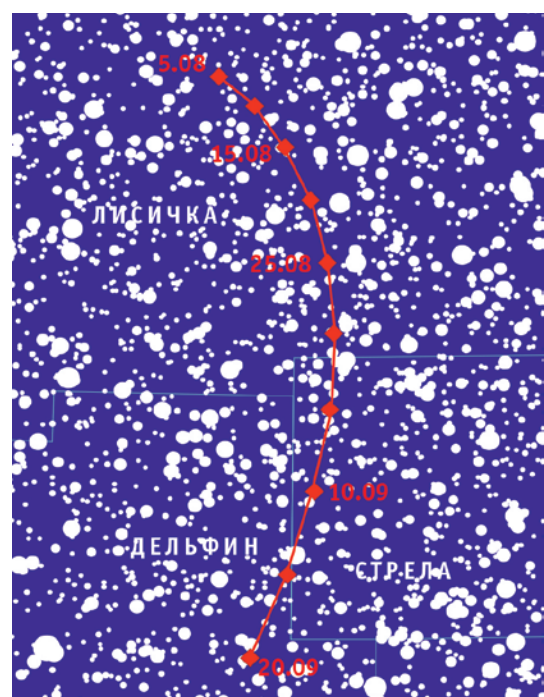
ЯВЛЕНИЯ В ПОЯСЕ АСТЕРОИДОВ

Достаточно редкая оккультация ожидается в ночь с 6 на 7 августа, когда 10-километровый астероид Крылов (5247 Krylov) заслонит сравнительно яркую звезду 6-й величины HIP 104172 в созвездии Лисички. Полоса наиболее вероятного покрытия пройдет от юга Красноярского края и севера Казахстана до Нижнего Поволжья, юго-востока Украины и юга Молдовы. Вблизи ее центральной линии расположатся города Кемерово, Омск, Саратов (РФ), Петропавловск (Казахстан), Каменское (Днепропетровская область, Украина) и молдавская столица Кишинэу. Продолжительность «исчезновения» звезды не превысит одной секунды.

19 августа пройдет конфигурацию противостояния 80-километровый астероид Фокея (25 Phocaea). За 5 недель до этого он окажется в перигелии (в ближайшей к Солнцу точке орбиты), поэтому его текущее появление можно назвать весьма благоприятным, причем и с точки зрения наблюдателей средних широт Северного полушария — путь астероида по небесной сфере будет пролегать севернее небесного экватора, а его видимый блеск лишь немного «не дотянет» до 9-й звездной величины.

АВГУСТОВСКИЕ «ЗВЕЗДНЫЕ ДОЖДИ»

Повышенная частота «падающих звезд», которой знаменит последний месяц лета, связана главным образом со вторым по интенсивности метеорным потоком земного неба — Персеидами, появившимися в результате периодических пролетов кометы Свифта-Таттла (109P/Swift-Tuttle).¹ В текущем году пик их активности наступит в ночь с 12 на 13 августа, то есть на пятый день после полнолуния,



▲ Видимый путь астероида Фокея (25 Phocaea) в августе-сентябре 2017 г.

и лунный свет будет заметно мешать наблюдениям. Уже со второй недели месяца к Персеидам «подключатся» менее интенсивные Цигниды с радиантом в созвездии Лебеда и максимумом около 20 августа, почти совпадающим с новолунием.

ЗАТМЕНИЯ И ЛУННЫЕ ОККУЛЬТАЦИИ

Вечером 7 августа (в Азии — в ночь с 7 на 8 августа) произойдет частичное лунное затмение. В его максимальной фазе, наступающей в 18 часов 21 минуту по всемирному времени, диск Луны погрузится в тень Земли на четверть своего видимого диаметра. Полутеневое затмение, почти неразличимое для невооруженного глаза, начнется в 15:50 UT. Спустя полтора часа — в 17:23 UT — наш естественный спутник коснется земной тени; к этому моменту поднимется над горизонтом в местностях, расположенных юго-восточнее линии, проходящей примерно через Киев и Москву. Остальные фазы затмения будут видны во всей континентальной Европе, исключая Норвегию, Португалию, север Швеции, а также запад Испании и Франции: теневая фаза завершится в 19:18 UT (этого уже не смогут увидеть наблюдатели Чукотки, Камчатка, Магаданской области и северо-востока Якутии), полутеневая — в 20:50 UT.

Утром 16 августа за освещенным краем лунного диска скроется Альдебаран — самая яркая звезда созвездия Тельца. Это явление доступно наблюдениям в Европе (кроме Скандинавии, Финляндии и севера европейской части РФ), на се-

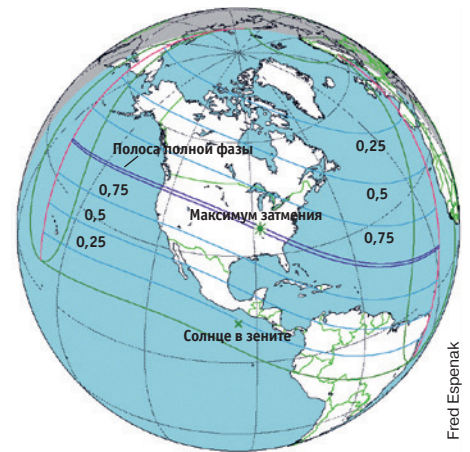
¹ ВПВ №7, 2005, стр. 40

вере Африки, на Ближнем Востоке и Южном Кавказе, а также в Иране, Западном Казахстане и Туркменистане. К сожалению, на всех указанных территориях оккультация будет видна на светлом небе, уже после восхода Солнца. Тем не менее, наблюдать ее можно в инструменты с апертурой от 6 см и больше. Примерные моменты ее начала и окончания для Киева — соответственно 7:20 UT и 8:19 UT. Появление звезды произойдет из-за темного края Луны.

Полное солнечное затмение 21 августа представляет собой повторение через сарос² похожего по величине и максимальной продолжительности центральной фазы затмения 11 августа 1999 г., когда солнечный диск полностью закрыт Луной, наблюдался в 11 странах Европы и шести странах

Азии. Теперь же лунная тень пройдет по территории только одной страны — Соединенных Штатов Америки, вступив на североамериканский континент на тихоокеанском побережье Орегона и покинув его вблизи атлантического порта Чарльстон. Максимум полной фазы ожидается в точке с координатами 36° 58' с.ш., 87° 40,3' з.д., расположенной на юге штата Иллинойс; наибольшей продолжительности (2 минуты 40,3 секунды) затмение достигнет северо-западнее городка Хопкинсвилль в штате Кентукки. Это произойдет в 18 часов 21 минуту 49 секунд по всемирному времени.

Лунная полутень (область пространства, в которой Солнце выглядит частично закрытым Луной) коснется Земли в 15:46:52 UT севернее Гавайских островов и покинет ее в 21:04:24 UT недалеко от северного побережья Бразилии. Частные фазы затмения будут наблюдаться на всей территории Северной Америки и на севере Южной Америки, в Гренландии,



▲ **Обстоятельства полного солнечного затмения 21 августа 2017 г. для земного шара**





Исландии, на Чукотке, Британских островах и архипелагах Северной Атлантики; «набегающие» фазы незадолго до захода Солнца смогут увидеть жители Испании и Португалии, а также юга Норвегии, западной части Франции, северо-западного побережья Африки и Канарских островов.

² Период продолжительностью примерно 6585½ суток, с которым солнечные и лунные затмения повторяются у одного и того же узла орбиты Луны — ВПВ №5, 2008, стр. 26

КАЛЕНДАРЬ АСТРОНОМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ (АВГУСТ 2017 Г.)

- 2 8^h Луна ($\Phi=0,75$) в 9° севернее Антареса (α Скорпиона, 1,0^m)
- 18^h Луна ($\Phi=0,78$) в апогее (в 405025 км от центра Земли)
- 3 7^h Луна ($\Phi=0,82$) в 3° севернее Сатурна (0,3^m)
- 10^h Уран (5,8^m) проходит конфигурацию стояния
- 6 20:52-21:02 Астероид Крылов (5247 Krylov, 15^m) закрывает звезду HIP 104172 (6,1^m). Зона видимости: юг Центральной Сибири, север Казахстана, Южный Урал, Нижнее Поволжье, юго-восток Украины, юг Молдовы
- 23-24^h Луна ($\Phi=0,99$) закрывает звезду ρ Козерога (4,8^m) для наблюдателей Украины, Молдовы, юга европейской части РФ и Южного Кавказа
- 7 18:10 Полнолуние. Частное лунное затмение
- 10 0^h Луна ($\Phi=0,95$) в 2° южнее Нептуна (7,8^m)
- 12 6^h Меркурий (1,3^m) проходит конфигурацию стояния
- 13 9^h Луна ($\Phi=0,69$) в 5° южнее Урана (5,8^m)
- Максимум активности метеорного потока Персеиды (более 50 метеоров в час; координаты радианта: $\alpha=3^h07^m$, $\delta=58^\circ$)
- 13-14 23^h-1^h Луна ($\Phi=0,62$) закрывает звезду ξ^2 Кита (4,3^m). Явление видно в Беларуси, Украине, Молдове, странах Балтии, европейской части РФ, на Южном Кавказе, в Туркменистане и Западном Казахстане
- 15 1:15 Луна в фазе последней четверти
- 22-24^h Луна ($\Phi=0,39$) закрывает звезду γ Тельца (3,6^m) для наблюдателей Украины, Молдовы, юга Беларуси, Западной Сибири и европейской части РФ, Южного Кавказа, Западного Казахстана и Центральной Азии
- 16 2-3^h Луна ($\Phi=0,38$) закрывает звезду 71 Тельца (4,5^m). Явление видно в Молдове, на западе Беларуси и Украины
- 8^h Луна ($\Phi=0,36$) закрывает Альдебаран (α Тельца, 0,8^m)
- 18 13^h Луна ($\Phi=0,14$) в перигее (в 366127 км от центра Земли)
- 19 4^h Луна ($\Phi=0,09$) в 3° южнее Венеры (-4,0^m)
- Астероид Фокея (25 Phocaea, 9,3^m) в противостоянии, в 0,933 а.е. (140 млн км) от Земли
- 20 Максимум активности метеорного потока Цигниды (около 20 метеоров в час; координаты радианта: $\alpha=19^h20^m$, $\delta=55^\circ$)
- 21 18:30 Новолуние. Полное солнечное затмение
- 22 Максимум блеска долгопериодической переменной звезды R Треугольника (5,8^m)
- 25 15^h Сатурн (0,4^m) проходит конфигурацию стояния
- 16^h Луна ($\Phi=0,17$) в 2° севернее Юпитера (-1,8^m)
- 21^h Луна ($\Phi=0,18$) в 6° севернее Спика (α Девы, 1,0^m)
- 27 2^h Меркурий в нижнем соединении, в 4° южнее Солнца
- 28 10-12^h Луна ($\Phi=0,42$) закрывает звезду γ Весов (3,9^m) для наблюдателей Дальнего Востока
- 16:29-16:33 Венера (-4,0^m) закрывает звезду HIP 40836 (8,8^m). Зона видимости: Камчатка, Чукотка
- 29 8:13 Луна в фазе первой четверти
- 17^h Луна ($\Phi=0,54$) в 9° севернее Антареса
- 19-20^h Луна закрывает звезду HIP 81724 (4,9^m). Явление видно в Молдове и западной половине Украины
- 30 11^h Луна ($\Phi=0,61$) в апогее (в 404305 км от центра Земли)
- 15^h Луна ($\Phi=0,62$) в 3° севернее Сатурна (0,4^m)
- Максимум блеска долгопериодической переменной звезды RR Скорпиона (5,6^m)









Время всемирное (UT)

	Полнолуние	18:10 UT	7 августа
	Последняя четверть	01:15 UT	15 августа
	Новолуние	18:30 UT	21 августа
	Первая четверть	08:13 UT	29 августа

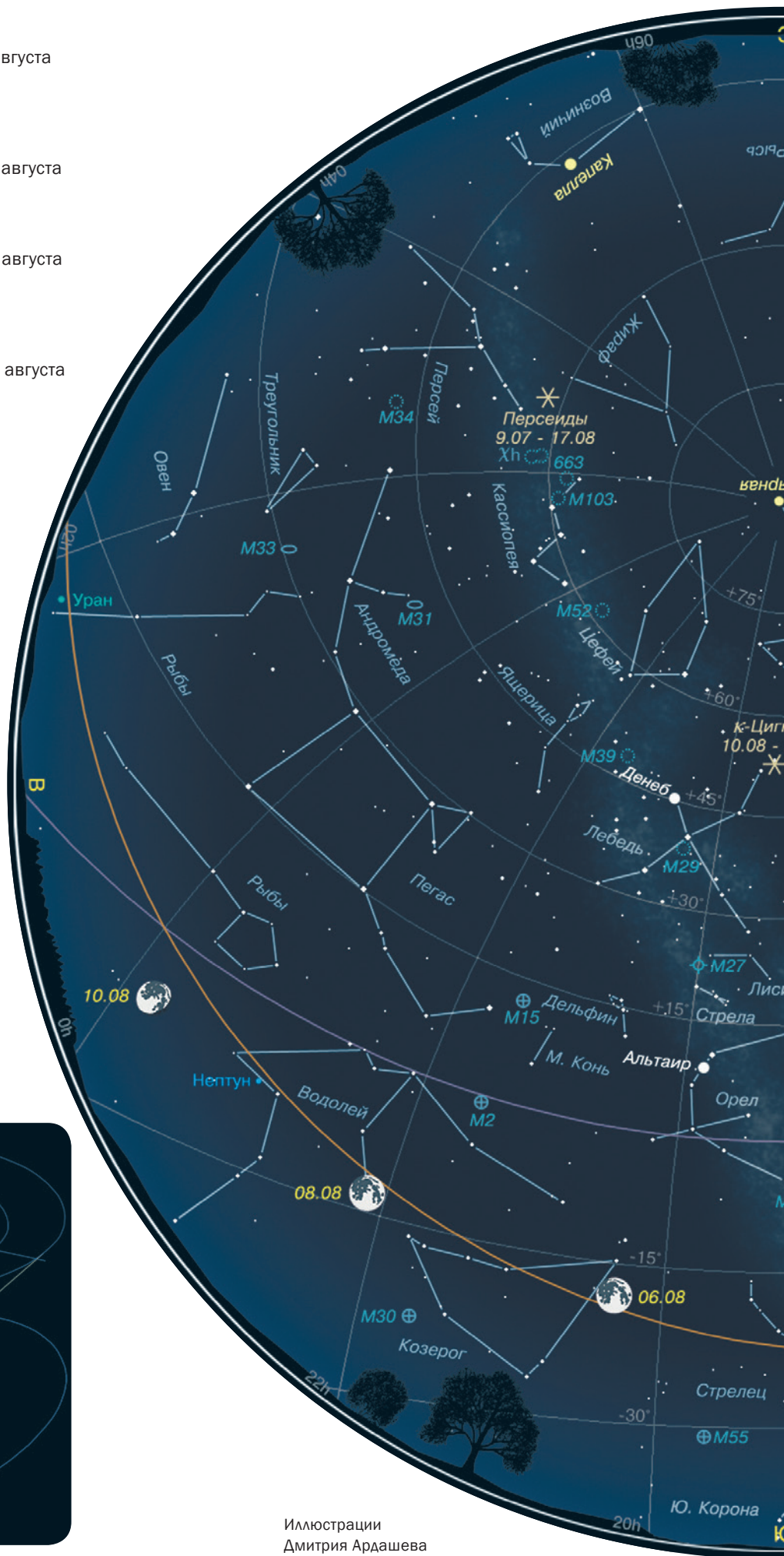
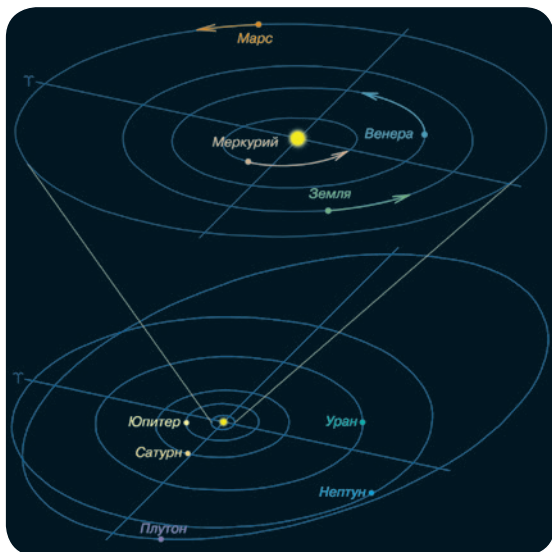
Вид неба на 50° северной широты:
 1 августа — в 0 часов летнего времени;
 15 августа — в 23 часа летнего времени;
 30 августа — в 22 часа летнего времени

Положения Луны даны на 20^h
 всемирного времени указанных дат

Условные обозначения:

-  рассеянное звездное скопление
-  шаровое звездное скопление
-  галактика
-  диффузная туманность
-  планетарная туманность
-  радиант метеорного потока
-  эклиптика
-  небесный экватор

Положения планет на орбитах
 в августе 2017 г.



Иллюстрации
 Дмитрия Ардашева



Видимость планет:

- Меркурий** — не виден
- Венера** — утренняя (условия благоприятные)
- Марс** — утренняя (условия неблагоприятные)
- Юпитер** — вечерняя
- Сатурн** — вечерняя (условия благоприятные)
- Уран** — утренняя (условия благоприятные)
- Нептун** — виден всю ночь

РЕКОМЕНДУЕМ!



OK17. Одесский астрономический календарь 2017



ГАО17. Астрономический календарь 2017

Полный перечень книг, наличие, цены
www.3planeta.com.ua
 или по телефону (067) 215-00-22



Россыпь галактик в созвездии Дракона

Две спиральные галактики NGC 5963 и NGC 5965 в созвездии Дракона образуют живописную пару на фоне множества более далеких звездных систем разнообразных форм и размеров (включая маленькие эллиптические галактики NGC 5969 и NGC 5973 левее и выше центра). На самом деле расстояние между ними в

пространстве весьма велико — порядка 110 млн световых лет. Более далекая NGC 5965 повернута к нам ребром, в ее окраске преобладают желтые и оранжевые оттенки. NGC 5963 — голубоватая и видна почти «плашмя», от нее нас отделяет около 40 млн световых лет. Ее слабые, с трудом отслеживаемые спиральные рукава позволяют

отнести ее к галактикам с низкой поверхностной яркостью.

Изображение составлено из снимков, сделанных украинским астрофотографом Олегом Брызгаловым на обсерватории Рожен (Болгария). Для сложения использован 31 кадр с 15-минутной экспозицией, снятый с фильтром L, и 15 кадров с фильтрами RGB (выдержки 450-600 секунд).



ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ
МИКРОСКОПЫ. БИНОКЛИ. ТЕЛЕСКОПЫ.

levenhuk[®]
Zoom&Joy[®]



Ознакомьтесь с продукцией Levenhuk вы можете на сайте 3planeta.com.ua
и в магазине «Третья Планета» по адресу:
Киев, ул. Нижний Вал, 3-7. Отдел продаж (067) 215-00-22.
Формируем дилерскую сеть.

МАГАЗИН ОПТИКИ «ТРЕТЬЯ ПЛАНЕТА»



Киев, ул. Нижний Вал, 3-7
(044) 295-00-22, (067) 215-00-22

ФОРМИРУЕМ ДИЛЕРСКУЮ СЕТЬ
omegon



▲ **ТЕЛЕСКОП OMEGON N 150/750 EQ-3**

Оптическая система: рефлексор Ньютона
Диаметр, мм: 150
Фокус, мм: 750
Светосила: 1/5
Максимальное полезное увеличение, крат: 300
Минимальное полезное увеличение, крат: 21
Проницающая способность, зв. вел.: 13,4
Разрешающая способность, угл. сек.: 0,76
Фокусер: 1,25" реечный (пластик)
Монтировка: экваториальная
Моторизация: возможна установка
Искатель: «красная точка»
Окуляры: 6,5 мм, 25 мм
Аксессуары: линза Барлоу 2x

Более подробную информацию о наших товарах можно найти на сайте 3planeta.com.ua
и в магазине «Третья Планета» по адресу: Киев, ул. Нижний Вал 3-7
Отдел оптовых продаж: +38 (067) 215-00-22, email: shop@3planeta.com.ua
Формируем дилерскую сеть