

# Вселенная

## пространство ★ время



ЕВРОАСТРОФЕСТ ЛОНДОН 2015

### ЗАГАДКА ПЕРВЫХ МГНОВЕНИЙ ВСЕЛЕННОЙ

### ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ

**ЭКСКЛЮЗИВ**

*Игорь Малов*

## КРАБОВИДНАЯ ТУМАННОСТЬ:

*тайны звездных  
катаклизмов*

Высокоэнергетические процессы во Вселенной — взрывы сверхновых, столкновения нейтронных звезд и черных дыр — относятся к наиболее интересным разделам современной науки. Их изучение позволяет нам лучше понять события, имевшие место вскоре после рождения нашего мира.



[www.universemagazine.com](http://www.universemagazine.com)



Модуль Philae: ждем новостей!

Секретный шаттл и «Звездная бригантина»

Новый проект колонии на Марсе



# ПРЕДЛОЖЕНИЕ МЕСЯЦА

## Телескоп Bresser Junior 60/700 AZ1

Лучший подарок к лету! Детская модель со «взрослыми» возможностями.

**20%**  
СКИДКИ\*



КОД JUNIOR01073107



### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

#### Оптическая система:

Рефрактор

Диаметр объектива, мм: 60

Фокусное расстояние, мм: 700

Максимальное полезное увеличение:

120 крат

#### Комплектация:

Оптическая труба

Азимутальная монтировка

Алюминиевый штатив с предметным столиком для аксессуаров

Окуляры 4 мм, 12,5 мм и 20 мм

Искатель оптический 5x24 мм

Оборачивающая линза 1,5x

Диагональное зеркало

Лунный фильтр

Диск с астрономическим ПО

Кейс

### НЕМЕЦКОЕ КАЧЕСТВО

Консультации и заказ по тел.:

(044) 295-00-22, (067) 215-00-22

[www.shop.universemagazine.com](http://www.shop.universemagazine.com)

Киев, ул. Нижний Вал, 3-7

\*условия акции действительны на территории Украины

## ДОСТУПНА ЦИФРОВАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА

С ПЕРВОГО НОМЕРА ПО ТЕКУЩИЙ ♦ В ЛЮБОЙ ТОЧКЕ МИРА ♦ В ЛЮБОЕ ВРЕМЯ



«ВСЕЛЕННАЯ, ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ» — ЭТО:

- Актуальная информация от ведущих мировых обсерваторий, университетов и космических агентств
- Авторские статьи: просто о сложном
- Впервые публикуемые фантастические рассказы
- Эксклюзивные обзоры и аналитические материалы

[WWW.SHOP.UNIVERSEMAGAZINE.COM](http://WWW.SHOP.UNIVERSEMAGAZINE.COM)



# СОДЕРЖАНИЕ

## Июнь 2015



стр.10

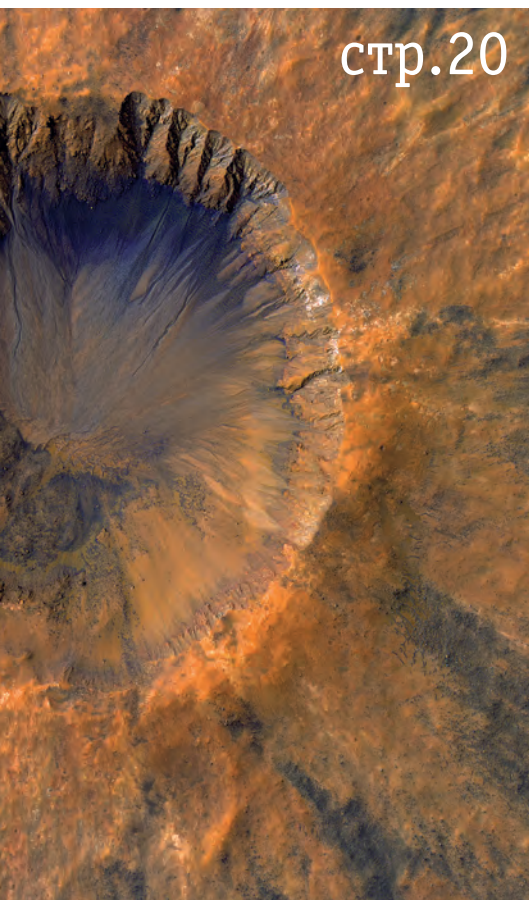
### ВСЕЛЕННАЯ

**Космическая инфляция: загадка первых мгновений Вселенной**  
Джо Данкли

### Новости

Черные дыры «регулируют рождаемость»

Сюрпризы магнитара в центре Млечного Пути



стр.20

**Гравитационные волны: самое ожидаемое открытие XXI века**  
Мартин Хендри 10

Обсерватория LIGO станет чувствительнее 13

**Крабовидная туманность: тайны звездных катаклизмов**  
Игорь Малов 14

Космическая «Медуза» 19

### СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

### Новости

Молодой кратер в Бороздах Сирены 20

Тысяча солов Curiosity 20

Новый проект колонии на Марсе 22

Успех неудачных испытаний LDSD 23

Начато тестирование посадочного модуля InSight 24

Церера все ближе 25

Удивительные луны в поле зрения Cassini 26

Модуль Philae: ждем новостей! 28

Беспорядок в небесном «царстве теней» 30

Разные лики Плутона 31

### КОСМОНАВТИКА

### Новости

Секретный шаттл и «Звездная бригантина» 32

Leonardo на новом месте 33

### ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Небесные события августа 34

«Тротуарка» на Третей планете 38



**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 институт им. П.К.Штернберга Московского государственного университета, Международного Евразийского астрономического общества, Украинской астрономической ассоциации, Информационно-аналитического центра «Спейс-Информ», Аэрокосмического общества Украины



стр.26

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

Руководитель проекта, главный редактор: Гордиенко С.П., к.т.н.  
Руководитель проекта, коммерческий директор: Гордиенко А.С.  
Выпускающий редактор: Манько В.А.  
Редакторы: Ковальчук Г.У., Остапенко А.Ю. (Москва)  
Редакционный совет: Андронов И.А. — 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 информационного комитета Аэрокосмического общества Украины, 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

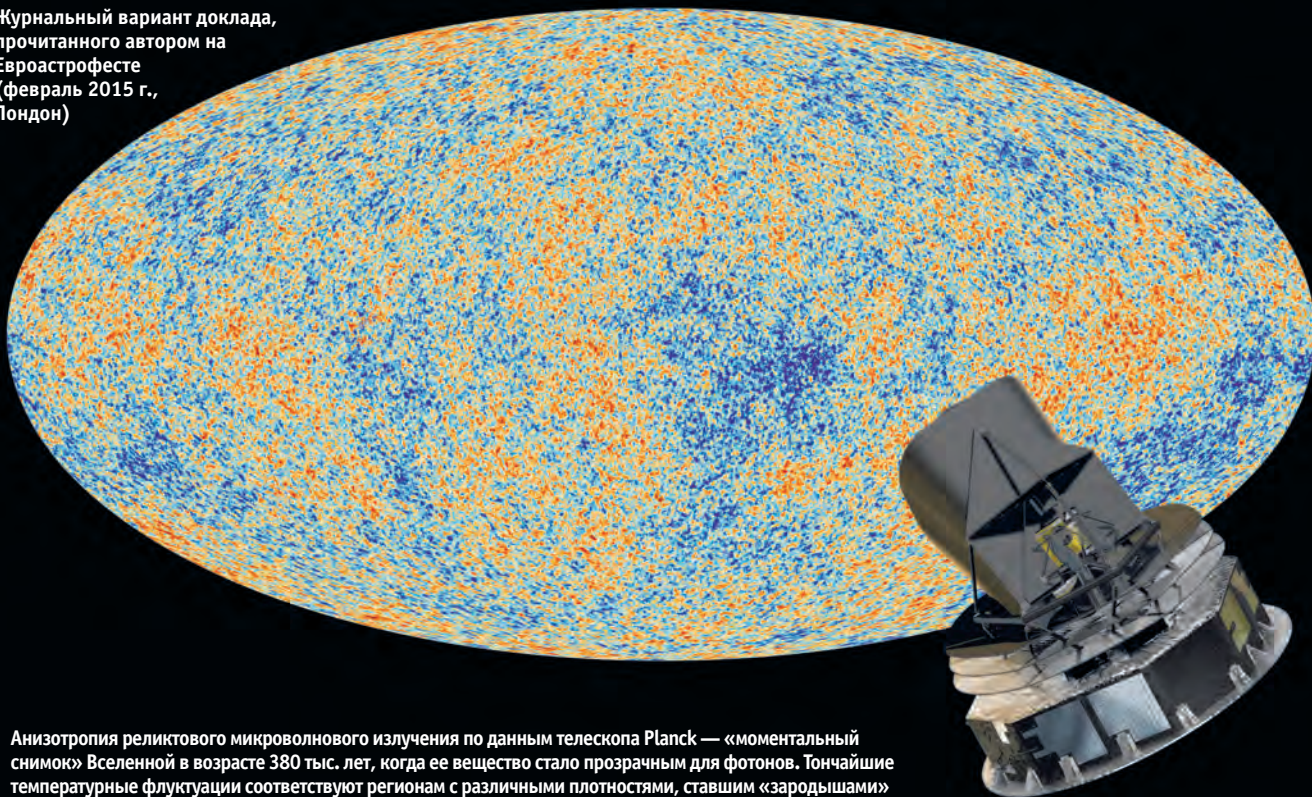
Чурюмов К.И. — член-корреспондент НАН Украины, доктор ф.-м. наук, профессор Киевского национального Университета им. Т. Шевченко  
Дизайн, компьютерная верстка: Галушка Светлана  
Отдел продаж: Царук Алена, Чура Павел  
тел.: (067) 370-60-39, (067) 215-00-22  
Адрес редакции: 02097, Киев, ул. Милославская, 31-Б, к. 53  
тел./факс: (044) 295-00-22  
e-mail: uverce@gmail.com  
info@universemagazine.com  
www.universemagazine.com

тел.: (499) 707-13-10, (495) 544-71-57, (800) 555-40-99 звонки с территории России бесплатные  
Распространяется по Украине и в странах 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»  
© ВСЕЛЕННАЯ, пространство, время — №6 июнь 2015  
Зарегистрировано Государственным комитетом телевидения и радиовещания Украины.

Свидетельство КВ 7947 от 06.10.2003 г.  
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 — 60x90/8  
Отпечатано в типографии ООО «Прайм-принт», Киев, ул. Малинская, 20.  
т. (044) 592-35-06



Журнальный вариант доклада, прочитанного автором на Евроастрофесте (февраль 2015 г., Лондон)



Анизотропия реликтового микроволнового излучения по данным телескопа Planck — «моментальный снимок» Вселенной в возрасте 380 тыс. лет, когда ее вещество стало прозрачным для фотонов. Тончайшие температурные флуктуации соответствуют регионам с различными плотностями, ставшим «зародышами» будущих крупномасштабных структур.

ESA and the Planck Collaboration - D. Ducros

# Космическая инфляция: загадка первых мгновений Вселенной

В самом начале существования нашего мира с ним происходило нечто невероятное...

**Н**аиболее удачная идея, описывающая начальные мгновения нашей Вселенной, исходит из того, что в первую триллионную долю секунды ее существования имела место так называемая инфляция (раздувание). Этот период можно вкратце охарактеризовать как рост Вселенной со

скоростью, намного большей, чем скорость света, сопровождавшийся появлением неоднородностей, позже приведших к возникновению звезд и галактик. Сейчас ученые занимаются поиском доказательств инфляции, оставшихся в виде «ряби» пространства-времени, которую можно обнаружить в тусклом микроволновом излучении фона, путешествовавшем по Вселенной миллиарды лет. В прошлом году появилась надежда, что эту «рябь» удалось найти, но пока она все еще остается гипотезой. Возможность разрешения этих проблем и перспективы дальнейших поисков связываются с использованием космических телескопов, а также обсерваторий в Чили и на Южном полюсе.



Джо Данкли  
(Joe Dunkley)

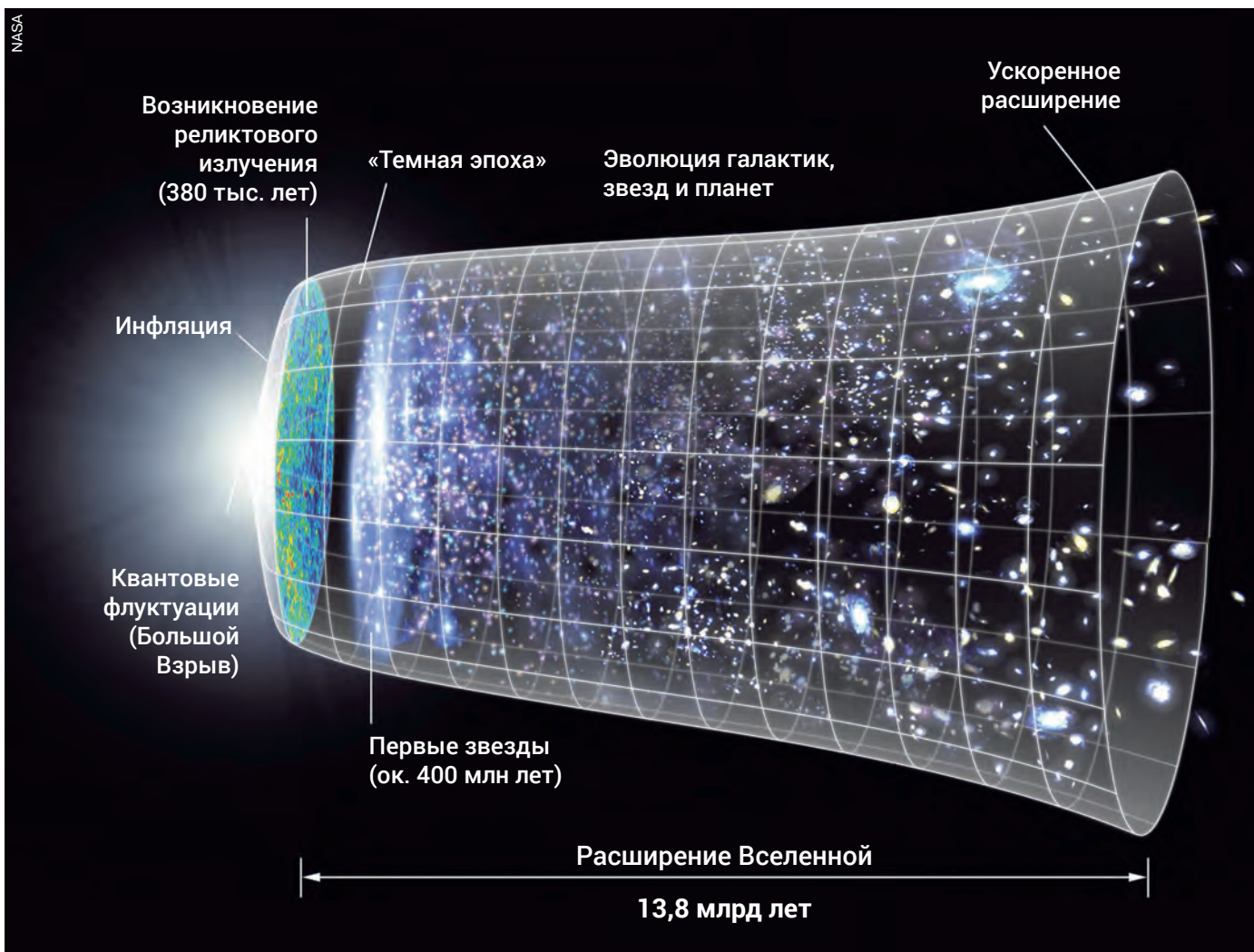
Профессор астрофизики в Университете Оксфорда. Ведет исследования в области космологии, происхождения и эволюции Вселенной, предметом особенного интереса является микроволновое реликтовое излучение — первый свет, «пронзивший» остывающую материю через 380 тыс. лет после Большого Взрыва. Институт физики наградила ее Медалью Максвелла, а Королевское астрономическое общество присудило Премию Фаулера. Талантливый популяризатор астрономии на ТВ и радио, широко известный лектор.

## Основы космологии

...Принято считать, что мы живем в расширяющейся Вселенной. Все галактики, которые мы видим (за исключением нескольких ближайших), удаляются друг от друга, и это означает, что у нашего мира было начало.

Все, что мы видим во Вселенной, мы видим таким, каким оно было в прошлом: например, Солнце мы наблюдаем спустя во-





▲ Хронология Вселенной согласно современным данным. Ее расширение на протяжении всей истории происходило с примерно одинаковой скоростью, и только в первые мгновения после Большого Взрыва она испытала стремительное «раздувание».

семь с небольшим минут, многие звезды — такими, какими они были годы, десятки и даже сотни лет назад. Можно «отступить» еще дальше в прошлое и увидеть галактики, которые были такими сотни тысяч лет, а также миллионы и сотни миллионов лет назад.

Реликтовое микроволновое излучение — самое раннее изображение Вселенной, которое мы можем видеть. Его исследованиями занимался космический телескоп Planck — огромный спутник размером с автобус, запущенный в 2009 г.

Реликтовое излучение путешествовало по Вселенной почти 14 млрд лет, оно очень тусклое, очень холодное, зарегистрировать его можно только в радиодиапазоне. На заглавном изображении показано распределение температуры в этом излучении. Красный цвет соответствует более горячим областям, синий — более холодным. Здесь не видно ни звезд, ни галактик: в те времена они даже не начали формироваться. Зато мы видим неравномерности, которые были в ранней Вселенной и позже стали «зародышами» галактик и их скоплений. Тогда эти неравномерности представляли собой крошечные отклонения от среднего значения, «рябь» в первичном пространстве-времени.

Но что было еще раньше? Вселенная была настолько горяча, что представляла собой смесь протонов и электронов, свет еще не мог свободно проходить сквозь такую среду. Только в определенный момент — после того, как достаточно расширилась и охладилась — она стала прозрачной.

Если бросить камень в пруд, он вызовет волны на водной поверхности. Изучая эти волны, можно понять породившую их

причину. Наблюдая картину микроволнового фона Вселенной, можно представить, что происходило спустя небольшое время после момента Большого Взрыва. И вот что удалось обнаружить.

В первую триллионную долю секунды Вселенная претерпела невероятную метаморфозу — она подверглась инфляции. Хотя инфляция и является самой популярной гипотезой того, что тогда происходило (и лучше всего согласуется с данными наблюдений), она по-прежнему остается загадкой: мы не понимаем, как работала эта безумная физика. На протяжении кратчайшего мгновения произошло совершенно невообразимое расширение пространства — невероятно быстро, быстрее скорости света. Представьте, что пространство размером в несколько пассажирских вагонов выросло до размеров наблюдаемой нами Вселенной... в одну триллионную секунды!

Мы не можем измерить параметры инфляции: все, что мы видим — это реликтовое микроволновое излучение, возникшее значительно позже ее завершения. Тем не менее, космологи очень надеются, что она имела место в истории нашего мира, поскольку именно тогда могла возникнуть та самая «рябь» пространства-времени, которую они ищут.

В период инфляции квантовая механика и Общая теория относительности были одним целым в условиях совершенно экстремальной плотности, которую мы можем представить себе сейчас с большим трудом.

Квантовая механика говорит: в любой точке пустого пространства могут рождаться и аннигилировать пары элементарных



частиц. Что же происходило во время инфляции? Квантово-механическая «рябь» из пар элементарных частиц очень быстро росла, при этом частицы в какой-то момент оказались разделенными настолько большими расстояниями, что уже не смогли аннигилировать снова. И эта картина замерла в макроскопических масштабах навсегда. Современные галактики и их скопления, как считают космологи, являются наилучшими отпечатками той самой «ряби» пространства-времени.

Согласно предсказаниям теории, инфляция после Большого Взрыва должна была быть настолько сильной, что вызвала в пространстве-времени возмущения, которые теперь называют гравитационными волнами.

### Поиски гравитационных волн

Мы считаем, что пространство каким-то образом фиксировано, стационарно. Об этом нам постоянно говорит наш повседневный опыт здесь, на Земле. Но когда гравитация достаточно сильна, пространство перестает быть стабильным: гравитационные волны, которые распространяются прямо через него, вызывают его искривление. Оно растягивается и сжимается. Если бы мы наблюдали достаточно мощные гравитационные волны в своей комнате, мы бы видели, как она постоянно меняет свой размер.

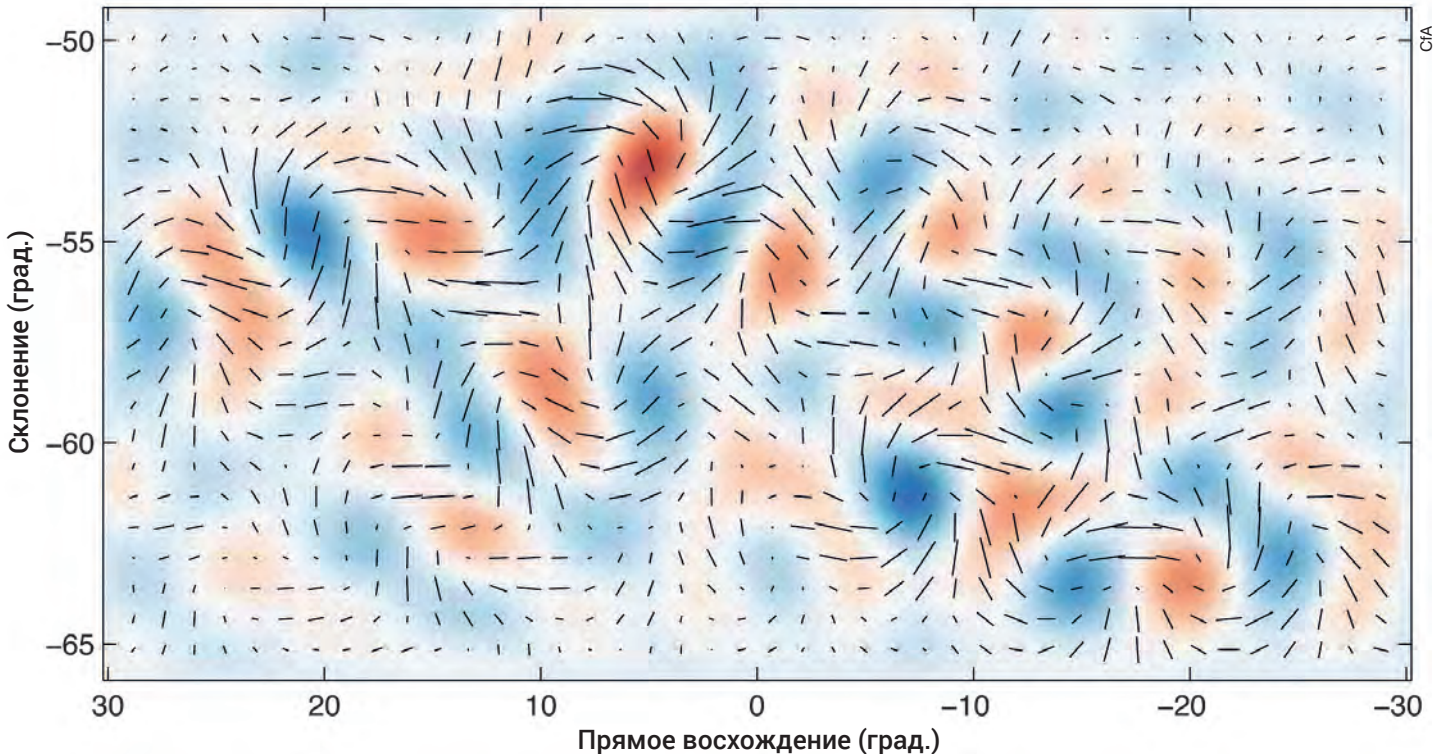
Теперь для подтверждения гипотезы космической инфляции нужно обнаружить эти волны. Между группами ученых су-

ществует определенная конкуренция за первенство в этом открытии — будут ли это космологи, которые вглядываются в дальний космос и изучают реликтовый фон, или же физики, которые занимаются черными дырами и другими высокоэнергетическими событиями во Вселенной, порождающими гравитационные волны...

Если эти волны проходили через Вселенную, когда ее возраст был порядка 300 тыс. лет, они должны были вызвать определенный эффект — поляризацию фонового излучения, которое и было обнаружено в ходе миссии Planck. Поляризация света — это выделение одного направления колебаний электромагнитного излучения из всех возможных направлений, присутствующих в неполяризованном свете. Большая часть излучения, приходящего к нам со всех концов Вселенной, поляризовано взаимодействием с атомами углерода. Таким же образом поляризовано микроволновое фоновое излучение.

В конце 2014 г. ученые, работающие на телескопе BICEP2, расположенном на Южном полюсе, сообщили, что они обнаружили гравитационные волны — точнее, некоторые закономерности в поляризации фонового излучения, которые должны были в нем остаться после их прохождения. Но этот поляризованный сигнал настолько слаб, что потребуются телескопы нового поколения, чтобы подтвердить или опровергнуть полученные измерения. Planck, который до недавнего времени использовали для

▼ Снимок отдельного участка неба с указанной закономерностью поляризации, полученный телескопом BICEP2. Если присмотреться, можно увидеть что-то наподобие квадратов — то, что и ожидалось от воздействия гравитационных волн.



Телескопы, бинокли, подзорные трубы, микроскопы и аксессуары к оптике вы можете приобрести в нашем Интернет-магазине [www.shop.universemagazine.com](http://www.shop.universemagazine.com)



решения этих вопросов, был разработан 20 лет назад, но с тех пор технологии ушли далеко вперед.

Мы живем в Галактике — гигантском диске из звезд, пыли и газа диаметром в 100 тыс. световых лет, примерно на полпути от его ядра к далеким окраинам. Самая большая проблема для астрономов — как мы можем отделить свет, идущий к нам с расстояний почти 14 млрд световых лет, от света, который испускают гораздо более близкие галактические источники?

Еще совсем недавно не было достоверных сведений о том, на что похож свет нашей собственной Галактики. Однако к настоящему моменту ученые уже имеют общую картину теплового фона от нагретой звездами пыли вместе с газом, который закручивается галактическим магнитным полем. У продолговатых пылинок есть интересное свойство: они ориентируют свою большую полуось перпендикулярно плоскости Млечного Пути, и в такой ориентации отправляют нам сигнал с той же длиной волны, что и Большой Взрыв. И поэтому иногда очень трудно определить, видим ли мы излучение пыли или же все-таки реликтовое излучение. Но если измерить интенсивность свечения в разных диапазонах длин волн, можно попробовать все-таки выделить пыль из общего сигнала. Planck смог вычлест излучение пылевой материи из

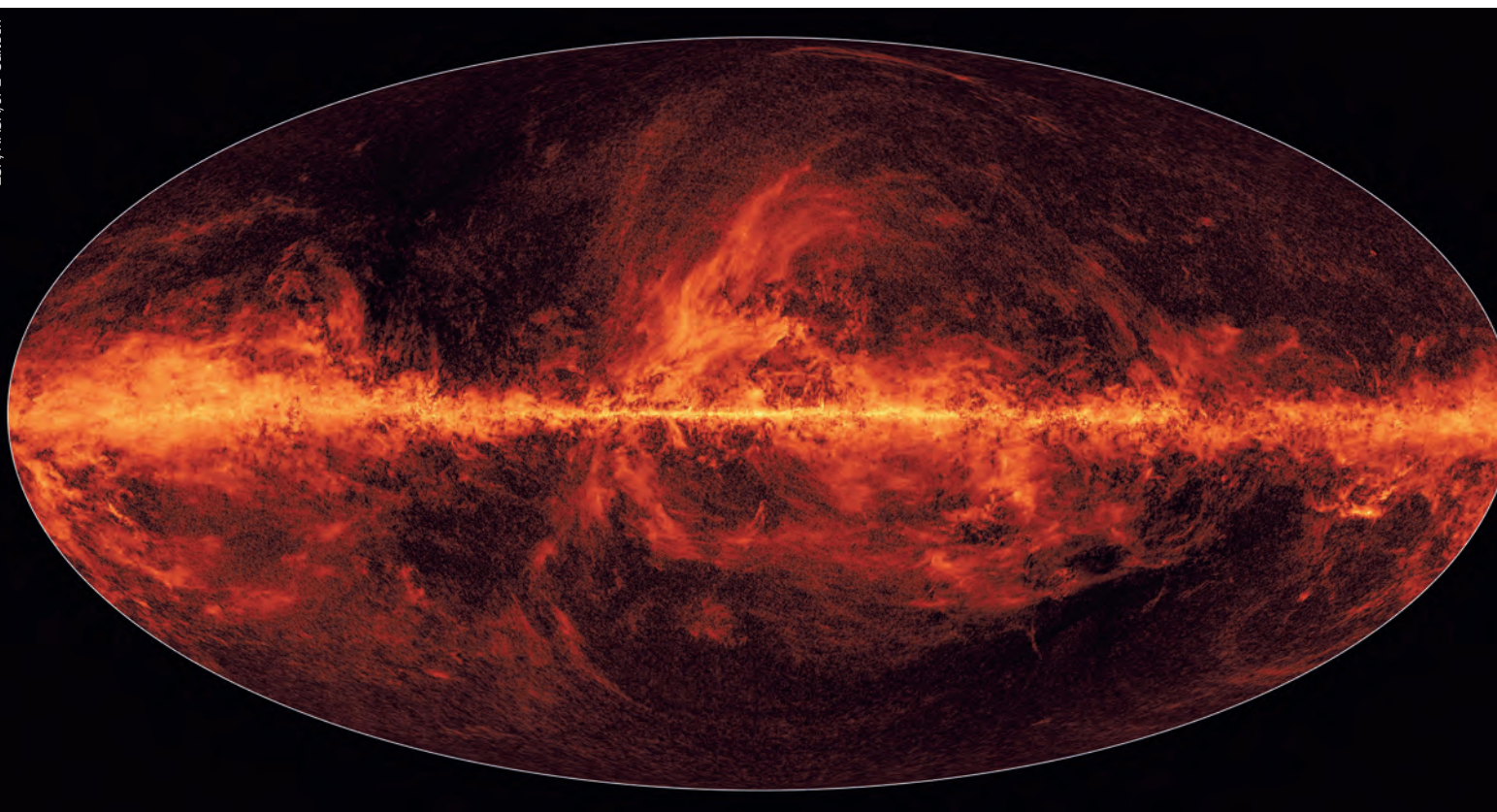
микроволнового фона, благодаря чему удалось построить карту собственного свечения нашей Галактики. Тем не менее, это не стало для ученых большим сюрпризом, к тому же пока никак не получается решить проблему наложения обоих сигналов.

### Что нас ждет?

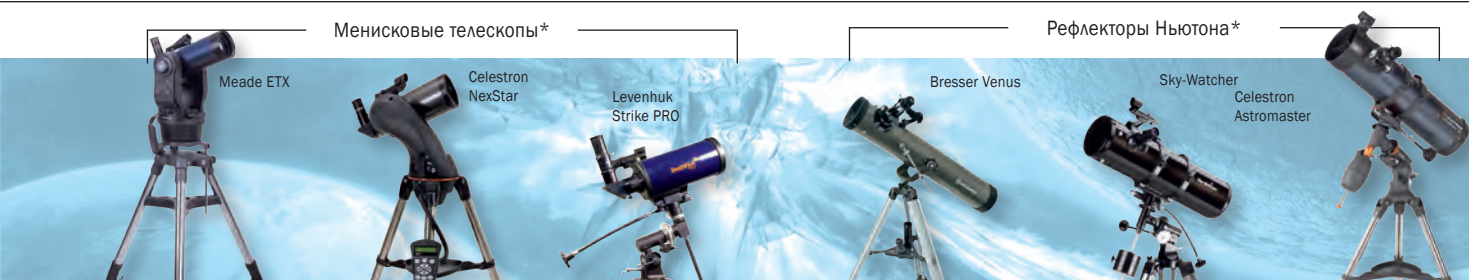
Новые телескопы будут работать в различных спектральных диапазонах, что даст им возможность функционировать эффективнее, чем Planck. Мы не можем предвидеть, насколько мощным окажется сигнал от гравитационных волн, нам просто нужно идти вглубь в поисках излучения очень низкой интенсивности.

И напоследок — несколько слов о проектах в области изучения микроволнового фона. Один проект — Spider — представляет собой телескоп на стратосферном аэростате, который запустили в Антарктиде. Второй телескоп ACT строится сейчас в пустыне Атакама, на высоте 5 тыс. метров. Сложно сказать, что удастся увидеть благодаря им, но каждый шаг в этом направлении обещает быть исключительно интересным.

Оставайтесь с нами!



▲ Карта распределения холодной галактической пыли по небесной сфере, построенная по данным наблюдений европейского космического телескопа Planck на частоте 353 ГГц (что соответствует длине волны 0,85 мм). Практически все это излучение поляризовано в результате взаимодействия с пылевыми частицами, однако часть поляризации может быть обусловлена влиянием гравитационных волн, возникших на самых ранних этапах эволюции Вселенной. Разделение двух этих типов поляризации на данный момент представляет собой одну из важнейших и сложнейших задач астрономии.



\* Цена зависит от модели





## Черные дыры «регулируют рождаемость»

Согласно современным представлениям, механизм образования новых звезд начинается сжатием сгустка вещества в массивном молекулярном облаке под действием собственной силы тяготения в результате гравитационной неустойчивости. Их рождение может быть значительно ускорено, если на межзвездную газово-пылевую среду воздействует внешний «стимулирующий» фактор (например, ударная волна от взрыва сверхновой или давление сильного звездного ветра массивных горячих светил), приводящий к образованию областей пространства с более высокой плотностью материи. Но если такие воздействия будут слишком интенсивными, это может вызвать обратный процесс — разрушение молекулярных облаков или рассеивание вещества в пространстве с уменьшением плотности.

Результаты недавних наблюдений показали, что в галактиках, ядра которых содержат сверхмассивные черные дыры с более высокой активностью, формируется меньшее количество звезд, чем в галактиках с менее активными ядрами. Принято считать, что такие объекты, по массе в миллионы раз превышающие Солнце, имеют в центре всех крупных звездных систем.

Звздообразование тесно связано с процессами, происходящими в галактическом ядре: в общем случае, чем актив-

нее ядро (то есть чем больше энергии оно излучает) — тем интенсивнее идет звездообразование в галактике.

Активность черной дыры зависит от количества вещества, взаимодействующего с ней. Оно разогревается до очень высоких температур и создает сильный ветер из заряженных частиц, при этом происходит излучение высокоэнергетических рентгеновских и гамма-квантов.

В ранней истории Вселенной галактики содержали значительно большее количество газово-пылевого вещества, а следовательно, их ядра были намного более активными и интенсивность формирования звезд тогда также была выше. Примерно 6 млрд лет назад активность ядер начала подавлять звездообразование. Увеличение мощности излучения сверхмассивных черных дыр, очевидно, приводит к нагреву и рассеиванию облаков холодного галактического газа, в которых рождаются звезды. Новые исследования показывают физическую картину только в определенный период времени, не учитывая общую зависимость темпа звездообразования от активности ядер в эволюции галактик.

Для того, чтобы понять, как активные ядра влияют на звездообразование, международная группа ученых исследовала выборку 65 галактик, удаленных от нас во времени в интервале от 8 до 12 млрд лет.

В этот период темпы формирования звезд были приблизительно в 10 раз выше, чем в современную эпоху, а сами галактики имели светимость, на три порядка превосходящую светимость нашего Млечного Пути.

Ученые использовали данные, полученные инструментом SPIRE инфракрасного космического телескопа Herschel, работавшим в диапазоне длин волн 250-500 мкм. Оказалось, что при умеренных интенсивностях излучения ядер их активность и темпы звездообразования находятся в пропорциональной зависимости. Но при очень большой светимости ядер — более  $10^{44}$  эрг/с ( $10^{37}$  Вт) — последние своим излучением фактически разрушают густые газопылевые облака и «выталкивают» их материал из галактики, оставляя процессы формирования новых светил без «сырья». Если светимость не превышала указанный порог, темпы звездообразования составляли 210 солнечных масс в год, а при его превышении они резко падали до 65.

Тем не менее, остается открытым вопрос: подавляется ли звездообразование сразу с появлением активной галактики, или же оно замедляется только по мере роста активности сверхмассивной черной дыры в ее ядре? Для ответа на этот и многие другие вопросы нужны новые наблюдения, охватывающие намного большее количество объектов...



# Сюрпризы магнитара в центре Млечного Пути

Опубликованы результаты двухлетнего мониторинга магнитара SGR 1745-2900, обнаруженного в апреле 2013 г. спутником Swift в ходе кратковременной вспышки этого объекта в жестком рентгеновском диапазоне. Его особенностью является то, что он расположен на расстоянии всего трети светового года (около 2,8 трлн км, или почти 19 тыс. астрономических единиц) от сверхмассивной черной дыры (ЧД) в центре нашей Галактики, масса которой более чем в 4 млн раз превышает солнечную.<sup>1</sup>

Магнитары представляют собой молодые нейтронные звезды с сильным внешним магнитным полем, имеющим напряженность порядка  $10^{14}$ - $10^{15}$  гаусс.<sup>2</sup> Вдобавок SGR 1745-2900 является ближайшей к галактическому центру нейтронной звездой. Ученые не исключают возможной гравитационной связи между ним и сверхмассивной ЧД. Наблюдения данного объекта велись с помощью двух рентгеновских обсерваторий — XMM-Newton (ESA)<sup>3</sup> и Chandra (NASA)<sup>4</sup> в диапазоне энергий 0,3-12 килоэлектрон-вольт. С момента вспышки в апреле 2013 г. и до конца 2014 г. этими спутниками было проведено соответственно 8 и 25 сеансов наблюдений. Выяснилось, что поток рентгеновского излучения после вспышки убывает значительно медленнее, а температура поверхности SGR 1745-2900 заметно выше по сравнению с другими магнитарами.

Для объяснения полученных данных ученые вначале попытались применить распространенную модель вспышек магнитаров как последствий звездотрясений

(starquakes), разработанную еще в 1992 г. В этой модели предполагается, что твердый тонкий поверхностный слой (кора) нейтронной звезды иногда может трескаться, подобно земной коре при землетрясениях. Вследствие этого резко увеличивается поток протонов от сверхплотного объекта, которые, взаимодействуя с его магнитосферой, порождают вспышки в рентгеновском и гамма-диапазонах. Однако такая модель не смогла объяснить изменение потока высокоэнергетического излучения SGR 1745-2900 и температуру его коры. В мо-

дели звездотрясений яркость и температура уменьшались намного быстрее, чем в реальности.

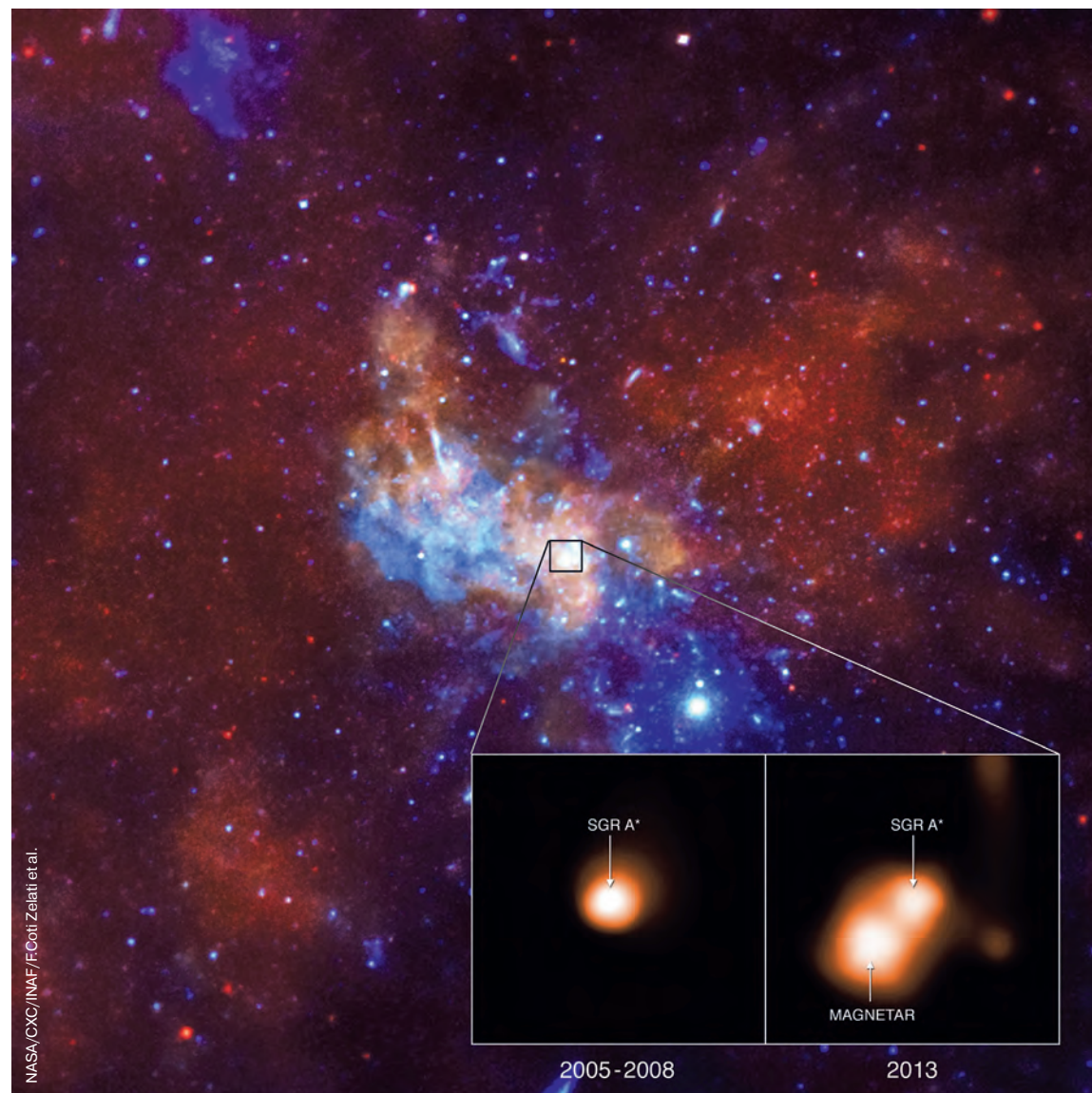
Результаты наблюдений можно объяснить, если дополнительно учесть бомбардировку поверхности нейтронной звезды частицами высоких энергий, захваченными сильно закрученным магнитным полем, которое появилось при рождении магнитара. Эти частицы, сталкиваясь с поверхностью, могут ее дополнительно нагревать. Хотя, как отмечается в публикации, посвященной исследованиям, влияние такого механизма

еще нужно проверить с помощью дополнительных компьютерных симуляций.

Пока ученые не склонны связывать необычные свойства магнитара SGR 1745-2900 с близостью сверхмассивной черной дыры в центре нашей Галактики: расстояние между ними все же достаточно велико. Тем не менее, наблюдения этого уникального объекта обязательно будут продолжаться.

Источник: *Magnetar Near Supermassive Black Hole Delivers Surprises.* — Chandra Release SGR 1745-2900, May 14, 2015.

▼ Комбинированный снимок центра нашей Галактики в разных диапазонах спектра. На врезке — изображение окрестностей радиоисточника Sgr A\*, полученное рентгеновской обсерваторией Chandra и соответствующее излучению вещества вокруг сверхмассивной черной дыры. Соседний с ним источник — магнитар SGR 1745-2900, который в 2005-2008 гг. не был виден. Условные цвета соответствуют энергиям: красный — 2-3,3 кэВ, зеленый — 3,3-4,7 кэВ, синий — 4,7-8 кэВ.



NASA/CXC/INAF/F.Coti/Zelati et al.

<sup>1</sup> ВПВ №12, 2005, стр. 14;

№10, 2008, стр. 13

<sup>2</sup> ВПВ №2, 2015, стр. 20

<sup>3</sup> ВПВ №1, 2014, стр. 5

<sup>4</sup> ВПВ №11, 2013, стр. 5



# ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ: *самое ожидаемое открытие XXI века*

Гравитационные волны, предсказанные Эйнштейном — «рябь» ткани пространства-времени, возникающая при самых бурных событиях в нашей Вселенной: взрывах звезд, столкновениях черных дыр и при самом Большом Взрыве.

Так в представлении художника выглядят две нейтронных звезды в момент столкновения. Согласно последним наблюдениям, такие события сопровождаются гамма-всплесками — мощнейшими выбросами энергии, видимыми с огромных расстояний. Также в ходе них образуются атомы тяжелых элементов (не исключено, что все земное золото является продуктом одного или нескольких подобных столкновений).

Журнальный вариант доклада, прочитанного автором на Евроастрофесте (февраль 2015 г., Лондон)



Используя глобальную сеть интерферометров, среди которых имеются наиболее чувствительные приборы, когда-либо построенные человеком, астрономы вплотную приблизились к открытию гравитационных волн.

Уникальные технологии, лежащие в основе этих исследований, позволяют изучать фундаментальные вопросы астрофизики, космологии, галактической астрономии, а возможно — даже структуры пространства-времени. Ответы на эти вопросы могут быть найдены после открытия нового «окна» во Вселенную, которое нам предоставит техника регистрации гравиволн.

### Что такое гравитационные волны?

Ньютон, рассуждая о силе тяжести, действующей на тело, не интересовался природой этой силы. Но каков механизм воздействия одного тела на другое на большом расстоянии в космосе? Что искривляет путь Луны, заставляя двигаться ее по орбите вокруг Земли?

Гравитация в эйнштейновской Вселенной стала свойством пространства-времени, искривление которого массивным объектом приводило к искривлению пути любого другого тела в условном гравитационном поле. Пространство-время «говорит» материи, как ей двигаться, а материя «говорит» пространству-времени, как ему искривляться. При этом гравитационные волны — это «рябь» на самой ткани этого пространства-времени, возникающая при изменении гравитационных полей. Их появление вызывают самые масштабные события во Вселенной: взрывы сверхмассивных звезд, столкновения черных дыр, но в первую очередь — сам Большой Взрыв.

Еще в 1975 г. внимание ученых Рассела Халса и Джо Тейлора (Russel Hulse, Joe Taylor) привлекла тесная пара нейтронных звезд — пульсаров, которые они изучали при помощи 300-метрового радиотелескопа в Аресибо. Выяснилось, что радиусы орбит, по которым эти объекты обращаются вокруг общего центра масс, постепенно уменьшаются. Это уменьшение орбит происходит вследствие выделения энергии в виде гравитационных волн, а величина смещения периастров (ближайших к центру масс точек орбит) находится в полном соответствии с предсказаниями ОТО. Но для того, чтобы надежно зарегистрировать гравитационные волны, необходимо было гораздо более тесное сближение нейтронных звезд.

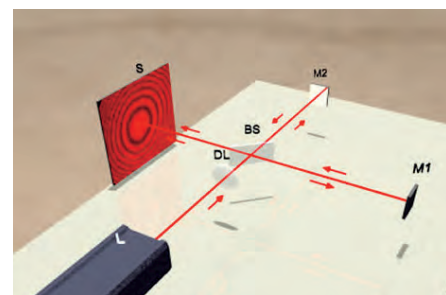
Поэтому сейчас астрономы ведут поиски максимально тесных пар сверхплот-



**Мартин Хендри (Martin Hendry)**

Профессор гравитационной астрофизики и космологии университета Глазго, где также возглавляет школу физики и астрономии. Участник программы LIGO — глобальной команды, включающей 900 ученых, которые с помощью самых передовых технологий пытаются «поймать» гравитационные волны. Бывший стипендиат программы «Наука и Общество» Комитета по науке и технологиям Великобритании, страстный вдохновитель популяризации науки в школах и для широкой общественности. В 2011 г. стал избранным стипендиатом Королевского общества Эдинбурга.

ных объектов, чтобы, используя новые технологии, попытаться все-таки обнаружить гравитационные волны. «Выплескивая» их в пространство и двигаясь по сокращающимся орбитам, эти объекты, в конце концов, сольются в один. Гравиволны по многим своим параметрам похожи на волны на поверхности пруда: чем дальше от источника — тем они слабее. Когда они достигнут Земли, они станут невероятно слабыми. Чтобы их обнаружить, нужно обладать чувствительностью, позволяющей заметить сдвиг на величину порядка тысячной доли размера протона.



▲ Схема лазерного интерферометра. L — лазер, BS — разделитель луча, M1 & M2 — зеркало 1 и зеркало 2, S — экран.

### Сложности измерений

LIGO — Лазерный интерферометр обсерватории гравитационных волн — работает с интерферометрами километровых масштабов на двух площадках в Ливингстоне (Луизиана) и Хэнфорде (Вашингтон). В принципе, он очень похож на прибор Майкельсона, но значительно превосходит его по размерам. В его центре находится разделитель лучей, который выводит лазерный луч на два зеркала, ►





Общий вид наземной станции обсерватории LIGO в Ливингстоне (штат Луизиана).

LIGO Scientific Collaboration



Одна из обсерваторий LIGO в Хэнфорде (штат Вашингтон).

LIGO Scientific Collaboration

расположенные под прямым углом. Зеркала отражают лучи обратно, к наблюдателю, и он видит интерференционную картину, возникающую при наложении электромагнитных волн. Гравитационные волны приводят к крошечным сдвигам зеркал (на 4 км базы интерферометра они должны составлять порядка  $10^{-18}$  м) и смещению всей интерференционной картины, которое можно обнаружить и измерить.

Но у чувствительности LIGO есть несколько естественных ограничений, задаваемых сейсмическим, гравитационным, термическим и фотонным шумом, а также давлением излучения. Чтобы уменьшить их влияние, необходимо строить детекторы с еще большей базой. В разных странах уже существует несколько работающих интерферометров с базами от сотен метров до 3-4 км. Научное сотрудничество LIGO охватывает около 900 ученых во всем мире.

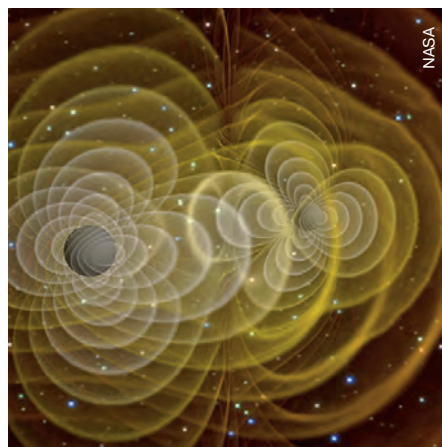
Внимание астрофизиков, занимающихся поиском гравитационных волн, в первую очередь привлекают такие объекты:

- Сливающиеся нейтронные звезды, черные дыры;
- Взрывы сверхновых, космические струны;
- Гравитационные волны космического фона;
- Постоянные источники гравитационных волн — двойные нейтронные звезды.

Астрономия гравитационных волн преследует такие научные цели:

- Выяснить, насколько распространены во Вселенной черные дыры звездной массы;
- Узнать, что питает энергией гамма-всплески;
- Доказать существование черных дыр промежуточной массы;
- Изучить процессы, сопровождающие коллапс массивных звезд;

- Уловить гравитационные волны, испускаемые вращающимися нейтронными звездами;
- Уточнить распределение нейтронных звезд и белых карликов в Галактике;
- Определить, насколько массивной может быть нейтронная звезда;



NASA

▲ **Модель столкновения черных дыр, созданная суперкомпьютером.** Центр релятивистских и гравитационных вычислений Технологического института Рочестера (Center for Computational Relativity and Gravitation, Rochester Institute of Technology) получил грант в размере 330 тыс. долларов от Национального научного фонда на проведение детальных компьютерных симуляций столкновений черных дыр. Моделирование осуществляется на 85 двухъядерных процессорах, объединенных в один суперкомпьютер с 1,4 терабайтами оперативной памяти и 36-терабайтным жестким диском.

- Выяснить причины вспышек пульсаров, всплесков рентгеновского и гамма-излучения в магнитоарах;
- Описать историю звездообразования во Вселенной.

### Что мы увидим?

В конце концов, астрономия гравитационных волн должна стать таким же разделом наблюдательной астрономии, как и другие ее направления, в рамках которых производятся наблюдения в различных диапазонах электромагнитного спектра — на

пример, в инфракрасном, рентгеновском и гамма-диапазоне. Это будет, без преувеличения, новое окно во Вселенную.

Гравитационные исследования помогут решить также следующие важнейшие фундаментальные вопросы:

- Каковы свойства гравитационных волн?
- Является ли ОТО правильной теорией гравитации?
- Работает ли ОТО в условиях экстремально большой гравитации?
- Являются ли черные дыры теми объектами, которые описывает ОТО?
- Как ведет себя материя при экстремальных плотностях и давлениях?
- Почему расширение Вселенной ускоряется?
- Через какие фазовые превращения прошла ранняя Вселенная?

В 2006-2011 гг. астрономы активно занимались изучением двух нейтронных звезд, одна из которых находится в знаменитой Крабовидной туманности, а другая — пульсар в созвездии Парусов. И хотя обнаружить генерируемые ими гравитационные волны так и не удалось, наблюдения принесли интересный результат: они показали, что поверхность этих объектов не может иметь неровностей. Участников команды как-то спросили, что, на их взгляд, самое поразительное в этих небесных телах, и ответ был таким: «То, что нейтронная звезда является самой круглой вещью в этой Вселенной. При диаметре в 15 миль самая высокая гора на ней не может быть выше 5 мм». И это действительно так — в противном случае гравитационные волны от таких нейтронных звезд непременно были бы обнаружены.

Каждый раз, когда появлялось новое «окно» для наблюдения Вселенной, это вызвало настоящие всплески совершенно неожиданных открытий. Нет сомнений, что к таким же последствиям для астрономии приведет и открытие гравитационных волн.

Совершенствование интерферометра и сети LIGO продолжается!

Присоединяйтесь к нам в социальных сетях





# Обсерватория LIGO станет чувствительнее

Сложные и дорогостоящие устройства для физических экспериментов и некоторых типов астрономических наблюдений, как правило, ожидает не легкая судьба: за время их строительства (иногда длящегося годы) техника успевает уйти далеко вперед, и часто масштабный проект приходится дорабатывать в связи с появлением новых, более совершенных и чувствительных детекторов. Именно это и произошло с международным проектом LIGO (Laser Gravitational Wave Observatories), реализуемым с целью поиска гравитационных волн — возмущений пространства-времени, предсказанных Общей теорией относительности.

Сотрудники Калифорнийского и Массачусетского технологических институтов представили разработанные ими новые функциональные узлы обсерватории, которые позволят на несколько порядков повысить ее чувствительность, сделав потенциально доступными намного большее количество источников гравитационных волн и соответственно увеличивая вероятность их обнаружения. Новый проект, представленный 19 мая, получил название Advanced LIGO. После утверждения научным советом предложенные изменения будут внесены в конструкцию обсерватории, и уже осенью текущего года она приступит к наблюдениям на новом техническом уровне.

История «гравитационного телескопа» LIGO уходит в 80-е годы прошлого века, когда американские ученые предложили использовать для регистрации гравитационных волн сверхточные лазерные интер-

▼ Северное «плечо» интерферометра LIGO в Хэнфорде (штат Вашингтон). Предполагается, что этот инструмент сможет впервые зарегистрировать гравитационные волны и предоставить новую информацию о событиях, при которых они возникают — взрывах сверхновых и столкновениях черных дыр.



## Усовершенствованный LIGO: НЕКОТОРЫЕ ЦИФРЫ

- 4 километра**, или около 40 городских кварталов – длина «плеча» интерферометра
- 2 лазерных луча**  
На самом деле это один разделенный когерентный световой пучок, проходящий туда и обратно по двум взаимно перпендикулярным вакуумированным туннелям
- 1/1000 диаметра протона**  
Величина сдвига, который может зарегистрировать интерферометр (усовершенствованный прибор будет в 40 раз чувствительнее)
- < 1 наносекунды после Большого Взрыва**  
Время возникновения «реликтового гравитационно-волнового фона», который ученые надеются обнаружить с помощью нового оборудования
- 10-1000 Hz**  
Диапазон частот усовершенствованного интерферометра позволит улавливать гравитационные волны от слияния нейтронных звезд и черных дыр

ферометры, состоящие из двух перпендикулярных вакуумированных тоннелей длиной в несколько километров. Каждый из тоннелей имеет в конце зеркало, отражающее лазерный

луч строго обратно к источнику — полупрозрачному зеркалу, вначале расщепляющему лазер на два пучка фотонов, а потом снова объединяющему их. При наложении пучков воз-

никает интерференционная картина, отображающая взаимное сложение максимумов и минимумов электромагнитных волн. Ее вид зависит от соотношения длины «плеч» интерферометра и весьма чувствителен даже к минимальному его изменению.

Такие сложные и дорогие в эксплуатации приборы — особенно много сил и энергии уходит на поддержание вакуума в 4-километровых трубах — были построены в Хэнфорде (штат Вашингтон) и Ливингстоне (штат Луизиана). Они ориентированы таким образом, что гравитационные волны, пришедшие с любого направления, вызовут растяжение-сокращение одного из «плеч», благодаря чему их можно будет обнаружить. Однако до сих пор все зарегистрированные приборами сигналы были связаны в основном с сейсмическими событиями. Предложенные усовершенствования имеют то преимущество, что их можно без особых конструктивных изменений внедрить в уже существующую систему, после чего частота гравитационных волн, которые сможет «увидеть» LIGO, возрастет с 10 до 1000 герц. Это, в свою очередь, сделает возможным наблюдения предсказанного теоретически «гравитационно-волнового реликтового фона», возникшего сразу после Большого Взрыва и несущего важную информацию о самых первых мгновениях жизни нашей Вселенной.

Источник: *Newly dedicated observatory to search for gravitational waves.* — National Science Foundation Press Release 15-056, May 19, 2015.

# ТРЕТЬЯ ПЛАНЕТА

ТЕЛЕСКОПЫ  
БИНОКЛИ  
МИКРОСКОПЫ

Киев, ул. Нижний Вал, 3-7



# КРАБОВИДНАЯ ТУМАННОСТЬ ТАЙНЫ ЗВЕЗДНЫХ КАТАКЛИЗМОВ

Некоторые небесные объекты астрономы не без основания считают «подарками судьбы» — так много интересных явлений и закономерностей они позволяют изучить. Одним из наиболее известных примеров такого объекта является небольшая газовая туманность, возникшая, как выяснилось, сравнительно недавно — уже во времена письменной истории человечества.



**Игорь Малов**

Доктор физ.-мат наук, главный научный сотрудник Пушинской радиоастрономической обсерватории Астрокосмического центра Физического института им. Лебедева Российской Академии наук, член Правления международной общественной организации «Астрономическое общество», профессор Пушинского государственного естественнонаучного института, специалист в области астрофизики и радиоастрономии. Автор двух монографий и более 200 научных и научно-популярных статей.



**В** древних китайских летописях, датируемых 1054 годом н.э., описывается появление в созвездии Тельца «звезды-гостыи», которая внезапно вспыхнула и стала ярче всех остальных звезд на небе (и даже Венеры — самой яркой планеты). В течение трех недель ее можно было видеть даже днем. Постепенно ее блеск уменьшался, и меньше чем через два года она совсем погасла.

После того, как были изобретены телескопы и начались регулярные астрономические наблюдения, в 1731 г. на месте исчезнувшей «гостыи» английский врач и астроном-любитель Джон Бэвис (John Bevis) обнаружил небольшую туманность, а французский астроном Шарль Мессье (Charles Messier) включил ее в свой каталог под номером 1 — сейчас она имеет обозначение M1.

Туманность имела вид расплескавшейся капли с многочисленными брызгами-лучами, но британский астроном лорд Росс (William Parsons), наблюдавший ее в 1844 г. с помощью 36-дюймового телескопа,<sup>1</sup> сделал зарисовку, на которой было запечатлено светлое пятно, похожее на краба, и дал туманности соответствующее название. Имя «Крабовидная туманность» прижилось. Тогда еще никто не знал, что ей суждено стать одним из самых замечательных небесных объектов, сыгравшим исключительную роль во многих областях астрофизики. Не было известно и о ее связи с событием 1054 г. — догадку об этом впервые высказал знаменитый американский астроном Эдвин Хаббл (Edwin Hubble)<sup>2</sup> в 1928 г.

## Смерть массивных звезд

Прежде всего, следует сказать несколько слов о природе «звезд-гостей». После того, как в недрах светил, в несколько раз превышающих по массе наше Солнце (его масса составляет около  $2 \times 10^{30}$  кг), исчерпается водородно-гелиевое термоядерное горючее и начнет уменьшаться внутреннее давление, уравновешивавшее силу тяготения, происходит коллапс — ускоряющееся гравитационное сжатие. Вещество звезды начинает с огромной скоростью падать внутрь, сильно сжимая ее центральную часть, в результате чего образуется сверхплотное ядро. Внешние слои, отражаясь от этого ядра, выбрасываются наружу. Весь этот процесс происходит в течение нескольких секунд. Оболочка, разогретая до миллионов кельвинов и расширяющаяся со скоростью свыше 1000 км/с, наблюдается

<sup>1</sup> ВПВ №9, 2014, стр. 25

<sup>2</sup> ВПВ №5, 2009, стр. 4



как вспышка излучения в той точке неба, где прежде ничего примечательного видно не было. Это явление, получившее у астрономов не совсем правильное название «вспышка Сверхновой»,<sup>3</sup> связано, как уже говорилось, с расширяющимся облаком излучающего вещества и его высокой температурой (мощность излучения пропорциональна квадрату радиуса излучающего объекта и четвертой степени температуры). Постепенно при расширении оболочки вещество в ней остывает, его свечение ослабевает и, в конце концов, источник становится невидимым. Именно такое явление и описали китайские летописцы в XI веке.



Шарль Мессье (1730-1817).



▲ Рисунок туманности M1, выполненный лордом Россом.

Сжатое падающей (а затем сброшенной) оболочкой звездное ядро продолжает свою самостоятельную жизнь. Как правило, оно превращается в нейтронную звезду с массой, приблизительно равной массе Солнца, и радиусом 10-20 км. Такой объект обладает невероятной плотностью, фактически равной плотности атомных ядер, и огромным по земным

<sup>3</sup> Термин «сверхновая» начали использовать для того, чтобы отличить эти явления от «новых», которые представляют собой другой тип быстротекущих астрономических событий, сопровождающихся на порядки меньшим энерговыделением — ВПВ №9, 2006, стр. 29; №11, 2006, стр. 13

меркам магнитным полем с напряженностью в миллионы раз большей, чем у полей, генерируемых в лабораторных условиях. Вращаясь с периодом порядка секунды, звездный остаток создает на своей поверхности колоссальные электрические поля, на несколько порядков превосходящие по мощности те, которые могут создать существующие генераторы. Эти поля вырывают из поверхностных слоев заряженные частицы и ускоряют их до скоростей, близких к скорости света (299 792 км/с). Такие частицы, называемые релятивистскими, выходят за пределы магнитосферы, заполняют окружающее звезду пространство и, тормозясь магнитными полями, испускают излучение. Этот процесс требует времени в десятки-сотни лет, после чего вокруг вновь образовавшейся нейтронной звезды загорается своеобразный ореол в виде светящейся туманности. Именно такова природа Крабовидной туманности в созвездии Тельца. Она стала первым остатком вспышки Сверхновой, наблюдавшимся астрономами.

### Первые открытия

**Синхротронное излучение.** XX век расширил наблюдательные возможности астрономии. В начале 30-х годов американский инженер Карл Янский (Karl Guthe Jansky) впервые зарегистрировал радиоизлучение космического объекта, которым оказался центр нашей Галактики. Это открытие положило начало эры радиоастрономии.<sup>4</sup> Развитие антенной техники и усовершенствование радиоприемников позволило обнаружить радиоизлучение десятков тысяч источников. Среди них одним из самых мощных оказался Телец А, найденный австралийским радиоастрономом Джоном Болтоном (John Bolton) в 1948 г. и позже отождествленный с Крабовидной туманностью M1.

Впоследствии было доказано, что релятивистские электроны, вырванные из нейтронной звезды и попавшие в окружающую среду с магнитным полем, излучают не только в оптическом, но и в радиодиапазоне.

**Сверхкорона Солнца.** К 50-м годам XX века еще не было ясности в том, что представляет собой пространство между Солнцем и Землей — заполнено ли оно веществом или же остается почти пустым. Решить эту дилемму снова помогла Крабовидная туманность. По счастливому

<sup>4</sup> ВПВ №12, 2005, стр. 6; №1, 2006, стр. 4

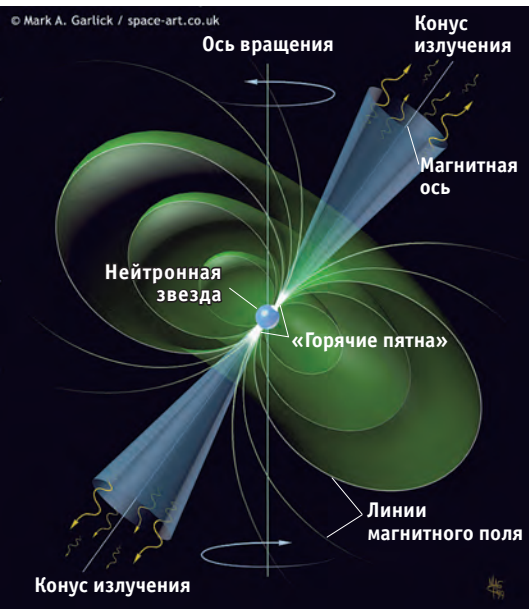
стечению обстоятельств этот объект находится в созвездии Тельца, относящемся к зодиакальным созвездиям, через которые проходит плоскость эклиптики. При своем годичном движении Солнце в конце северной астрономической весны (по земному календарю это соответствует середине июня) оказывается недалеко от M1. Идею эксперимента предложил один из основоположников советской радиоастрономии профессор Виктор Витольдович Виткевич.

Известно, что во время туманов вокруг уличных фонарей наблюдаются светящиеся ореолы, размер которых тем больше, чем гуще туман. Когда излучение космического радиоисточника проходит через рассеивающую среду, он также будет увеличиваться в размерах — вокруг него возникнет радиоореол. Если в межпланетной среде имеется рассеивающее вещество, тогда в окрестностях Солнца (где его концентрация выше) оно вызовет увеличение углового размера удаленного источника, а если вещества нет — размер изменяться не будет. Наблюдения были проведены Виткевичем на радиотелескопах в Крыму. Оказалось, что в околосолнечной области неба протяженность радиоисточника Телец А действительно немного увеличилась. В ходе этих экспериментов было доказано, что наше светило окружено короной, размер которой превышает диаметр видимого солнечного диска не вдвое, как считалось ранее, а значительно более обширной. Эта «сверхкорона» простирается на порядок дальше и, как было показано позднее, в ее пределах находится земная орбита.

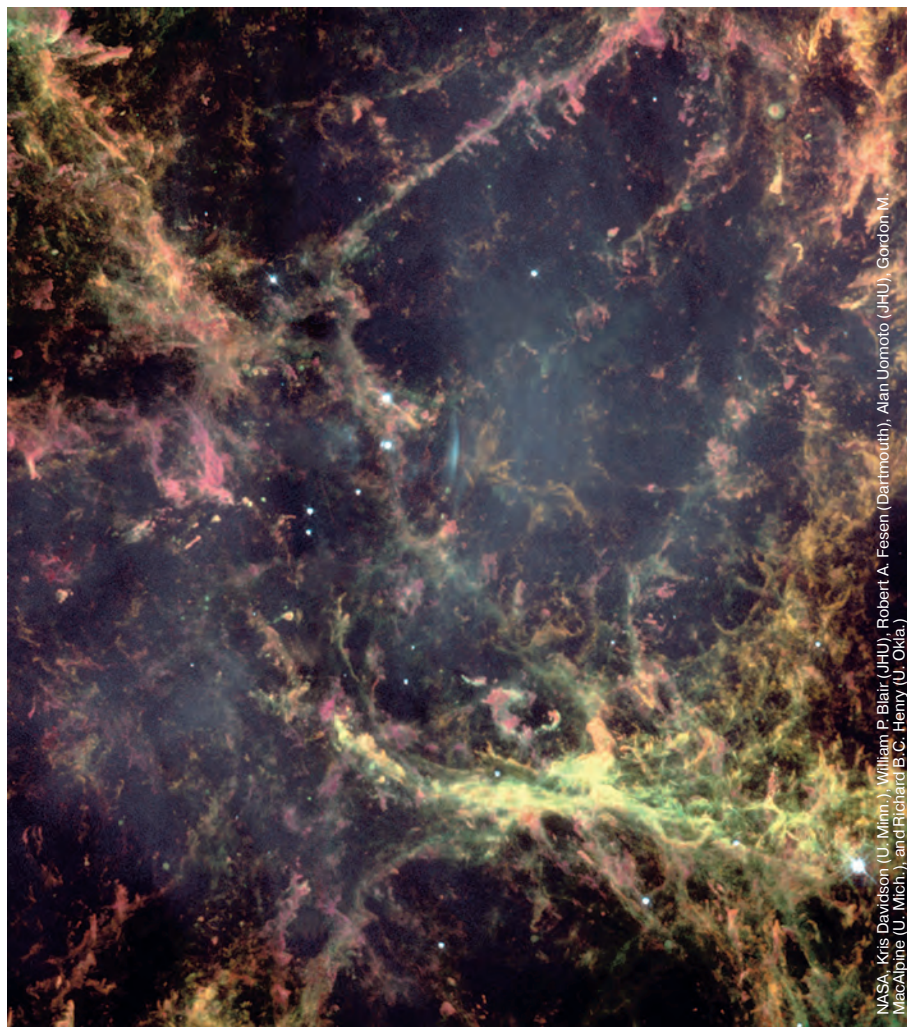
**Открытие пульсара в M1.** В 1967 г. британский астроном Энтони Хьюиш (Antony Hewish) с сотрудниками обнаружил радиоисточники, испускавшие импульсное излучение. Они получили название «пульсары». Как уже говорилось, нейтронная звезда, образовавшаяся в момент взрыва сверхновой, должна обладать мощным магнитным полем. Основная часть излучения генерируется в узких конусах, направленных вдоль его оси. Если эта ось не совпадает с осью вращения звезды, то в моменты, когда такой конус «накрывает» наблюдателя, будет регистрироваться всплеск излучения. Это явление аналогично вспышкам вращающегося маяка. Именно такие источники и были открыты Хьюишем.<sup>5</sup> В исследовании этой проблемы M1 также сыграла определяющую роль. Дело в том, что, наряду с моделью маяка, рассматривалась альтернативная концепция, связывавшая пульсары с нестабильными

<sup>5</sup> ВПВ №12, 2007, стр. 4





▼ На этом изображении Крабовидной туманности, похожем на картины художников-абстракционистов, видны горячие газовые волокна — части оболочки взорвавшейся звезды, расширяющейся со скоростью около 5 млн км/ч. Ядро звезды после взрыва превратилось в пульсар, вращающийся со скоростью 30 оборотов в секунду и нагревающий вещество в своих окрестностях, вызывая диффузное голубовато-зеленое свечение окружающего газа. Разные цвета отображают химические элементы, входящие в состав оболочки: излучение водорода показано оранжевым, азота — красным, серы — розовым, кислорода — зеленым. Различная интенсивность связана с вариациями температуры и плотности газа.



NASA, Kris Davidson (U. Minn.), William P. Blair (JHU), Robert A. Fesen (Dartmouth), Alan Uomoto (JHU), Gordon M. MacAlpine (U. Mich.), and Richard B.C. Henry (U. Okla.)

белыми карликами,<sup>6</sup> которые также могли быть продуктом взрывов сверхновых. «Дыхание» поверхности таких объектов могло привести к импульсному излучению. Однако период пульсаций, как следовало из теории, в этом случае не мог быть короче секунды.

В 1968 г. вблизи центра Крабовидной туманности с помощью 300-метровой антенны в Аресибо обнаружили пульсар, излучающий в радиодиапазоне с периодом 33 миллисекунды. Таким образом, удалось подтвердить, что в данном случае мы имеем дело со звездным остатком в виде нейтронной звезды, а не белого карлика. В дальнейшем были открыты пульсары с еще более короткими периодами. Самый короткопериодический пульсар из всех известных к настоящему времени — он имеет обозначение PSR J1748-2446ad — совершает 716 оборотов в секунду (период 1,4 миллисекунды). Поэтому существование нейтронных звезд уже не вызывает сомнений.

Однако пульсар в туманности M1 является уникальным: это единственный представитель данного класса объектов,

<sup>6</sup> ВПВ №1, 2006, стр. 17; №12, 2007, стр. 11; №1, 2008, стр. 13

проявляющий импульсное излучение во всех диапазонах электромагнитного спектра.

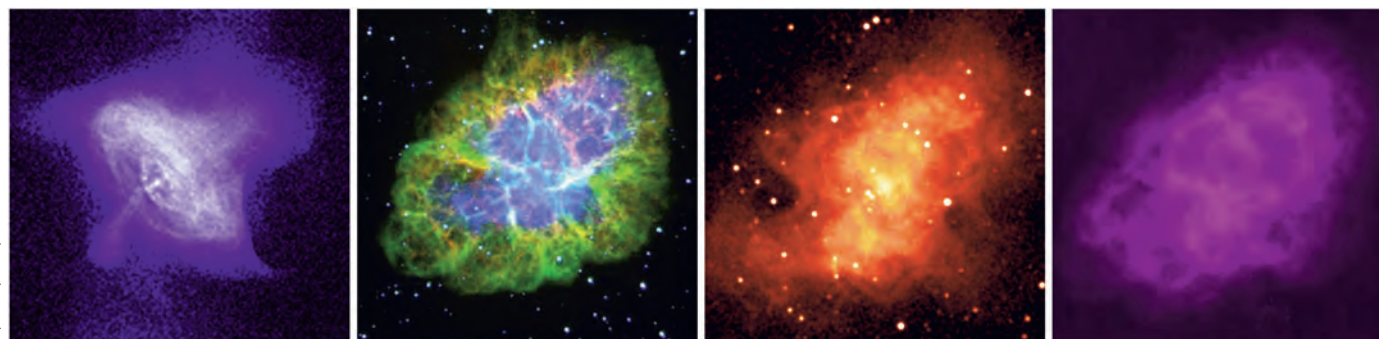
### Последствия катастрофы

В процессе эволюции звезды в ее недрах в результате термоядерных реакций синтезируются химические элементы вплоть до железа. Во время взрыва Сверх-

новой они выбрасываются вместе с оболочкой в окружающее пространство и в дальнейшем оказываются частью остатка вспышки.<sup>7</sup> Его химический состав можно определить спектральным анализом. В Крабовидной туманности наблюдаются линии ионизированного водорода, гелия, кислорода, азота, неона, серы, возникающие

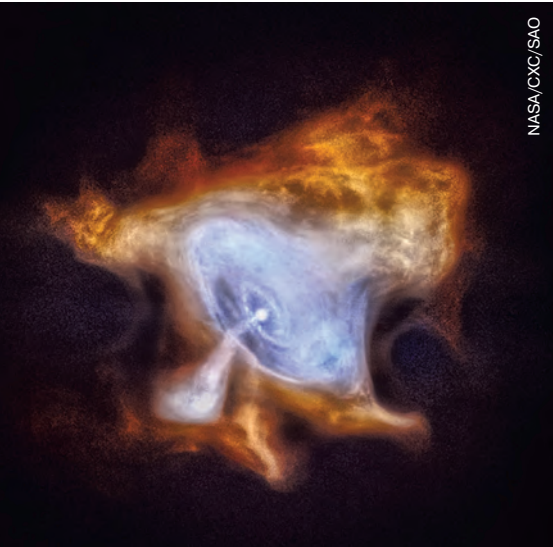
<sup>7</sup> ВПВ №5, 2008, стр. 6; №6, 2014, стр. 8

NASA/CXC/SAO (X-ray), Paul Scowen and Jeff Hester (Arizona State Univ.) (optical), 2MASS (infrared), IPAC-Caltech/NASA/NSF (infrared), and NRAO/AUI/NSF (radio)



▲ Крабовидная туманность в различных спектральных диапазонах: рентгеновском (снимок получен космическим телескопом Chandra), оптическом (результат фотографирования с помощью нескольких наземных инструментов), инфракрасном (данные микроволнового обзора 2MASS) и радиодиапазоне (съемка велась американской Национальной радиоастрономической обсерваторией).





NASA/CXC/SAO

силовыми линиями локального магнитного поля. Оказалось, что скорости этих волокон могут достигать 1500 км/с, т.е. в туманности продолжают динамические процессы, связанные в значительной мере с активной жизнью нейтронной звезды. Вблизи нее время от времени появляются «жгуты» — волновые образования, удаляющиеся от нее с большой скоростью (до трети скорости света).

Развитие наблюдательной техники и появление космических рентгеновских и гамма-телескопов (в частности, Chandra<sup>8</sup> и Fermi<sup>9</sup>) позволило провести исследования Крабовидной туманности в высоко-частотных диапазонах электромагнитного спектра. И здесь она оказалась уникальным источником, излучающим на всех частотах, на которых проводились измерения. Как уже говорилось, в окрестностях нейтронной звезды формируются потоки релятивистских электронов. Эти электроны обладают различной энергией, что дает им возможность испускать радиоволны, видимый свет, и, как оказалось, рентгеновские лучи. Радиоизлучение обязано своим происхождением частицам с энергией в сотни мегаэлектрон-вольт, а для генерации в оптическом и рентгеновском диапазоне требуются энергии от сотен

миллиардов электрон-вольт до сотен тераэлектрон-вольт. Излучение в гамма-диапазоне возникает при взаимодействии релятивистских электронов с фотонами.

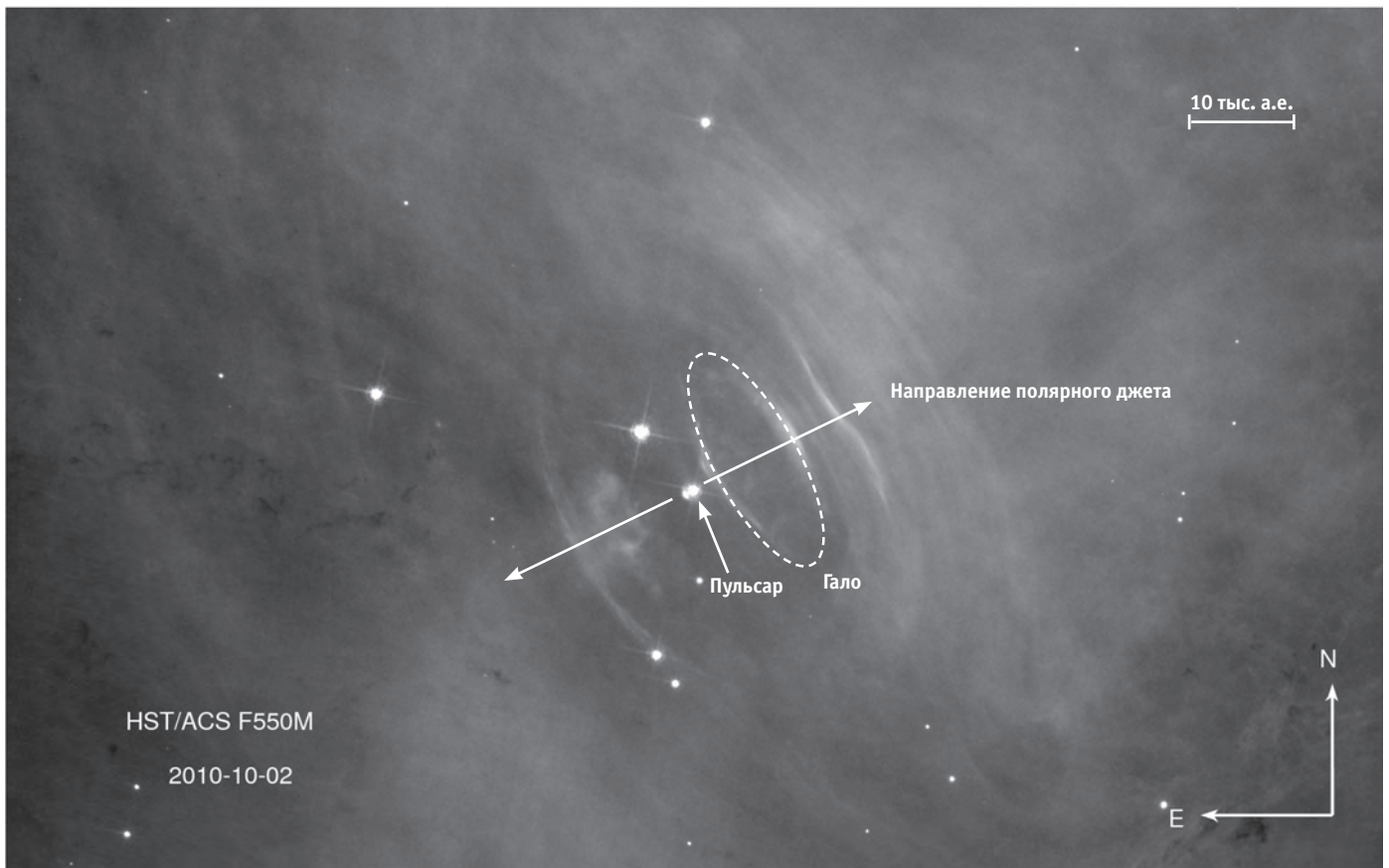
Структуру M1 в разных участках спектра удалось детализировать, в частности, при наблюдениях ее затмений Луной. Как уже упоминалось, этот объект находится вблизи плоскости эклиптики, а значит, время от времени его заслоняет от наблюдателей лунный диск. Он закрывает туманность постепенно, позволяя наблюдать излучение отдельных незакрытых ее областей, после чего, сопоставляя кривые радиояркостности, можно построить картину ее распределения с высоким разрешением.

В настоящее время каталоги остатков вспышек сверхновых насчитывают несколько сотен источников, но M1 навсегда останется первым примером такого объекта, однозначно идентифицированного и ставшего «героем» обширных наблюдательных программ. Очевидно, в ходе его дальнейших исследований астрономам следует ожидать новых выдающихся открытий. Однако быстрое развитие наблюдательной техники уже в недалеком будущем сделает возможным достаточно детальное изучение других остатков погибших звезд, и, возможно, они расскажут нам о том, о чем «умолчала» знаменитая Крабовидная туманность.

<sup>8</sup> ВПВ №11, 2013, стр. 5  
<sup>9</sup> ВПВ №7, 2014, стр. 9

▲ На этом снимке, опубликованном 22 июля 2014 г. к 15-летию юбилею космической обсерватории Chandra, центральная часть Крабовидной туманности изображена в условных цветах: красный соответствует рентгеновским лучам с низкой энергией, зеленый — со средней, голубой — с высокой.

в горячем газе с температурой более 10 тыс. кельвинов. Кроме оценки количества различных ионов, спектральные наблюдения позволяют по эффекту Доплера вычислить скорость движения областей, где формируются соответствующие линии. На фотографиях расширяющегося облака отчетливо видны отдельные волокна, направления которых, по-видимому, определяются



▲ Снимок ближайших окрестностей пульсара Крабовидной туманности с наиболее высоким доступным разрешением, сделанный космическим телескопом Hubble в октябре 2010 г.



# Космическая «Медуза»



**Т**уманность Sharpless 2-274 (другое обозначение — Abell 21, в честь американского астронома Джорджа Эйбелла, открывшего этот объект в 1955 г.) расположена в созвездии Близнецов на расстоянии около 1500 световых лет. Однако она имеет и более поэтическое название — туманность «Медуза», в честь героини древнегреческих мифов Медузы Горгоны со змеями вместо волос. Ее протяженность составляет примерно четыре световых года. Несмотря на довольно большие размеры, этот объект имеет невысокую поверхностную яркость, поэтому наблюдать его весьма сложно.

Самый детальный снимок туманности Медуза получен на Очень большом телескопе Европейской Южной обсерватории (VLT ESO) в Чили с использованием приемника излучения FORS (FOcal Reducer and low dispersion Spectrograph). Спектральные исследования позволяют определить химические элементы, входящие в состав «космической медузы». Здесь в обилии присутствует зеленоватое свечение дважды ионизованного кислорода (линия OIII), благодаря чему можно с уверенностью утверждать, что в данном случае мы имеем дело с планетарной туманностью, возникшей на месте солнцеподобной звезды после окончания активной фазы эволюции. Такие звезды сбрасывают в окружающее пространство свои внешние слои, образующие разноцвет-

ное туманное облако. Поскольку выбросы вещества происходят неравномерно, внутри планетарных туманностей образуются причудливые газовые структуры, светящиеся под действием ультрафиолетового излучения звездного остатка — белого карлика, «разогреваемого» медленным гравитационным сжатием.

Области концентрации ионизованного водорода (светится красным цветом) и более слабого зеленоватого кислорода простираются далеко за границы кадра, образуя полукруглую структуру. В течение следующих нескольких десятков тысяч лет она постепенно рассеется в космическом пространстве. В сравнении с продолжительностью активного существования звезд типа Солнца стадия планетарной туманности длится примерно столько же, сколько последний предсмертный выдох человека по сравнению со всей человеческой жизнью.

Некоторое время среди астрономов шли дискуссии о том, не может ли газовое облако Abell 21 быть остатком взрыва сверхновой. Однако в 70-х годах прошлого века ученые смогли измерить скорости движения и другие свойства вещества туманности. В результате сомнений в том, что это именно планетарная туманность, не осталось. Данный снимок сделан в рамках программы «Космические сокровища ESO» (ESO Cosmic Gems).



# Молодой кратер в Бороздах Сирены

С помощью камеры высокого разрешения HiRISE американского космического аппарата Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) 30 марта 2015 г. был получен впечатляющий снимок сравнительно молодого — по меркам марсианской истории — кратера в районе Борозд Сирены (Sirenum Fossae), имеющего диаметр около километра. Его возраст «выдают» острые края кратерного вала и хорошо сохранившиеся выбросы. Крутые склоны с внутренней стороны прорезаны многочисленными оврагами. Свежие кратеры часто имеют активные склоны, быстро меняющиеся под действием внешних факторов — ветровой эрозии и перепадов температур (суточных и сезонных). Поэтому группа сопровождения камеры HiRISE собирается продолжать съемку этой детали рельефа, чтобы зафиксировать ее изменения с течением времени.

Примерные координаты центра изображения — 38,2° южной широты, 184,8° восточной долготы, разрешение — 25 см на пиксель. Солнце в момент съемки находилось в 52° над горизонтом. Север вверху.

NASA, JPL/University of Arizona

## Тысяча солов Curiosity

Еще один марсоход — американская мобильная лаборатория Curiosity (Mars Science Laboratory)<sup>1</sup> — прошел недавно знаменательную отметку: 31 мая 2015 г. с момента его прибытия на Красную планету прошла ровно тысяча солов.<sup>2</sup> Напомним, что термином «сол» планетологи обозначают марсианские солнечные сутки, превышающие по длительности земные почти на 37 минут.

Состояние аппарата по-прежнему характеризуется как очень хорошее (не считая постепенно проявляющейся изношенности его колес). В разгар своей

расширенной научной миссии, посвященной изучению различных слоев отложений осадочных пород на склонах Эоловой горы (Aeolis Mons) внутри кратера Гейла, Curiosity снабжает планетологов уникальной информацией для анализа изменений марсианской среды в процессе превращения планеты из теплого и влажного мира, который, возможно, был пристанищем для примитивных форм жизни, в пустынное и холодное место, каким является Марс в наши дни.

С начала миссии марсоход выполнил множество наблюдений. Специалисты оценивают его деятельность как весьма продуктивную, за исключением нескольких сбоев при функционировании

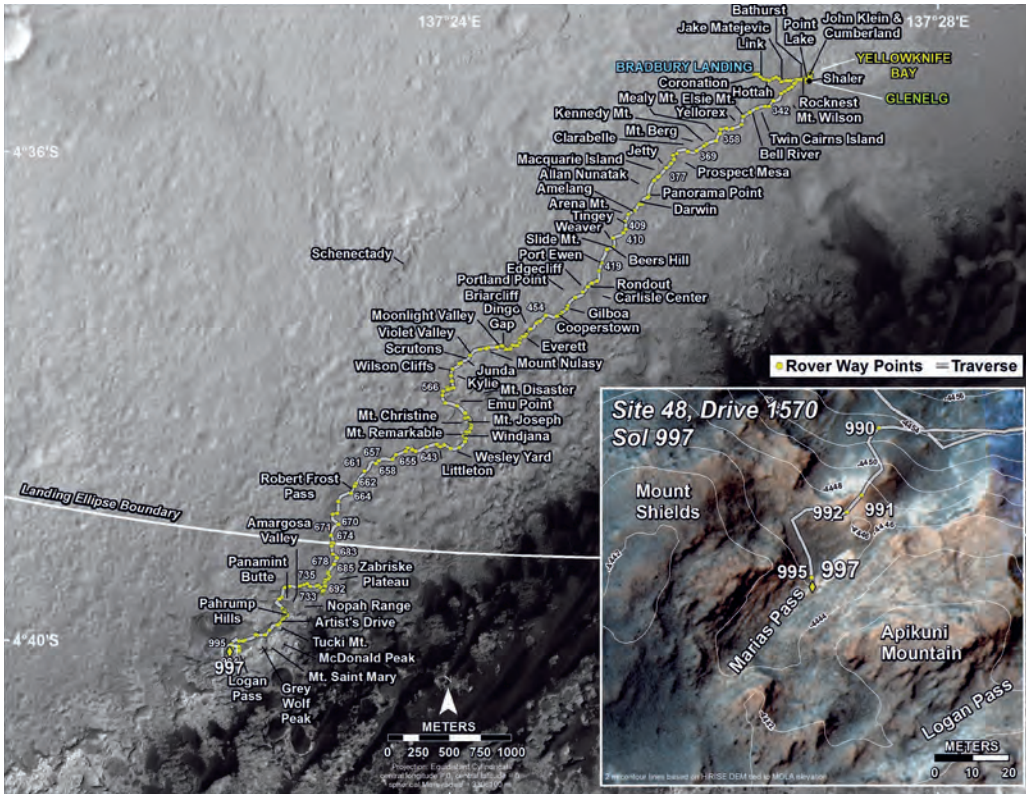
его отдельных узлов, которые операторам удалось быстро устранить.

Несколько месяцев аппарат провел в районе Glenelg, получив великолепные результаты — ему удалось добыть доказательства присутствия здесь в древности проточной воды, подходящей для существования живых организмов. Попрощавшись с этим местом, Curiosity начал долгий путь на юго-запад, в направлении подножья Эоловой горы — главной цели первичной научной миссии. По пути он сделал ряд остановок с целью бурения скальных обнажений и анализа добытых образцов. Немалую часть своего времени марсоход потратил на поиски метана и органических соединений в составе по-

<sup>1</sup> ВПВ №8, 2012, стр. 12

<sup>2</sup> 26 апреля свою четырехтысячную «отметку» преодолел марсоход Opportunity — ВПВ №5, 2015, стр. 15





◀ Маршрут, пройденный марсоходом Curiosity (NASA) за 997 марсианских дней — по состоянию на 27 мая 2015 г. Цифры возле точек обозначают номера солов, во время которых ровер проходил данные участки пути: например, с 996-го по 997-й сол он прошел 2,57 м почти по прямой. Карта составлена на основе снимков камеры высокого разрешения HiRISE американского орбитального аппарата Mars Reconnaissance Orbiter.

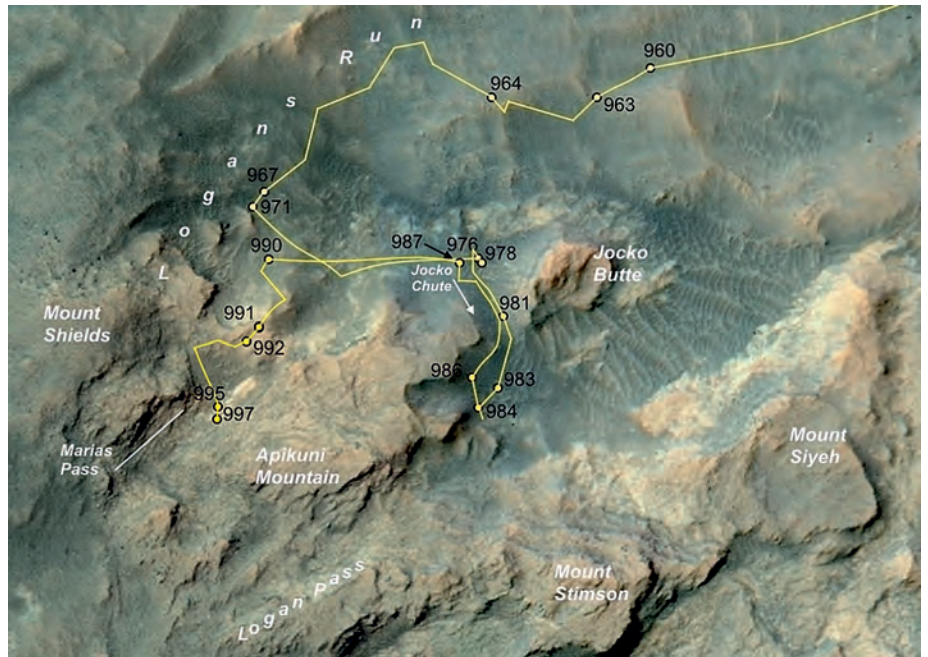
▼ Положение Curiosity на 997-й сол (27 мая 2015 г.). Здесь марсоход проведет несколько недель в режиме минимальной активности, пережидая период, когда Солнце, находящееся между Землей и Марсом, будет мешать нормальной радиосвязи с мобильной лабораторией. Превышение над местом посадки — 78 м. Общий пробег ровера — 10 599 м. Север вверху.

верхностных пород, составил подробный обзор радиационной обстановки и непрерывно контролировал локальные метеосостояния с использованием приборного комплекса REMS.

Завершив свою главную задачу и подтвердив наличие на древнем Марсе условий, подходящих для существования жизни, через два года с момента начала работы Curiosity начал большой цикл исследований горы Шарп (центральной горки кратера Гейла). В ходе них основной акцент был сделан на получение образцов в низменностях, чтобы потом сравнить их с материалами, добытыми ближе к вершине.

Последние 50 солов ровер в основном осуществлял переход из района холмов Парамп (Pahrump Hills), где он провел шесть месяцев, к очередной стоянке, получившей название «Проход Логана» (Logan Pass). Здесь ученые надеются найти информацию для прояснения немного противоречивых данных об условиях образования слоистых пород у основания формации Мюррей и непонятной структуры под названием «Стиральная доска» (Washboard Unit), расположенной немного выше, чтобы понять, каким образом недалеко друг от друга возникли две достаточно разнородные по своей физической природе структуры.

Завершив работу на стоянке «Город-сад» (Garden City),<sup>3</sup> Curiosity был переориентирован на новый цикл иссле-



дований: на этот раз он начал путешествие к подножию горы Шарп, причем движение по маршруту происходило весьма медленно, чтобы получить как можно больше информации об интересных особенностях марсианской поверхности и определить, заслуживают ли они более детального изучения.

Команда марсохода выбрала живописный маршрут, проложив его по «Долине Художника» (Artist's Drive). В течение всего перехода предполагалось изучение особенностей рельефа и погодных условий. Особый интерес ученых вызвала возможность исследования стра-

тиграфии (последовательности слоев отложений) обрывов на северо-востоке и юго-западе.

Постоянно активно эксплуатировались камера MastCam и анализатор ChemCam, проводивший анализ образцов почвы. Вслед за 18-метровым переходом (951-й сол) последовал протяженный стометровый «рывок» в направлении нового места стоянки, более удачного с точки зрения обзора окрестностей: оттуда открывается прекрасная 360-градусная панорама, съемка которой облегчит в дальнейшем привязку к местности результатов исследований.

<sup>3</sup> ВПВ №4, 2015, стр. 14



# Новый проект колонии на Марсе

К освоению Красной планеты подключилось новое международное агентство MarsPolar. Проект, в котором принимают участие специалисты из Объединенных Арабских Эмиратов, Польши, России, США и Украины, предусматривает создание обитаемой базы в приполярном регионе Марса, где под слоем грунта предполагается присутствие больших количеств водяного льда. Эта местность может быть также очень интересной с точки зрения поиска жизни. Именно так авторы проекта объясняют его главную цель: «Жизнь начинается там, где существует вода».<sup>1</sup>

MarsPolar — международная организация, цель которой состоит в основании колонии переселенцев на соседней планете в 2029 г. Эта организация зарегистрирована в Объединенных Арабских Эмиратах, один из ее основателей Глеб Осипов также значится как резидент ОАЭ. Вторым основателем и исполнительным директором является россиянин Артем Гончаров. Ранее он подавал заявку в проект Mars One,<sup>2</sup> прошел первый тур отбора, но не прошел последующие.

По словам Романа Юранека (Roman Juranek), директора проекта по коммуникациям из Польши, после прибытия первой партии межпланетных переселенцев каждые 2 года — по мере наступления благоприятной орбитальной конфигурации — на Марс будут отправляться экипажи из 4-6 астронавтов.

Команда MarsPolar хотела бы заручиться поддержкой компании SpaceX с ее ракетами Falcon 9 или Falcon Heavy<sup>3</sup> — ее услуги были бы неоценимой помощью в плане использования транспортного космического корабля для доставки грузов и экипажа на Марс, особенно на первом этапе (при выводе их на околоземную орбиту).

Но перед тем, как проект MarsPolar выйдет на стадию реализации пилотируемого полета, на Красную планету отправятся несколько беспилотных космических аппаратов с необходимым набором материалов и средств для обустройства первых колонистов. Несомненно, в составе первоочередных грузов туда полетит и марсоход, но произойдет это не ранее 2018 г. Разработчик первого частного марсианского ровера пока не определен: команда MarsPolar хочет дать шанс каждой заинтересованной компании и ожидает различных предложений для выбора лучшего. Роман Юранек, например, хотел бы максимально широко использовать потенциал польских компаний и даже студентов, создающих великолепные проекты мобильных лабораторий. Эти проекты неоднократно побеждали и получали многочисленные призы на ежегодных международных конкурсах The University Rover Challenge, проводимых Марсианским обществом (Mars

<sup>1</sup> ВПВ №9, 2007, стр. 4

<sup>3</sup> ВПВ №6, 2010, стр. 31

<sup>2</sup> ВПВ №6, 2013, стр. 17; №1, 2014, стр. 20



Society) для студентов университетов и колледжей с целью приобщения их к исследованиям Красной Планеты.

В 2027 г. «марсианский грузовик» (Mars Transportation Vehicle — MTV) доставит на низкую околоземную орбиту 35 тонн полезной нагрузки, которая бу-

дет включать запасы воды, продуктов, кислорода, а также более 20 тонн аппаратных средств для будущих марсианских исследователей: беспилотный корабль Dragon, жилые модули, системы жизнеобеспечения и регенерации, солнечные батареи, скафандры. Через месяц к нему будет пристыкована дополнительная двигательная установка и баки с 40 тоннами топлива. Далее весь комплекс отправится к соседней планете. Когда MTV прибывает на околомарсианскую орбиту, Dragon отстыкуется от него и возвратится к Земле. Остальная часть корабля после выполнения маневра аэродинамического торможения и выхода на орбиту вокруг Марса осуществит мягкую посадку на его поверхность с использованием парашютной системы.

В жилых модулях на поверхности планеты еще до прибытия второго корабля (с поселенцами) будет создана атмосфера, а также активированы системы жизнеобеспечения и очистки воды. Следующая, уже пилотируемая, миссия к Красной планете пройдет по той же схеме.

Предполагается отправлять корабли к Марсу каждые 26 месяцев — во время стартовых окон, когда взаимное расположение планет позволяет сократить длительность перелета примерно до полугода.

Процесс отбора астронавтов пока находится в зачаточном состоянии. Сотрудники MarsPolar определили только основные требования к «переселенцам», предоставив возможность предложить свои кандидатуры для участия в проекте огромному количеству желающих.

Юранек считает, что главным качеством кандидата должна быть способность выполнять нелегкую ежедневную работу.

Команда миссии в настоящее время занята организационными вопросами. Она собирается организовать свою частную космическую компанию и наземную базу — MarsPolar Space Center — на территории ОАЭ.

Не имеет смысла сравнивать вновь созданный проект с хорошо структурированной и вошедшей в четко отлаженный график голландской компанией Mars One, также планирующей колонизировать Красную планету посредством создания обширного поселения первопроходцев. Но Юранек подчеркивает, что MarsPolar не собирается идти по уже проторенному пути, намеченному знаменитым создателем первого частного марсианского проекта Басом Лэнсдорпом (Bas Lansdorp). Новое предприятие отличается от голландского, прежде всего, методикой подготовки и более низкой стоимостью. Однако миссия MarsPolar также будет «полетом в один конец» — она не предусматривает возвращения колонистов на Землю (по крайней мере, в течение 10 лет после прибытия). Тем не менее, команда подготовила концепцию возвращаемого аппарата (Earth Return Vehicle), которая может быть реализована в будущем.

Для финансирования амбициозного проекта, и в первую очередь таких крайне важных этапов его реализации, как строительство космодрома, MarsPolar будет опираться в основном на пожертвования, инвестиции, а также возможные доходы от коммерческой деятельности.





# Успех неудачных испытаний LDSD

Испытания новой аэродинамической тормозной системы для посадки космических аппаратов на планеты и их спутники, обладающие газовыми оболочками, были проведены 8 июня на тихоокеанском ракетном полигоне Военно-морских сил США (Кауаи, Гавайские острова). Система, получившая рабочее обозначение LDSD (Low-Density Supersonic Decelerator — сверхзвуковой замедлитель малой плотности), представляет собой большую надувную дискообразную «подушку» из композитных материалов, способных выдержать нагрузки, которые могут возникнуть при входе в атмосферу со скоростью, во много раз превышающей скорость звука.

Самый тяжелый аппарат, когда-либо совершавший мягкую посадку на поверхность другой планеты — марсоход Curiosity (NASA) — имеет массу около 900 кг. Чтобы доставить туда более тяжелые объекты (в том числе пилотируемые спускаемые капсулы, которые предположительно будут весить порядка 20 тонн), требуются совершенно новые технологии атмосферного торможения. Этому и был посвящен эксперимент, начавшийся в 7 часов 45 минут по местному времени (17:45 UTC). С помощью гелиевого аэростата объемом 1,12 млн кубометров тестовый аппарат подняли на высоту 36,5 км над Тихим океаном. Через 3 часа 50 минут после начала подъема LDSD отделился от аэростатной подвески и практически сразу включил твердотопливный двигатель Star 48, проработавший 71 секунду, что позволило ему дополнительно разогнаться до скорости около 4 М (1300 м/с) и подняться до высоты 55 км, где давление и плотность земной атмосферы примерно соот-

ветствуют условиям на Марсе. После исчерпания запасов реактивного горючего четыре микродвигателя остановили вращение аппарата, и через короткое время был развернут 6-метровый надувной тормозной диск в конфигурации SIAD-R (Supersonic Inflatable Aerodynamic Decelerator). Спустя 107 секунд — после того, как аппарат в процессе падения снизил свою скорость примерно до 2,5 М — раскрылся 34-метровый сверхзвуковой парашют SSDS (Supersonic Disk Sail), который практически сразу начал рваться под действием встречного потока воздуха. В результате дальнейшее торможение происходило только за счет аэродинамического сопротивления конструкции LDSD. В 11 часов 35 минут (21:35 UTC) на скорости 30-50 км/ч он ударился о поверхность океана, однако остался на плаву, благодаря чему основную часть конструкции и оборудование для записи данных удалось спасти.

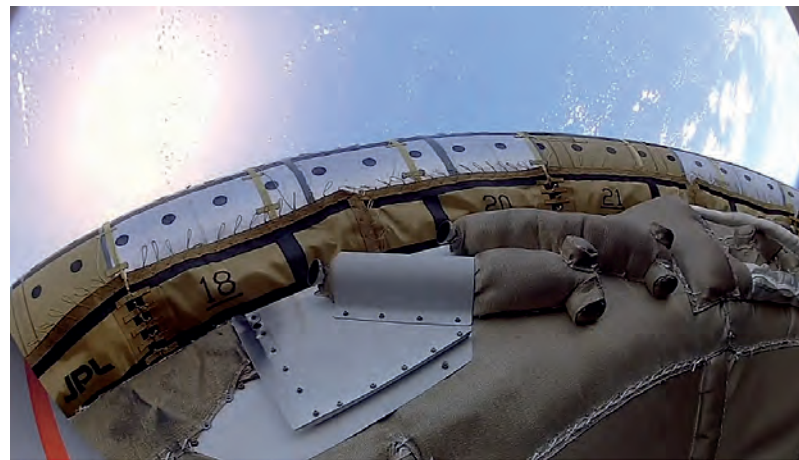
Это был второй из трех запланированных тестов, осуществляемых с целью отработки новых технологий атмосферного торможения. Несмотря на возникшие проблемы, представители Лаборатории реактивного движения (JPL NASA)<sup>1</sup> сообщили о его успехе, поскольку главной целью испытаний была проверка работоспособности надувного «тормозного щита». На следующем этапе, запланированном на начало следующего года, должен быть испытан более тяжелый аппарат с 8-метровым «щитом». Очевидно, в дизайн сверхзвукового парашюта также будут внесены необходимые изменения.

Источник: NASA Supersonic Decelerator Flight Test Reflects Nationwide Teamwork, — NASA Press Release, June 9, 2015.

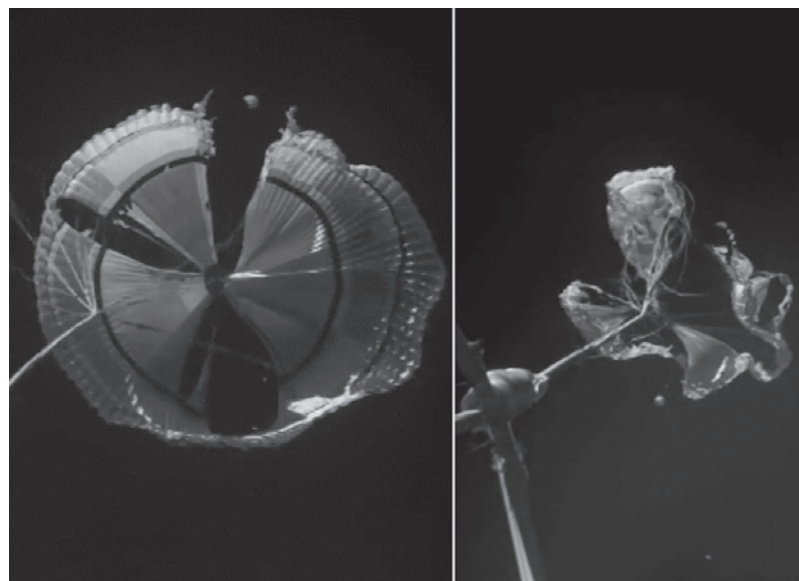
<sup>1</sup> ВПВ №12, 2014, стр. 8



▲ После отделения от аэростатной подвески LDSD с помощью собственного твердотопливного двигателя Star 48 поднялся до высоты 55 км (так это выглядит в представлении художника).



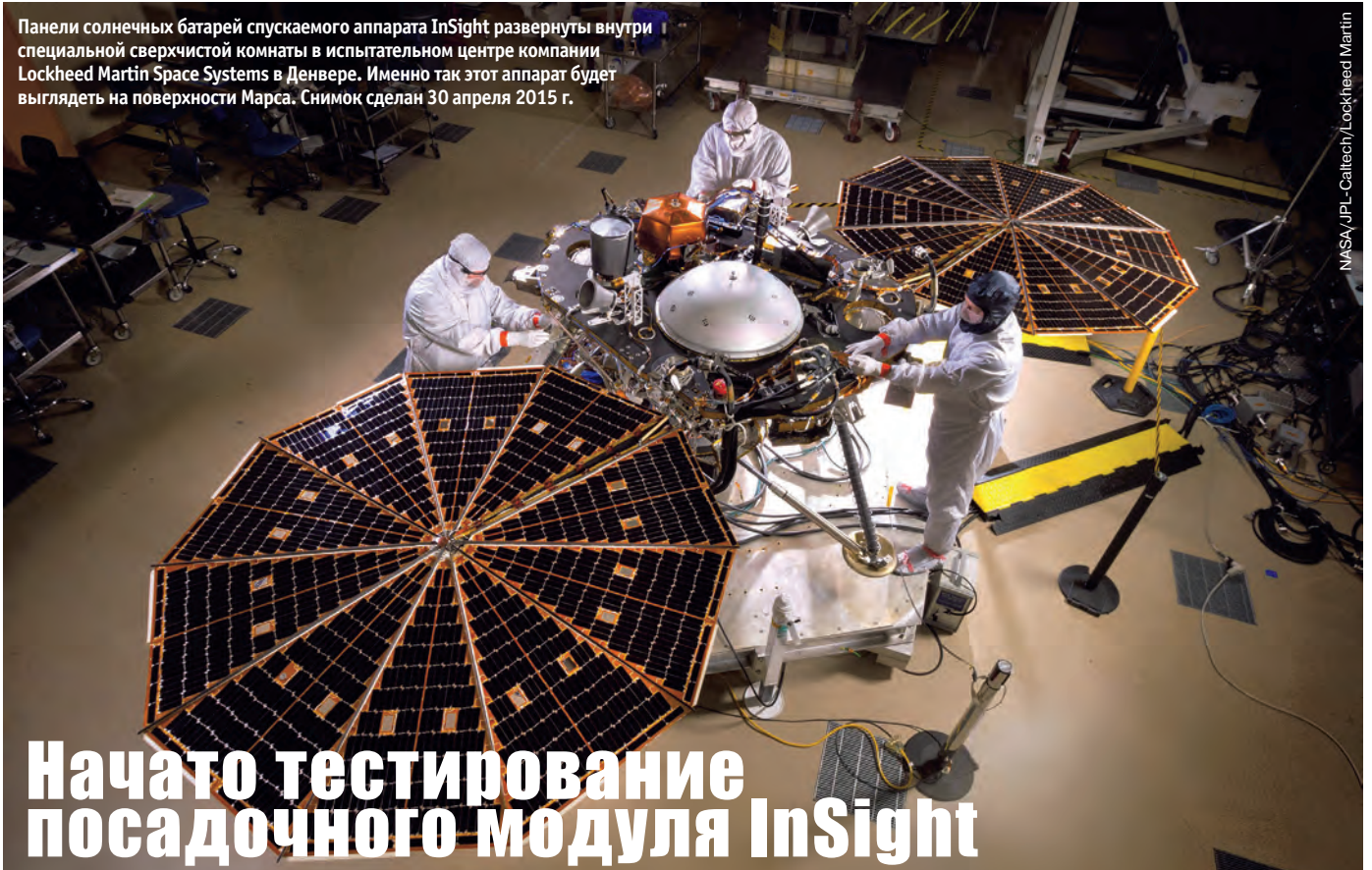
▲ Шестиметровый надувной тормозной диск в развернутом состоянии.



▲ Разрыв парашюта. Снимок сделан в 2014 г., во время первого испытания LDSD, когда произошел аналогичный отказ парашютной системы.



Панели солнечных батарей спускаемого аппарата InSight развернуты внутри специальной сверхчистой комнаты в испытательном центре компании Lockheed Martin Space Systems в Денвере. Именно так этот аппарат будет выглядеть на поверхности Марса. Снимок сделан 30 апреля 2015 г.



NASA/JPL-Caltech/Lockheed Martin

## Начато тестирование посадочного модуля InSight

**М**иссия InSight — аббревиатура полного названия Interior exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport (Исследование внутренней структуры планеты с использованием сейсмических методов, геодезических и тепловых измерений). В рамках нее на поверхность Марса отправится стационарный посадочный аппарат, размеры которого сопоставимы с габаритами легкового автомобиля. Это будет первая миссия, посвященная исследованию внутренней структуры Красной планеты. Ученые уверены, что изучение ее глубинных сло-

▼ В феврале 2015 г. состоялись испытания парашютной системы зонда InSight. Они проводились в самой большой в мире аэродинамической трубе в Исследовательском центре им. Эймса (Ames Research Center, Moffett Field, California).



NASA/JPL-Caltech/Lockheed Martin

ев может подсказать, как формируются и эволюционируют все каменистые планеты, включая нашу Землю.

Запуск аппарата должен быть произведен с военно-воздушной базы Ванденберг в Калифорнии в марте 2016 г., перелет до Марса продлится примерно полгода. Информация, полученная в ходе миссии InSight, и отработанные в процессе ее реализации технические решения будут иметь ключевое значение для пилотируемого полета на Марс, который, вероятнее всего, состоится в начале 2030-х годов.

Во время тестирования в испытательном центре корпорации Lockheed Martin Space Systems, расположенном рядом с Денвером (штат Колорадо), зонд подвергнут воздействию экстремальных температур и вакуума при имитации условий межпланетного пространства. Также в течение ближайших семи месяцев будет исследоваться долговечность аккумуляторных батарей и других бортовых систем. Вначале состоится термовакуумный тест в конфигурации «Полет» (спускаемый аппарат уложен в капсулу для аэродинамического торможения), в которой межпланетная станция будет находиться на протяжении своего путешествия к Марсу. Как сообщил менеджер программы InSight от компании Lockheed Martin, сборка зонда в монтажном корпусе прошла без замечаний, и теперь пришло время испытать функ-

ционирование всего аппарата в целом.

Среди других тестов следует отметить вибрационные (имитирующие условия при запуске) и проверку защиту электронных устройств от помех, создаваемых различными элементами зонда. Испытания завершатся вторым термовакуумным тестом, в ходе которого InSight подвергнут резким изменениям температур и внешних давлений.

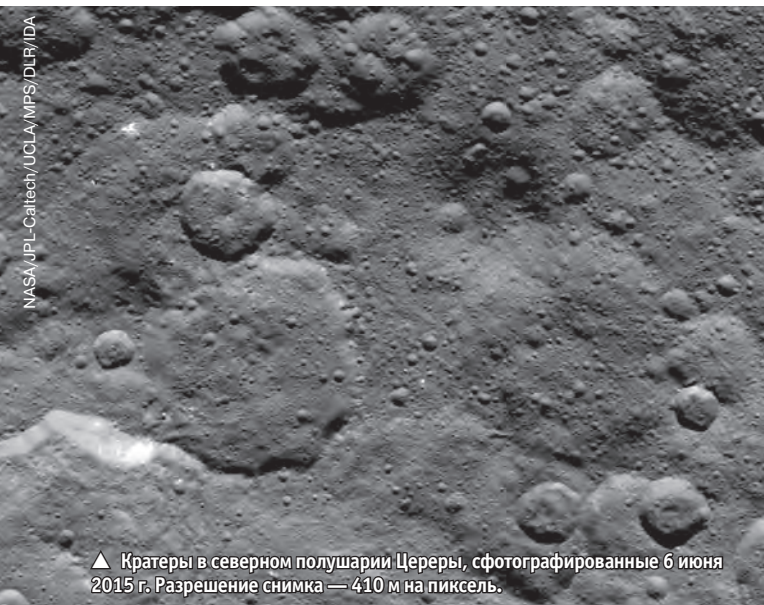
Группа сопровождения миссии в основном состоит из американских ученых, но в ней имеется и немало представителей научных коллективов из других стран — Австрии, Бельгии, Великобритании, Германии, Испании, Канады, Польши, Франции, Швейцарии, Японии. В нее входят сотрудники университетов, промышленных корпораций и правительственных учреждений. Возглавляет эту международную команду Брюс Банердт из Лаборатории реактивного движения (Bruce Vanerdt, JPL NASA). Часть научных приборов, устанавливаемых на космическом аппарате, предоставлена Национальным космическим агентством Франции (CNES) и Германским аэрокосмическим центром (DLR).

InSight является частью программы Discovery, подготовленной Директором NASA и входящей в сферу ответственности Центра космических полетов им. Маршалла (Marshall Space Flight Center) в Хантсвилле, штат Алабама.



# Церера все ближе

Американский космический аппарат Dawn<sup>1</sup> прислал первые фотографии карликовой планеты Церера (1 Ceres),<sup>2</sup> сделанные с новой рабочей орбиты радиусом 4,9 тыс. км. Расстояние между зондом и поверхностью небесного тела в этой фазе миссии составляет около 4,4 тыс. км, разрешение полученных снимков достигает 400 м на пиксель.



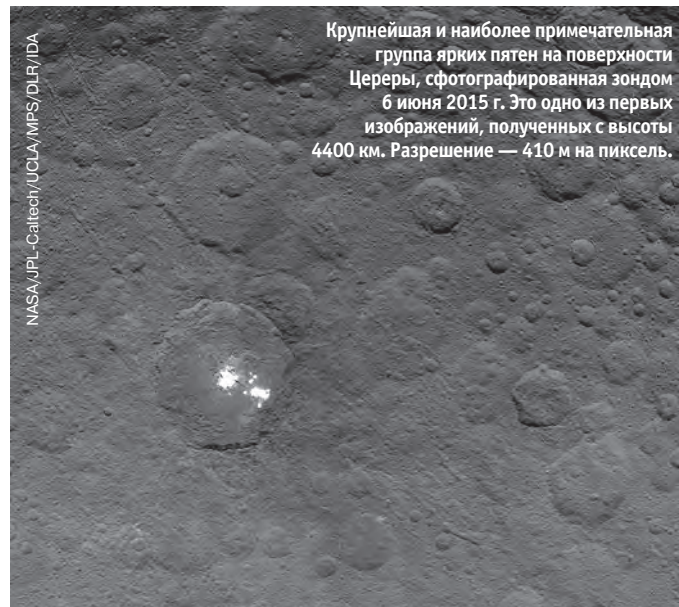
▲ Кратеры в северном полушарии Цереры, сфотографированные 6 июня 2015 г. Разрешение снимка — 410 м на пиксель.

Конечно же, больше всего ученых интересует группа белых пятен внутри 90-километрового кратера, обнаруженная еще в 2005 г. космическим телескопом Hubble. Правда, на его снимках они выглядели одной яркой точкой. Теперь уже понятно, что на самом деле пятен довольно много, большинство из них имеют неправильную форму, а одно из крупнейших расположено точно в центре кратера. Единого мнения об их природе планетологи пока не выработали.

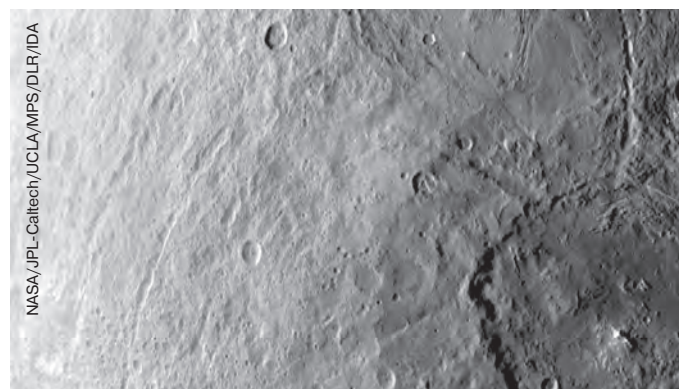
По словам ведущего исследователя миссии Dawn Криса Рассела из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (Chris Russell, University of California, Los Angeles), такой «набор» белых пятен до сих пор не встречался нигде в Солнечной

<sup>1</sup> ВПВ №10, 2007, стр. 18; №11, 2010, стр. 9

<sup>2</sup> ВПВ №4, 2004, стр. 17; №9, 2006, стр. 20



Крупнейшая и наиболее примечательная группа ярких пятен на поверхности Цереры, сфотографированная зондом 6 июня 2015 г. Это одно из первых изображений, полученных с высоты 4400 км. Разрешение — 410 м на пиксель.



▲ В правом нижнем углу этого снимка, сделанного 6 июня 2015 г., виден большой ударный кратер в южном полушарии Цереры и многочисленные связанные с ним структуры поверхности (в частности, трещины и «полузатопленные» мелкие кратеры).

системе, что делает Цереру в некотором смысле уникальным объектом. Пока преобладает мнение о том, что загадочные образования состоят из водяного льда, но рассматриваются и альтернативные версии — в частности, это могут быть отложения соли. Ученые надеются получить больше информации в ходе фотосъемки пятен с разных направлений при различной высоте Солнца над локальным горизонтом.



от  
130 грн.

**ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН**  
[www.shop.universemagazine.com](http://www.shop.universemagazine.com)

Первыми узнавайте новости  
на нашем сайте

Коллекция ретрономеров  
2007-2013 гг.

в папках на кнопке

Соберите полную коллекцию журналов





# Удивительные луны в поле зрения Cassini

**П**рощание с Гиперионом. Космический аппарат Cassini<sup>1</sup> совершил последний пролет вблизи сатурнианского спутника Гипериона<sup>2</sup> — одного

<sup>1</sup> ВПВ №4, 2008, стр. 14

<sup>2</sup> ВПВ №8, 2005, стр. 21; №10, 2005, стр. 28

из самых необычных тел, orbitающихся вокруг «окольцованной планеты». На фотографиях, полученных 31 мая, заметно, что внутренности многочисленных кратеров на его поверхности устланы темным веществом, на котором четко проявляются

отметины от интенсивной метеоритной бомбардировки.

Гиперион не только выглядит как гигантский кусок пемзы — он действительно оказался весьма пористым: его средняя плотность вдвое меньше плотности воды, благодаря чему гравитация спутника очень слаба. Отсюда ученые сделали вывод о том, что он состоит в основном из водяного льда, и лишь небольшая часть его вещества приходится на скалистые (нелетучие) породы. Косвенным свидетельством в пользу такого предположения служит тот наблюдательный факт, что стенки многих кратеров имеют высокую яркость — вероятнее всего, они сложены из практически чистого льда. Столь внушительный набор специфических особенностей строения этого спутника можно объяснить тем, что на его поверхности процессы, ведущие к уплотнению верхнего слоя грунта, преобладают над процессами его разрыхления с последующим выбросом и рассеянием вещества в окру-

жающем космическом пространстве.

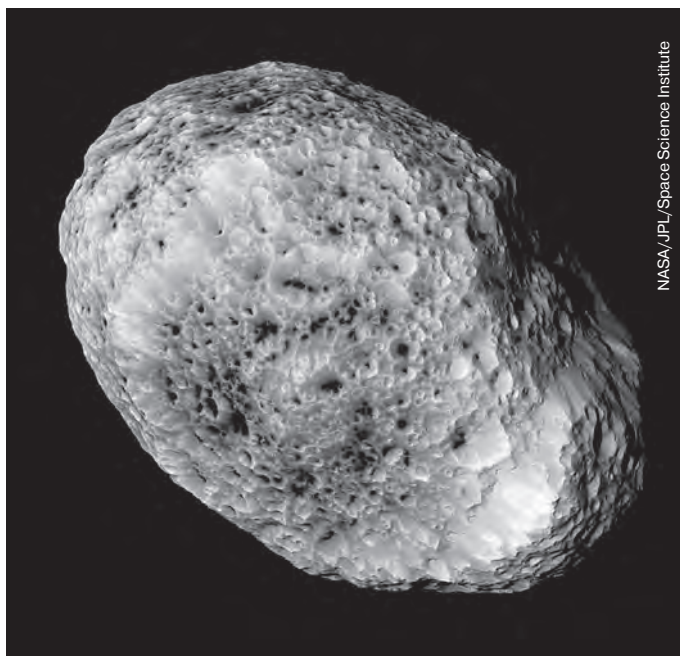
Попытки сотрудников группы сопровождения миссии Cassini запечатлеть Гиперион с различных ракурсов в надежде обозреть как можно большую часть его поверхности оказались малоэффективными ввиду того, что спутник буквально «кувыркается» при своем обращении вокруг Сатурна: его ориентация в пространстве меняется труднопредсказуемым образом. Для объяснения этого феномена, а также неправильной формы луны, было выдвинуто предположение о том, что на самом деле она представляет собой остаток гораздо более крупного небесного тела, которое распалось на отдельные небольшие фрагменты после столкновения с еще одним, сравнимым по размеру, причем произошло это сравнительно недавно по меркам возраста Солнечной системы.

До прекращения работы, запланированного на 2017 год, Cassini совершит еще несколько пролетов спутников



NASA/JPL/Space Science Institute

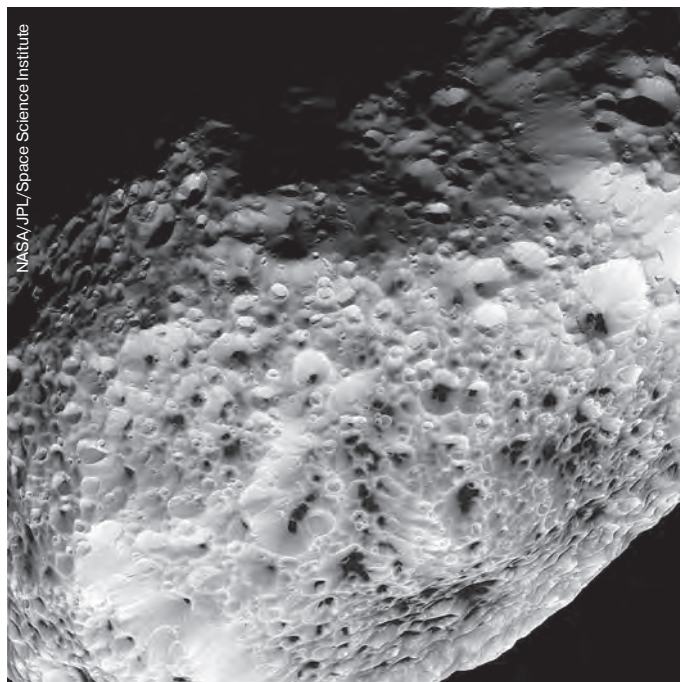
▲ Самое известное и наиболее впечатляющее изображение Гипериона, полученное зондом Cassini после наиболее тесного сближения с этим спутником 26 сентября 2005 г. (ВПВ №10, 2005, стр. 28). Цвета искусственно усилены и отображают различия в составе материала поверхности.



NASA/JPL/Space Science Institute

▲ Гиперион с другого ракурса, сфотографированный узкоугольной камерой Cassini 31 мая 2015 г. в ходе последнего тесного сближения космического аппарата с этим необычным небесным телом. Данное изображение получено с использованием инфракрасного фильтра, центрированного на длину волны 862 нм, с расстояния около 60 тыс. км при фазовом угле 20°. Разрешение снимка — 360 м на пиксель.

▼ Продолжая сближаться с Гиперионом, Cassini сфотографировал его загадочную «губчатую» поверхность с расстояния 38 тыс. км в ближнем инфракрасном диапазоне (через тот же фильтр с максимумом пропускания 862 нм). Фазовый угол составил 46°, разрешение — 230 м на пиксель. Направление на север спутника повернуто на 37° вправо от вертикали.



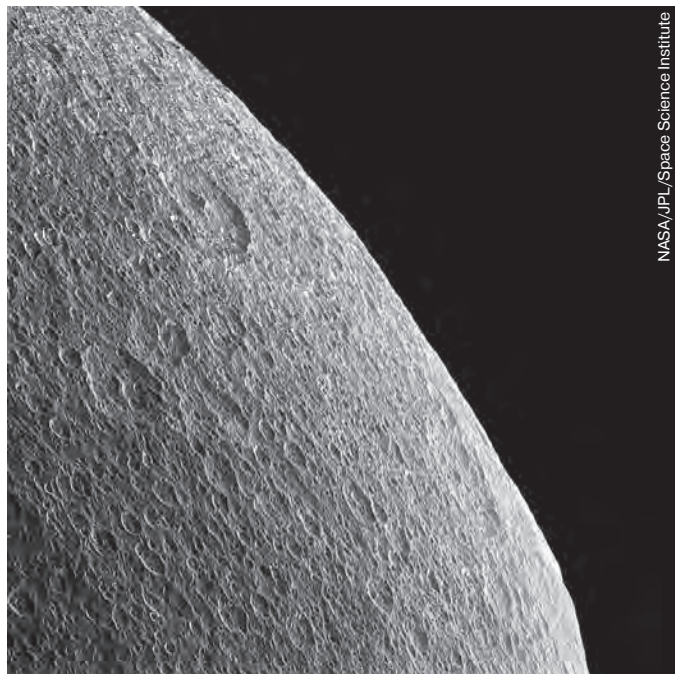
NASA/JPL/Space Science Institute



Сатурна. Следующей его целью должна стать ледяная Диона. «Заключительный аккорд» своей миссии — прохождение сквозь кольца Сатурна — космический аппарат начнет обрабатывать уже в следующем году. Это будет впечатляющее космическое шоу, не уступающее посадке модуля Philae на поверхность кометы Чурюмова-Герасименко.<sup>3</sup> Зонд завершит свое существование, войдя в сатурнианскую атмосферу и сгорев в ней.

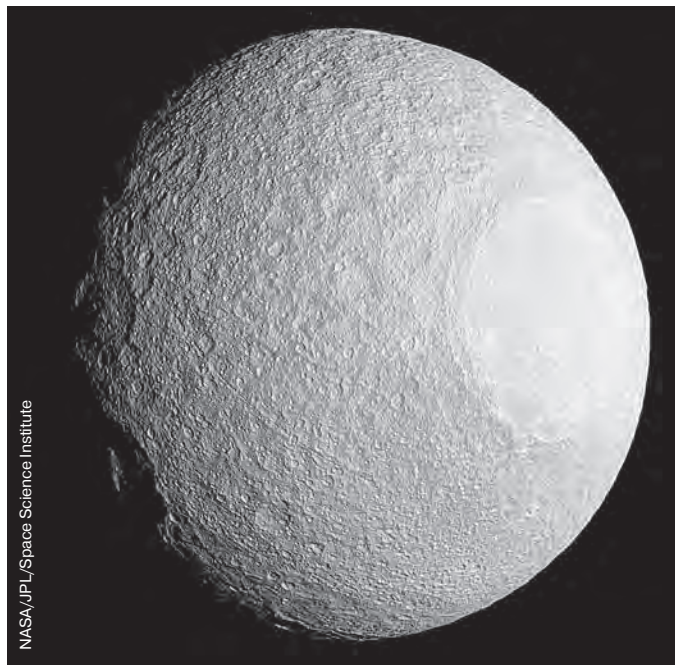
**Горизонты Реи.** Устремив свой взор на далекую линию горизонта, человек почти никогда не задается вопросом, что же, собственно, он видит перед собой. В отличие от Земли, где часто можно встретить абсолютно ровный горизонт, на Рее — втором по размеру (после Титана) члене «сатурнианской семьи» — он практически везде слегка всхолмлен, поскольку поверхность этого спутника густо испещрена кратерами, а из-за его сравнительно небольшого радиуса, равного 764 км, с высоты человеческого роста на нем можно обозревать пространство радиусом не более 1,6 км — в два с половиной раза меньше, чем на Земле.

Поверхность Реи сформирована главным образом процессами непрерывной метеоритной бомбардировки, о чем свидетельствует большое количество ударных кратеров. На нашей планете (или, например, на Венере) большинство этих «космических шрамов» были бы сравнительно быстро стерты водной и ветровой эро-



NASA/JPL/Space Science Institute

▲ Снимок «хвостового» полушария Реи, сделанный узкоугольной камерой зонда Cassini 10 февраля 2015 г. с расстояния 56 тыс. км.



NASA/JPL/Space Science Institute

▲ Снимок «обратной стороны» Тефии (полушария, постоянно повернутого в сторону, противоположную Сатурну), сделанный узкоугольной камерой космического аппарата Cassini 11 апреля 2015 г. с расстояния 190 тыс. км. Разрешение достигает 1 км на пиксель.

зией или тектоническими процессами. Но на небольших небесных телах, не имеющих атмосферы и активных недр,

кратеры сохраняются до тех пор, пока не будут разрушены или засыпаны веществом, выбрасываемым при каждом новом падении метеорита.

Изображение гористой местности, представленное на данном снимке, относится к «хвостовому» полушарию Реи — развернутому назад относительно ее орбитального движения. Север вверху, направление на него наклонено на 12° вправо. Фотографирование производилось в видимом свете узкоугольной камерой зонда Cassini 10 февраля 2015 г. с расстояния 56 тыс. км при фазовом угле 76° (между направлениями «Рей-Солнце» и «Рей-Cassini»). Масштаб изображения составляет 330 м на пиксель.

**Гигантский кратер на Тефии.** Как и большинство подобных тел в Солнечной системе, сатурнианский спутник Тефия (ее диаметр составляет 1062 км) покрыт большим количеством ударных кратеров. Один из них — кратер Одиссей, видимый в правой части снимка — явно выделяется своим размером, достигающим 450 км. Он занимает почти 18% поверхности ледяной луны! Если бы аналогичная по масштабам структура присутствовала на Земле, она простиралась бы на 5400 км, что сопоставимо с размерами Африки. Вероятнее всего, Одиссей образовался при ударе метеоритного тела поперечником не менее 50 км.

На снимке запечатлено полушарие Тефии, постоянно повернутое в сторону, противоположную Сатурну. Фотографирование велось с расстояния 190 тыс. км.

<sup>3</sup> ВПВ №11, 2014, стр. 16

## КНИГА-НОВИНКА



**П003. Роджер Пенроуз. НОВЫЙ УМ КОРОЛЯ: О компьютерах, мышлении и законах физики.**

Монография известного физика и математика Роджера Пенроуза посвящена изучению проблемы искусственного интеллекта на основе всестороннего анализа достижений современных наук. Возможно ли моделирование разума? Чтобы найти ответ на этот вопрос, автор рассматривает широчайший круг явлений: алгоритмизацию математического мышления, машины Тьюринга, теорию сложности, теорему Геделя, парадоксы квантовой физики, энтропию, рождение Вселенной, черные дыры, строение мозга и многое другое. Книга вызовет несомненный интерес как у специалистов гуманитарных и естественнонаучных дисциплин, так и у широкого круга читателей.

Полный перечень книг, наличие, цены [shop.universemagazine.com](http://shop.universemagazine.com) или по телефону (067) 215-00-22



# Модуль Philae: ждем новостей!

Воистину праздничным днем для европейской космонавтики стало 13 июня 2015 г. В этот день посадочный модуль Philae, опустившийся на поверхность ядра кометы Чурюмова-Герасименко (67P/Churyumov-Gerasimenko) 12 ноября прошлого года и через три дня «замолчавший» из-за исчерпания заряда базовой аккумуляторной батареи, снова подал признаки жизни. Сообщение об этом было передано Операционным центром Европейского космического агентства (ESA) в Дармштадте 13 июня в 22 часа 28 минут центрально-европейского летнего времени (23:28 по киевскому времени). В течение 85 секунд модуль «общался» с наземным центром управления. От него поступило более трехсот пакетов данных, проанализированных командой Центра контроля посадочных операций Аэрокосмического центра Германии (DLR).

По словам менеджера проекта доктора Стефана Уламеца (Stefan Ulamec), Philae чувствует себя хорошо и готов к дальнейшей работе. Его температура достигает  $-35^{\circ}\text{C}$ , доступная мощность, генерируемая солнечными батареями —



17 октября 2014 г.

$D_s=10,0$  км

$R=0,85$  м/пиксель

$a=0,87$  км

Ряд валунов в регионе Хапи — на «перемычке» между большой и малой долей ядра кометы Чурюмова-Герасименко.

ESA/Rosetta/NAVCAM



10 декабря 2014 г.

Расстояние до центра ядра:  $D_s=20,1$  км

Разрешение:  $R=1,71$  м/пиксель

Охват снимка:  $a \times b=2,9 \times 2,6$  км

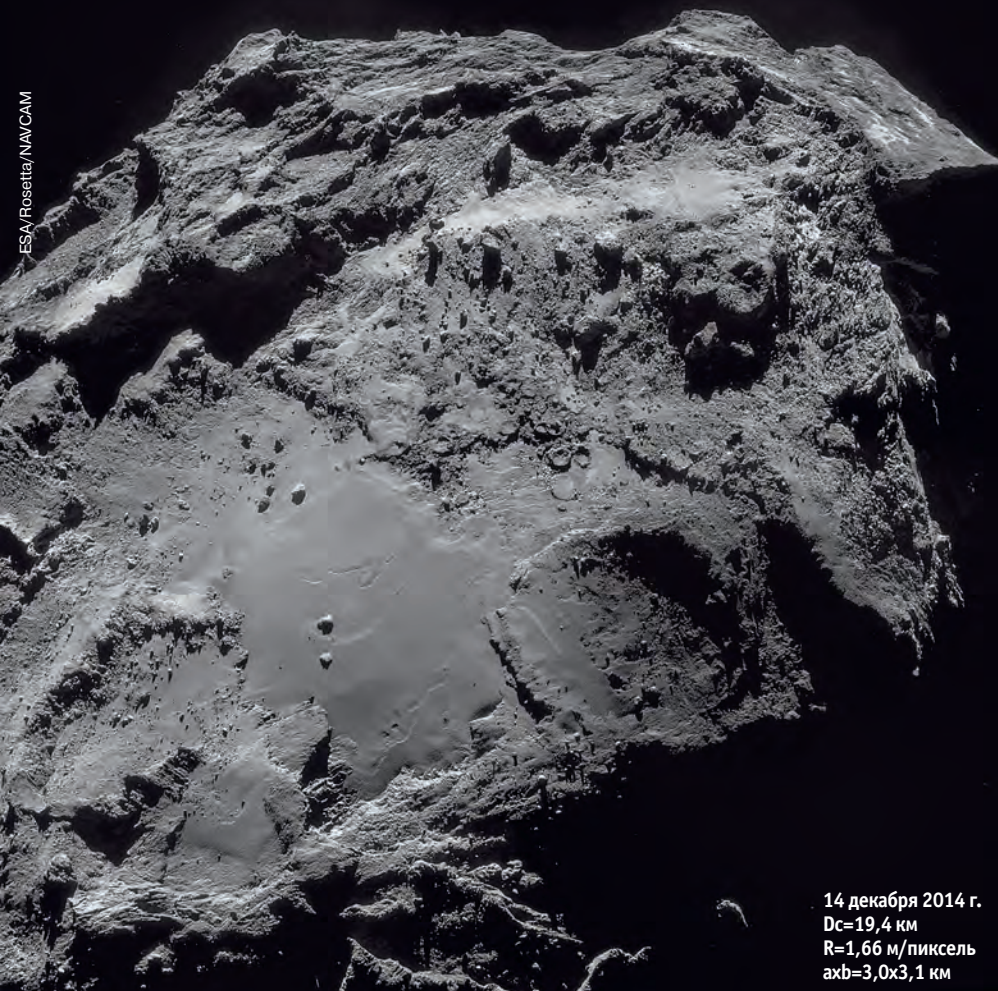
ESA/Rosetta/NAVCAM

24 Вт. В памяти аппарата имеется еще более 8 тыс. пакетов данных обо всем, что произошло с ним во время сближения с кометным ядром и посадки на него. Как мы уже писали, проблемы возникли из-за того, что модуль опустился на ядро в нерасчетном районе, где условия освещенности не позволяли ему вырабатывать достаточно энергии даже для функционирования в наиболее экономном режиме. Теперь, после приближения кометы к Солнцу, эти условия значительно улучшились, и Philae «ожил». Сейчас операторы ждут очередных сеансов связи с ним, о результатах которых мы напишем уже в следующем номере нашего журнала.

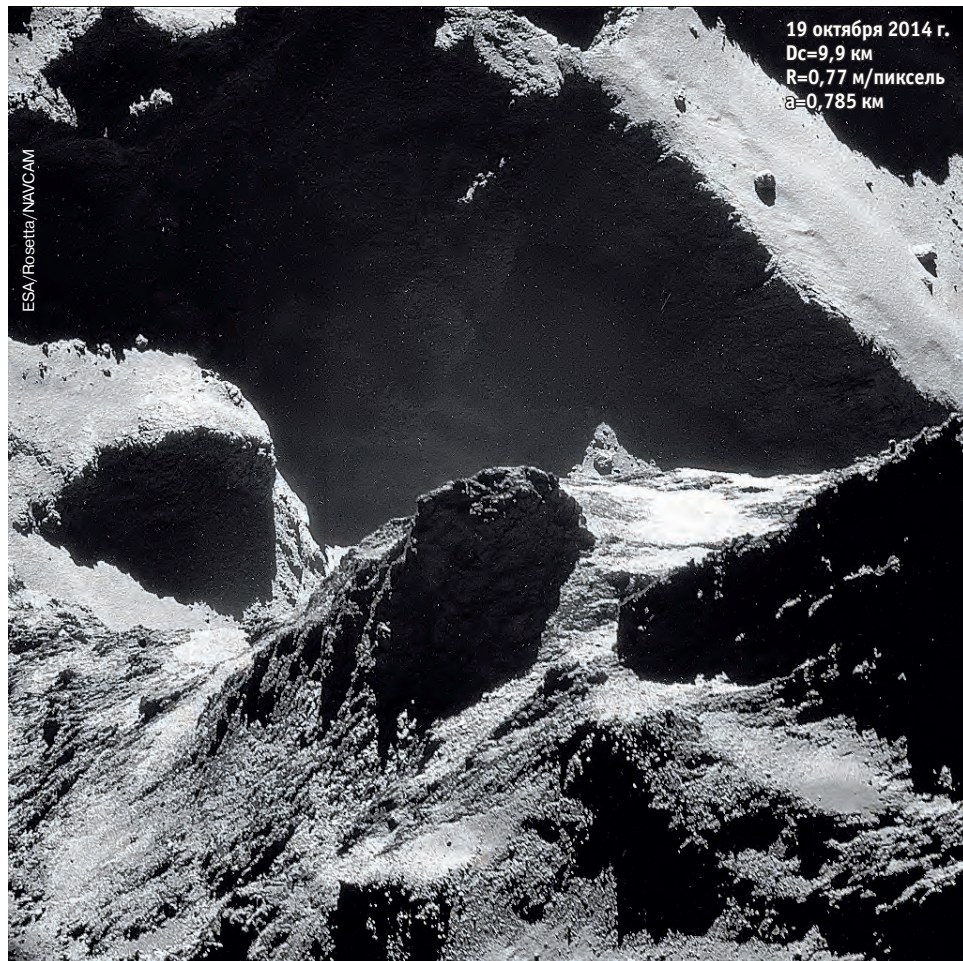
Между тем ESA опубликовало 1776 снимков, сделанных навигационной камерой основного аппарата Rosetta в период с 23 сентября по 1 ноября 2014 г., когда он находился на орбите, позволявшей ему сближаться с ядром до 8 км. Эти снимки не такие детальные, как изображения, получаемые камерой высокого разрешения OSIRIS, однако они дают более полное представление об общей структуре кометы, а также о местоположении и особенностях джетов — газовой-пылевой выброс с ее поверхности.



ESA/Rosetta/NAVCAM



14 декабря 2014 г.  
Dc=19,4 км  
R=1,66 м/пиксель  
ахв=3,0х3,1 км

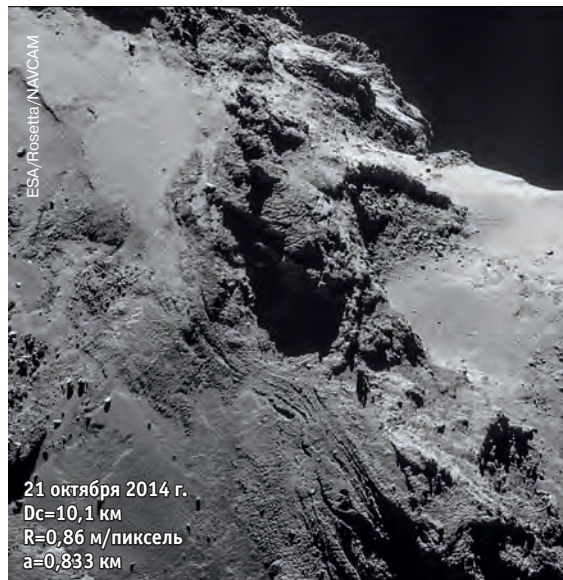


19 октября 2014 г.  
Dc=9,9 км  
R=0,77 м/пиксель  
а=0,785 км

ESA/Rosetta/NAVCAM

▲ На переднем плане этого снимка (контрастность усилена компьютерной обработкой) запечатлена меньшая доля кометного ядра с частично видимыми регионами Анукет и Серкет; большая доля на заднем плане представлена мощным утесом, относящимся к региону Сет. Часть региона Хапи расположена левее центра.

ESA/Rosetta/NAVCAM



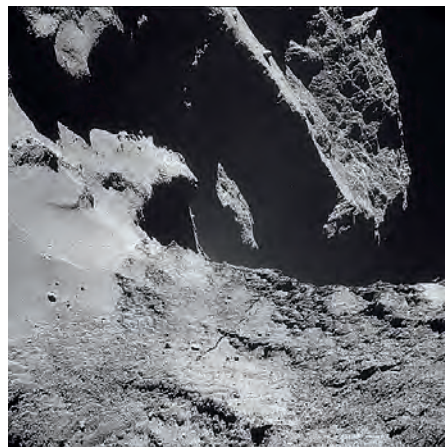
21 октября 2014 г.  
Dc=10,1 км  
R=0,86 м/пиксель  
а=0,833 км

ESA/Rosetta/NAVCAM



19 октября 2014 г.  
Dc=10,0 км  
R=0,86 м/пиксель  
а=0,876 км

▼ Для сравнения: фотография протяженной трещины на «перешейке» между большой и малой долями ядра, сделанная 22 января 2015 г. камерой высокого разрешения OSIRIS. Трещина тянется от региона Хапи (внизу слева) к региону Анукет. В верхней левой части снимка виден регион Сет.



Список городов и точек продаж, где можно купить наш журнал, доступен на сайте [www.universemagazine.com](http://www.universemagazine.com)



# Беспорядок в небесном «царстве теней»

NASA/ESA/A. Feld (STScI)

## СПУТНИКИ ПЛУТОНА

**Гидра**  
58×34 км

**Кербер**  
Диаметр 31 км

**Никта**  
56×26 км

**Харон**  
Диаметр 1208 км

**Стикс**  
Диаметр неизвестен

Эта иллюстрация показывает относительные размеры и поверхностную яркость плутонианских лун. Элементы поверхности показаны условно.

Гипотетический наблюдатель, оказавшийся на поверхности одного из небольших спутников Плутона, столкнулся бы с необычной проблемой: на этих телах практически невозможно предсказать время восхода Солнца и даже точку горизонта, в которой оно взойдет. Все дело в том, что они движутся в гравитационном поле двойной системы «Плутон-Харон», постоянно меняющемся из-за обращения двух главных компонентов вокруг общего центра масс.<sup>1</sup> Вдобавок эти плутонианские луны, судя по наблюдениям вариаций их видимого блеска, проведенным телескопом Hubble, имеют неправильную форму — они заметно вытянуты вдоль одной из осей. Такие необычные выводы сделали Марк Шуолтер из калифорнийского Института SETI (Mark Showalter, SETI Institute, Mountain View, California) и Дуг Хэмилтон из Университета Мэриленда (Doug Hamilton, University of Maryland, College Park) после детального анализа данных, переданных космической обсерваторией в период с 2005 до 2012 г., и сравнения их с компьютерными моделями движения объектов в неоднородном поле тяготения. Работа исследователей опубликована в июньском номере журнала Nature.

Пока что наблюдения касаются двух более крупных из четырех «малых» спутников двойной карликовой планеты — Никты и Гидры.<sup>2</sup> Однако астрономы считают, что эти выводы справедливы и в отношении двух других плутонианских лун (Кербера<sup>3</sup> и Стикса<sup>4</sup>), имеющих еще меньшие размеры. Их слабый блеск не позволяет провести достаточно точные измерения для уверенных заключений,

поэтому здесь ученым, по-видимому, нужно будет дождаться сближения с системой Плутона американского аппарата New Horizons, которое состоится в середине июля текущего года. С уверенностью можно говорить о другом факте: как и следовало ожидать, три из четырех спутников движутся в орбитальном резонансе друг с другом (периоды их обращения относятся как небольшие целые числа) — к примеру, более далекий Стикс совершает два оборота вокруг центра масс системы ровно за то время, которое Гидра затрачивает на три оборота. Эта информация поможет рабочей группе миссии New Horizons лучше спланировать научную программу зонда, а также может стать подсказкой при изучении процессов образования и эволюции малых тел Солнечной системы.

Еще одним сюрпризом для исследователей стал Кербер: этот спутник оказался крупнее, чем изначально считалось,<sup>5</sup> а его сравнительно низкий видимый блеск объясняется очень темной поверхностью — вблизи он был бы похож на кусок древесного угля. Чем вызваны такие серьезные отличия от остальных членов «плутонианской семьи» (которые, как считается, образовались почти одновременно из первичного ледяного тела после столкновения с еще одним близким по размеру объектом), ученые объяснить пока не могут, надеясь найти разгадку в ходе дальнейших наблюдений — как с помощью телескопа Hubble и бортовых камер зонда New Horizons, так и с помощью новых мощных наземных и космических обсерваторий.

<sup>1</sup> ВПВ №1, 2003, стр. 22

<sup>3</sup> ВПВ №7, 2011, стр. 16

<sup>2</sup> ВПВ №11, 2005, стр. 26

<sup>4</sup> ВПВ №7, 2012, стр. 23

<sup>5</sup> Международным Астрономическим Союзом утвержден вариант названия Кербер (Kerberos) во избежание путаницы с астероидом Цербер (1865 Cerberus). Размер этого объекта сейчас оценивается в 30-40 км.



# Разные лики Плутона

По мере приближения американского зонда New Horizons<sup>1</sup> к карликовой планете Плутон (134340 Pluto)<sup>2</sup> ученым удастся рассмотреть все больше деталей крохотного диска этого далекого небесного тела. Подтверждаются первые впечатления о том, что это достаточно сложный мир с разнообразными типами поверхности — отдельные ее участки имеют существенные различия в отражающей способности с широкой градацией этого показателя между крайними значениями.

Снимки, сделанные бортовой камерой LORRI (Long Range Reconnaissance Imager) в период с 29 мая по 2 июня 2015 г., были подвергнуты компьютерной обработке с использованием техники, называемой «деконволюцией» и позволяющей выделить более мелкие детали, однако временами вызывающей появление нежелательных артефактов. Некруглая форма плутоианского диска на приведенных изображениях — также следствие цифровой обработки. На самом деле астрономы практически уверены, что истинная форма этого тела мало отличается от сферической.

Как сообщил главный научный сотрудник миссии New Horizons Алан Штерн из Юго-западного исследовательского института в Колорадо (Alan Stern, Southwest Research Institute, Boulder, Colorado), несмотря на то, что снимки сделаны с расстояния более 30 млн км, они демонстрируют действительно сложную поверхность с большим набором светлых и темных деталей, особенно многочисленных вблизи экватора. Также очевидно, что при взгляде с различных направлений Плутон выглядит по-разному: его северное полушарие преимущественно темное, тогда как в южном полушарии и вблизи экватора сосредоточено большинство ярких участков.

В начале июля рабочая группа миссии будет иметь в своем распоряжении первые данные бортового спектрометра, которые помогут ответить на многие вопросы, касающиеся настоящего и про-

<sup>1</sup> ВПВ №1, 2003, стр. 22; №2, 2006, стр. 25

<sup>2</sup> ВПВ №9, 2006, стр. 20; №9, 2013, стр. 22



▲ Эти изображения, полученные камерой LORRI межпланетного аппарата New Horizons, демонстрируют изменения вида Плутона по мере его вращения с периодом 6,4 суток. Все они развернуты таким образом, что ось вращения карликовой планеты — точнее, двойной системы «Плутон-Харон» — расположена вертикально, как схематически показано слева вверху.



▲ Последовательность событий во время пролета зонда New Horizons через систему Плутона 14 июля 2015 г. с относительной скоростью 13,8 км/с. Поскольку время его нахождения в ближайших окрестностях карликовой планеты будет сравнительно недолгим, специалисты миссии тщательно спланировали и запрограммировали все предстоящие научные эксперименты, сопровождающиеся поворотами космического аппарата.

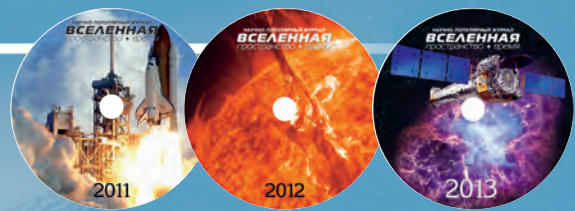
шлого карликовой планеты. Наибольшее сближение с Плутоном первого автоматического посланника человечества про-

изойдет 14 июля — его предварительные результаты мы надеемся опубликовать уже в следующем номере нашего журнала.

Архив журнала за 2011-2013 гг. в цифровом виде

Коллекция журналов на CD-дисках

[www.shop.universemagazine.com](http://www.shop.universemagazine.com)

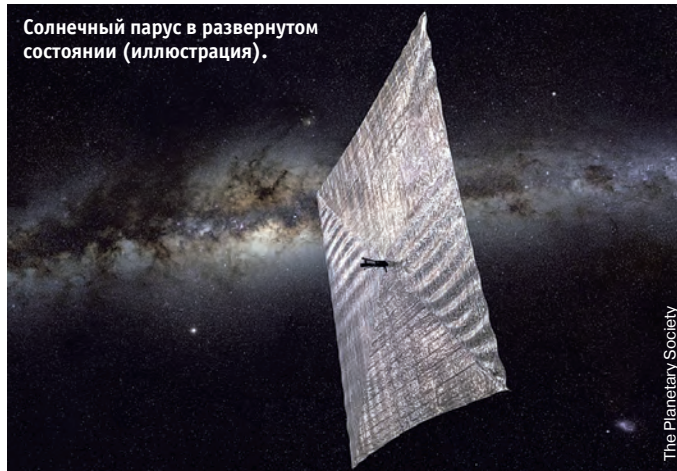




# Секретный шаттл и «Звездная бригантина»

Американская ракета-носитель Atlas V 501, стартовавшая с космодрома на мысе Канаверал 20 мая 2015 г. в 11 часов 5 минут по времени атлантического побережья США (15:05 UTC), вывела на околоземную орбиту автоматический многоэтажный корабль X-37B, уже успевший трижды побывать в космосе и успешно вернуться на Землю. Детали его очередной миссии (она получила индекс OTV-4), как и трех предыдущих, не разглашаются, поскольку все полеты этого аппарата осуществляются в интересах военного ведомства Соединенных Штатов. Не уточнялись и элементы его орбиты, которые уже через неделю смогли установить астрономы-любители, ведущие наблюдения за объектами ближнего космоса: по их данным, перигей «секретного шаттла» находится на высоте 312 км, апогей — 325 км, а наклон орбитальной плоскости к плоскости земного экватора составляет 38°.

Той же ракетой был произведен запуск еще десяти наноспутников стандарта CubeSat, самым примечательным из которых, несомненно, является аппарат LightSail-A, предназначенный для испы-



Солнечный парус в развернутом состоянии (иллюстрация).

The Planetary Society

тания технологии солнечного паруса. Этот проект, реализуемый американской некоммерческой неправительственной организацией «Планетное общество», был анонсирован еще четыре года назад, однако его старт постоянно откладывался по различным причинам. И в этот раз не все прошло гладко — через двое суток после отделения от носителя связь со спутником была потеряна из-за программной ошибки, не обнаруженной в ходе наземных тестов: данные телеметрии, предназначенные для передачи на Землю, постоянно накапливались в одном файле, размер которого через какое-то время превысил критическую величину, что вызвало сбой в работе бортового компьютера.

Для устранения ошибок необходимо было отправить на борт спутника программные обновления, что, в свою очередь, было возможным только после перезагрузки компьютера, но соответствующую команду, переданную наземным центром управления, он выполнять отказывался. Оставалась надежда на то, что компьютер перезагрузится под влиянием каких-то внешних факторов — например, из-за попадания в процессор или блок памяти высокоэнергетической частицы космических лучей. Сколь бы призрачными ни были такие надежды, именно это в итоге и произошло: 31 мая специалисты Планетного общества, осуществляющие сопровождение аппарата, сообщили о возобновлении контроля над ним и начале операций по устранению компьютерных ошибок.

В настоящее время принимается решение о разворачивании солнечного паруса — полотна из алюминированной майларовой пленки площадью 32 м<sup>2</sup> и толщиной чуть больше 4 микрон (0,004 мм). Парус состоит из четырех равнобедренных прямоугольных треугольников, образующих квадрат со стороной 5,6 м, в центре которого находятся три блока CubeSat, объединенные в конструкцию размером 34×10×10 см, не считая длины солнечных панелей, обеспечивающих аппарат энергией. Общая масса спутника не превышает 5 кг.

Суть запланированных экспериментов заключается

в том, чтобы на тех участках орбиты, где LightSail-A движется по направлению от Солнца, плоскость паруса разворачивалась перпендикулярно солнечным лучам, а на противоположных участках он должен поворачиваться к светилу «ребром». Ориентация спутника будет меняться благодаря взаимодействию специального электрического контура с магнитным полем Земли.

Конечно же, ускорение, вызываемое давлением солнечного света, окажется намного меньше, чем сопротивление разреженных газов, в заметном количестве присутствующих на тех высотах, где пролегает орбита «парусника». Однако ученые надеются зарегистрировать и измерить обе эти силы, влияющие на его движение, а также оценить возможность использования их в космической навигации. Предполагается, что из-за атмосферного торможения LightSail-A прекратит свое существование в течение 10-12 суток после разворачивания паруса. Если эксперимент будет признан успешным, за ним последует запуск более совершенного аппарата (ему присвоено предварительное обозначение LightSail-2), предназначенного для проведения широкого спектра научных исследований. Следующей целью Планетного общества является отправка «солнечного парусника» LightSail-3 в точку Лагранжа L<sub>1</sub>, расположенную между Землей и Солнцем примерно в полтора миллионах километров от нашей планеты. Там он будет, в частности, выполнять функцию раннего предупреждения о геомагнитных штормах, вызываемых возмущениями межпланетного магнитного поля, которые способны нанести ущерб системам связи и энергетике, а также спутникам на низких околоземных орбитах (в том числе пилотируемым кораблям и Международной космической станцией).



Старт ракеты-носителя Atlas V 501 20 мая 2015 г.

United Launch Alliance



# Leonardo на новом месте



Перемещение многоцелевого модуля РММ (бывший транспортный контейнер Leonardo, изготовленный в Италии по заказу NASA) манипулятором Canadarm2 из грузового отсека шаттла Discovery к первому месту его стыковки с американским сегментом МКС. В этой позиции модуль создавал проблемы для навигации грузовых космических кораблей, поэтому его решено было перестыковать в ходе наиболее масштабной реконфигурации орбитального комплекса после 2011 г.

Успешно завершилась операция по перестыковке многоцелевого модуля Leonardo (Permanent Multipurpose Module) американского сегмента Международной космической станции, вошедшего в состав орбитального комплекса в феврале 2011 г. в ходе последней, 39-й миссии шаттла Discovery.<sup>1</sup> Ранее этот модуль использовался в качестве транспортного контейнера, в котором доставлялись грузы для МКС в негерметичном грузовом отсеке многоразовых кораблей.

26 мая астронавты Скот Келли и Терри Виртс (Scott Kelly, Terry Virts) закрыли переходные люки, ведущие в модуль, а по команде с Земли были отключены его энергетические системы. Далее из межлюкового пространства стыковочного узла выпустили воздух, чтобы проверить герметичность всех узлов, которым ненадолго предстоит стать частью внешней поверхности станции. На следующий день, после завершения необходимых испытаний, Leonardo был захвачен механической «рукой» манипулятора Canadarm2, контролируемого сотрудниками Центра управления в американском Хьюстоне и специалистами из Канады, создававшими этот сложный инструмент. 27 мая в 10 часов по

всемирному времени модуль покинул свою исходную позицию и начал движение к стыковочному узлу №3, к которому благополучно пристыковался в 13:05 UTC.

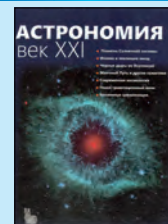
На «старое» место модуля Leonardo (так называемый надирный порт №1) в ближайшее время будет установлен стыковочный узел, позволяющий принимать американские частные беспилотные грузовые корабли Dragon и Cygnus, а также японские HTV. Благодаря этому появится возможность пристыковывать к МКС сразу три автоматических транспортных корабля — «Прогресс», причаливающий к российскому сегменту станции, и два коммерческих «грузовика» (либо же один американский и один японский аппарат). Следующие изменения в конфигурации МКС коснутся стыковочного адаптера РМА-2, который в процессе одного из ближайших выходов в открытый космос переставят на узел №2 и модифицируют таким образом, что он сможет принимать все космические корабли, оборудованные в соответствии со стандартом IDS (International Docking Standard). До 2011 г. к этому адаптеру причаливали американские шаттлы.

В сентябре в ходе миссии SpX-8 космического аппарата Dragon на МКС прибудет надувной экспериментальный модуль BEAM (Bigelow Expandable Activity Module), предназначенный в первую очередь для испытания

новых технологий сооружения орбитальных комплексов. Он пробудет в составе станции около двух лет с целью исследования устойчивости материалов, использованных в его конструкции, к длительному воздействию неблагоприятных факторов открытого космоса.

Уже осуществленные и предстоящие в этом году изменения конфигурации американского сегмента станут его последней масштабной «перестройкой» перед выводом МКС из эксплуатации, запланированным на 2024 г. Из состава российского сегмента должен быть исключен модуль «Пирс», после чего он пополнится многоцелевым исследовательским модулем «Наука», дата запуска которого пока неизвестна.

## КНИГА-НОВИНКА



**CO49.** Владимир Сурдин.  
Астрономия. Век XXI

Полный перечень книг, наличие, цены  
[shop.universemagazine.com](http://shop.universemagazine.com)  
или по телефону (067) 215-00-22

<sup>1</sup> ВПВ №3, 2011, стр. 12



# Небесные события августа

## ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ.

**Меркурий.** Весь последний летний месяц ближайшая к Солнцу планета подбирается к своей наибольшей восточной элонгации (4 сентября угловое расстояние между небесными телами превысит  $27^\circ$ ). Тем не менее, из-за малого наклона эклиптики к горизонту по вечерам условия видимости этого объекта окажутся крайне неблагоприятными. Поэтому мы, в частности, не сможем наблюдать интересное тройное соединение планет, предстоящее 6-7 августа. В ходе него Меркурий вначале сблизится с Венерой (правда, минимальное угловое расстояние между ними будет довольно большим — около  $8^\circ$ ), а меньше чем через сутки пройдет в полуградусе севернее Юпитера.

**Венера.** Уже в конце июля самая яркая планета станет практически недоступной для наблюдений в средних широтах Северного полушария: ее склонение окажется заметно меньше солнечного, поэтому она будет опускаться за горизонт раньше светила, а вставать — позже. В Южном полушарии, наоборот, наступит период так называемой двойной видимости Венеры, когда ее можно наблюдать и утром, и вечером. Такая ситуация продлится почти до конца августа.

**Марс** перед рассветом постепенно поднимается все выше над северо-восточным горизонтом, однако условия его видимости останутся неблагоприятными. Красная планета находится далеко от Земли, и даже достаточно мощные телескопы при взгляде на нее покажут лишь крохотный оранжеватый диск без заметных деталей.

**Юпитер** с большим трудом можно увидеть в самом начале августа, в вечерних сумерках. Планета появляется невысоко над западным горизонтом вскоре после захода Солнца и не более чем через четверть часа (в зависимости от широты местности) также заходит за горизонт. 26 августа состоится соединение Юпитера с нашим светилом, во время которого он пройдет всего в градусе севернее солнечного диска.

В первых числах августа **Сатурн** сменит попятное движение на прямое, постепенно удаляясь от Земли и по-прежнему оставаясь в созвездии Весов. «Окольцованный гигант» хорошо виден по вечерам, его знаменитые кольца развернуты весьма удачно для наблюдений.

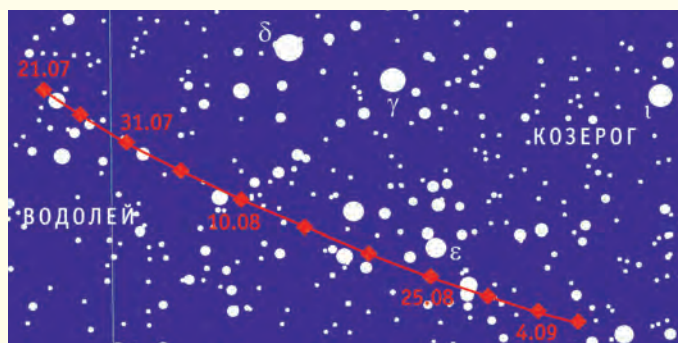
**Уран** появляется над горизонтом вскоре после полуночи, к утру поднимаясь достаточно высоко. Условия видимости **Нептуна** будут еще лучше — самая далекая планета видна всю ночь, перемещаясь попятным движением по созвездию Водолея и приближаясь к своему противостоянию, которое состоится 1 сентября. Чтобы уверенно разглядеть диски двух последних планет Солнечной системы, желательно располагать телескопом с диаметром объектива 80-90 мм или больше, однако каких-либо деталей на этих дисках увидеть все равно не удастся.

## ВИДИМОСТЬ АСТЕРОИДОВ.

15 августа 120-километровая Лютетия (21 Lutetia) — один из десяти астероидов, исследованных космическими аппаратами с близкого расстояния<sup>1</sup> — окажется в оппозиции всего за 24 дня до прохождения перигелия (ближайшей к Солнцу точки орбиты). Несмотря на столь благоприятные обстоятельства сближения, видимый блеск этого объекта не превысит 9-ю звездную величину. К тому же в средних широтах Северного полушария его высота в верхней кульминации составит всего  $20-25^\circ$ .

## МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ.

Самый известный (хоть и не самый мощный) поток северного неба Персеиды активен почти весь август. В текущем году его максимум должен наступить в ночь с 13 на 14 августа. По мере удаления от Солнца его «прародительницы» — периодической ко-



▲ Видимый путь астероида Лютетия (21 Lutetia) в июле-сентябре 2015 г.

меты Свифта-Таттла (109P/Swift-Tuttle)<sup>2</sup> — число «падающих звезд», относящихся к этому потоку, медленно снижается. В текущем году на пике активности может наблюдаться более 50 метеоров в час, но возможны и вторичные пики — раньше и позже основного. Луна в это время будет иметь фазу около новолуния и не помешает наблюдениям. Неделий позже наступит максимум потока Цигнид, радиант которого расположен в созвездии Лебедя; в это время он «производит» до 20 метеоров в час.

## ИСЧЕЗНОВЕНИЕ АЛЬДЕБАРАНА.

В ночь с 8 на 9 августа Луна пройдет по нескольким сравнительно ярким звездам скопления Гиады, и в том числе — по Альдебарану, наиболее яркому «неподвижному» светилу зодиакального пояса (на самом деле он к скоплению не относится, просто проецируясь на него при взгляде с Земли). Это интересное явление можно наблюдать в северной части Азии, а оккультация Альдебарана вдобавок будет видна в северо-восточной части Европы. В Скандинавии, странах Балтии, Украине и Беларуси, на Южном Кавказе и в европейской части РФ она произойдет на темном небе, вскоре после восхода Луны. Оптимальные условия для наблюдений сложатся на юге Западной Сибири, в Казахстане и Центральной Азии.

## ОБЪЕКТЫ ДАЛЬНЕГО КОСМОСА.

Августовские ночи можно назвать «пиком сезона» для астрономов-любителей в наших широтах: темное время суток уже достаточно продолжительное, а ночная прохлада пока не доставляет больших неудобств. К сожалению, небо августа не так богато интересными объектами (впрочем, в начале ночи еще доступны наблюдения многочисленные туманности и звездные скопления, кульминирующие около полуночи в июне-июле<sup>3</sup>). Одним из самых примечательных, безусловно, является планетарная туманность «Улитка» NGC 7293 в созвездии Водолея.<sup>4</sup> Ее видимый диаметр достигает 25 угловых минут, что ненамного меньше диска полной Луны, а суммарный блеск соответствует звезде  $7,5^m$ . Уверенно наблюдать такой источник, «размазанный» по большой площади, можно только на очень темном небе, вдали от городской засветки и в отсутствие Луны. Для этого желательно воспользоваться телескопом или биноклем с диаметром объектива 70 мм и больше. Не мешает также узкополосный светофильтр OIII, выделяющий из спектра линию ионизированного кислорода. Туманность образовалась около 10 тыс. лет назад. Она представляет собой финальный этап эволюции солнцеподобной звезды.<sup>5</sup>

<sup>2</sup> Последний раз эта комета прошла перигелий в конце 1992 г. — ВПВ №7, 2005, стр. 40

<sup>3</sup> ВПВ №4, 2015, стр. 34; №5, 2015, стр. 30

<sup>4</sup> Расстояние до NGC 7293 оценивается в пределах от 400 до 700 световых лет (считается, что это самая близкая из всех известных планетарных туманностей) — ВПВ №3, 2007, стр. 21

<sup>5</sup> ВПВ №5, 2008, стр. 9

<sup>1</sup> ВПВ №7, 2010, стр. 24



Еще одна «планетарка» в Водолее — NGC 7009 «Сатурн» — находится от нас намного дальше (по разным оценкам, расстояние до нее равно от 2 тыс. до 4 тыс. световых лет), поэтому и видимый размер ее весьма невелик —  $41 \times 35$  угловых секунд, меньше диска Юпитера. Два направленных в противоположные стороны выброса действительно придают ей сходство с «окольцованной планетой», что заметил еще в 1782 г. первооткрыватель этого объекта Уильям Гершель (William Herschel). Планетарная туманность NGC 7662 в созвездии Андромеды, неофициально называемая «Голубой снежок», имеет примерно такой же угловой размер ( $37''$ ) и яркость, как NGC 7009. В небольшие телескопы она выглядит как «нефокусирующаяся» звездочка примерно 8-й величины явственно голубого цвета.

В созвездии Водолея «обитают» также два шаровых звездных скопления из каталога Мессье: M2 и M72. Первое из них удалено от нас на 37,5 тыс. световых лет, содержит порядка 150 тыс. звезд и имеет возраст около 13 млрд лет — это один из старейших объектов нашей Галактики. При блеске чуть ниже 6-й величины его можно увидеть в небольшой телескоп или бинокль. Значительно более сложным для наблюдений является его «собрать» M72. Расстояние до него почти в полтора раза больше (около 55 тыс. световых лет), и в его состав входит примерно вдвое меньше звезд, поэтому видимый блеск этого объекта не превышает 9-ю величину. Телескоп с диаметром объектива 6 см покажет его на пределе зрения как маленькую слабую туманность.

M15 — единственный объект Мессье в созвездии Пегаса и первое шаровое скопление, «в недрах» которого была обнаружена черная дыра промежуточной массы (более тяжелая, чем ЧД, обра-

зующиеся при взрывах Сверхновых, но более легкая, чем сверхмассивные ЧД в центрах галактик). Скопление содержит около 100 тыс. звезд, расстояние до него оценивается в 33,5 тыс. световых лет. Как и M2, оно было открыто в 1746 г. Жаном-Домиником Маральди (Jean-Dominique Maraldi). Вместе с несколькими близкими звездами M15 образует характерную конфигурацию, суммарный блеск которой на хорошем небе позволяет заметить ее невооруженным глазом.

Шаровое скопление M30 в созвездии Козерога «собственно-ручно» открыл в 1764 г. Шарль Мессье (Charles Messier) — создатель знаменитого каталога туманностей.<sup>6</sup> От этого объекта нас отделяет 27 тыс. световых лет. Его характерной особенностью является ретроградное орбитальное движение: он обращается вокруг галактического центра в сторону, противоположную той, в которую движется остальное «население» Млечного Пути.





В созвездии Пегаса также видна сравнительно яркая (около 9<sup>m</sup>) галактика NGC 7331, удаленная от нас на 40 млн световых лет. Раньше она считалась похожей на нашу звездную систему, поскольку обладает примерно такой же массой и содержит близкое количество звезд, однако позже были выявлены серьезные отличия в их структуре. Внутренняя часть диска NGC 7331 немного наклонена относительно его внешних областей. Впрочем, все эти детали удастся заметить только в достаточно мощный телескоп — с диаметром объектива свыше 300 мм.

<sup>6</sup> ВПВ №12, 2005, стр. 43

## КАЛЕНДАРЬ АСТРОНОМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ (АВГУСТ 2015 Г.)

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <p>2 10<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,95</math>) в перигее (в 362135 км от центра Земли)<br/>14<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,94</math>) в 2° севернее Нептуна (7,8<sup>m</sup>)<br/>20<sup>h</sup> Сатурн (0,4<sup>m</sup>) проходит конфигурацию стояния</p> <p>3 Максимум блеска долгопериодической переменной звезды <math>\chi</math> Лебеда (3,5<sup>m</sup>)</p> <p>5 10<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,69</math>) в 1° южнее Урана (5,8<sup>m</sup>)<br/>14:30-14:40 Спутник Юпитера Ио (6,0<sup>m</sup>) частично закрывает Европу (6,3<sup>m</sup>)</p> <p>6 10<sup>h</sup> Меркурий (-0,7<sup>m</sup>) в 8° севернее Венеры (-4,1<sup>m</sup>)</p> <p>7 2:03 Луна в фазе последней четверти<br/>7<sup>h</sup> Меркурий (-0,6<sup>m</sup>) в 0,5° севернее Юпитера (-1,7<sup>m</sup>)</p> <p>8 9:30-10:15 Спутник Юпитера Ганимед (5,6<sup>m</sup>) закрывает Европу (6,3<sup>m</sup>)<br/>15-16<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,33</math>) закрывает звезду <math>\gamma</math> Тельца (3,6<sup>m</sup>). Явление видно на севере Дальнего Востока<br/>19-20<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,31</math>) закрывает звезды <math>\theta^1</math> (3,8<sup>m</sup>) и <math>\theta^2</math> Тельца (3,4<sup>m</sup>) для наблюдателей Северного и Центрального Урала, Западной Сибири, севера Центральной Сибири</p> | <p>22-24<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,30</math>) закрывает Альдебаран (<math>\alpha</math> Тельца, 0,8<sup>m</sup>). Явление видно в Украине (кроме юго-западной части), Беларуси, странах Балтии, на Южном Кавказе, в Центральной Азии, европейской части РФ, в Западной и на юге Центральной Сибири</p> <p>11 22-23<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,07</math>) закрывает звезду <math>\lambda</math> Близнецов (3,6<sup>m</sup>) для наблюдателей Центрального Урала, юга Западной Сибири, Центрального Казахстана и Кыргызстана</p> <p>13 2<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,02</math>) в 6° южнее Марса (1,7<sup>m</sup>)<br/>Максимум активности метеорного потока Персеиды (более 50 метеоров в час; координаты радианта: <math>\alpha=3^h07^m</math>, <math>\delta=58^\circ</math>)</p> <p>14 14:53 Новолуние<br/>Максимум блеска долгопериодической переменной R Рака (6,1<sup>m</sup>)</p> <p>15 11<sup>h</sup> Венера (-3,9<sup>m</sup>) в нижнем соединении, в 8° южнее Солнца<br/>Астероид Лютеция (21 Lutetia, 9,0<sup>m</sup>) в противостоянии, в 1,027 а.е. (154 млн км) от Земли</p> <p>16 12<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,03</math>) в 3° южнее Меркурия (-0,2<sup>m</sup>)</p> | <p>17 Максимум блеска долгопериодической переменной R Волопаса (6,2<sup>m</sup>)</p> <p>18 3<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,11</math>) в апогее (в 405850 км от центра Земли)</p> <p>19 21<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,23</math>) в 3° севернее Спика (<math>\alpha</math> Девы, 1,0<sup>m</sup>)</p> <p>20 Максимум активности метеорного потока Цигниды (около 10 метеоров в час; <math>\alpha=19^h20^m</math>, <math>\delta=55^\circ</math>)</p> <p>22 18<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,49</math>) в 2° севернее Сатурна (0,5<sup>m</sup>)<br/>19:30 Луна в фазе первой четверти</p> <p>23 16<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,59</math>) в 8° севернее Антареса (<math>\alpha</math> Скорпиона, 1,0<sup>m</sup>)</p> <p>26 16-18<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,87</math>) закрывает звезду <math>\rho^1</math> Стрельца (3,9<sup>m</sup>). Явление видно на юге Центральной Сибири, в Забайкалье, Амурской области, Хабаровском и Приморском крае<br/>22<sup>h</sup> Юпитер в верхнем соединении, в 1° севернее Солнца</p> <p>29 18:35 Полнолуние<br/>23<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=1,00</math>) в 2° севернее Нептуна</p> <p>30 15<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,99</math>) в перигее (в 358288 км от центра Земли)</p> |
|--|--|--|
- Время всемирное (UT)*











	Последняя четверть	2:03 UT	7 августа
	Новолуние	14:53 UT	14 августа
	Первая четверть	19:30 UT	22 августа
	Полнолуние	18:35 UT	29 августа

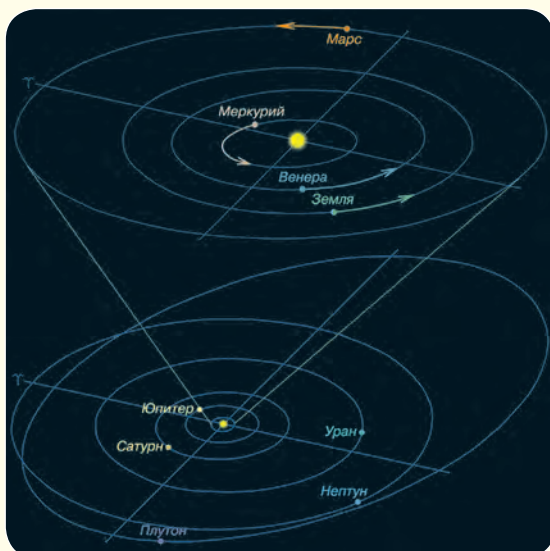
Вид неба на 50° северной широты:  
 1 августа — в 0 часов летнего времени;  
 15 августа — в 23 часа летнего времени;  
 30 августа — в 22 часа летнего времени

Положения Луны даны на 20<sup>h</sup> 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 2015 г.



Иллюстрации  
 Дмитрия Ардашева





**Видимость планет:**

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

**РЕКОМЕНДУЕМ!**



**ГА015.** Астрономический календарь 2015. — Издатель: Главная астрономическая обсерватория НАНУ, Киев (Укр.).



**ОК15.** Одесский астрономический календарь 2015. — Издатель: Одесский государственный университет, Одесса.

Полный перечень книг, наличие, цены [shop.universemagazine.com](http://shop.universemagazine.com) или по телефону (067) 215-00-22

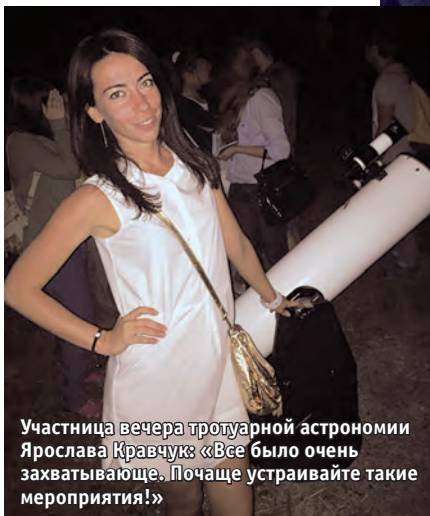




# «Тротуарка» на Третей планете

**В** субботу 6 июня на базе магазина оптики «Третья планета» редакция журнала «Вселенная, пространство, время» организовала вечер тротуарной астрономии, на котором были представлены модели телескопов, доступные в продаже, а также несколько инструментов, привезенных активными участниками наших предыдущих мероприятий. Наблюдения сопровождались лекцией об основных типах оптических телескопов, их достоинствах и недостатках, о том, что необходимо учитывать астроному-любителю при выборе инструмента, и о главных «достопримечательностях» летнего неба.

Еще до того, как окончательно стемнело, все желающие



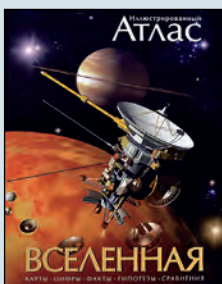
Участница вечера тротуарной астрономии Ярослава Кравчук: «Все было очень захватывающе. Почаще устраивайте такие мероприятия!»

смогли полюбоваться яркими планетами — Венерой и Юпитером. Немного позже стали доступны наблюдениям объекты «глубокого космоса»: двойные звезды, планетарные туманности, рассеянные и шаровые звездные скопления; ближе к полуночи над горизонтом поднялся Сатурн и северная часть созвездия Скорпиона. Многие гости мероприятия — напри-

мер, дизайнер текстиля Ярослава Кравчук — впервые в жизни получили возможность посмотреть на небо в телескоп и своими глазами увидеть красоты Вселенной, с которыми ранее могли познакомиться только на фотографиях (а о существовании многих из них даже не догадывались). Приятно было осознавать, что в этот вечер ряды поклонни-

ков музы Урании значительно пополнились, и что наше издание приложило к этому свои скромные усилия. Следующее собрание любителей тротуарной астрономии предполагается провести во время растущей Луны — как показал опыт предыдущих подобных акций, этот объект почти никогда не разочаровывает начинающих наблюдателей.

## КНИГИ



**Г001.** Гарлик Марк. Иллюстрированный атлас ВСЕЛЕННАЯ.

В этой книге перед вами откроется захватывающая картина Вселенной: вы увидите звездные скопления и галактики, планеты и астероиды, кометы и метеоры, узнаете о новейших открытиях астрономов, познакомитесь с последними достижениями космической техники.



**Д090.** Том Джексон. Вселенная. Иллюстрированная история астрономии.

Сотни самых лучших астрономических идей собраны в этой книге. Завораживающая история астрономии, занимательные факты, роскошные иллюстрации шаг за шагом покажут Вам, как на самом деле прекрасен мир, в котором мы живем.



**Ч030.** Маркус Чаун. Солнечная система.

Путеводитель по ближним и дальним окрестностям нашей планеты. Удивительные фотографии NASA и первоклассная компьютерная визуализация позволяют получить ясное представление об окрестностях Земли, а прокомментирован их известный английский астроном Маркус Чаун.

Полный перечень книг, наличие, цены [shop.universemagazine.com](http://shop.universemagazine.com) или по телефону (067) 215-00-22



# МАГАЗИН «ТРЕТЬЯ ПЛАНЕТА» ТЕЛЕСКОПЫ, БИНОКЛИ, МИКРОСКОПЫ



Тест-драйв оптических приборов ♦ Консультации специалистов

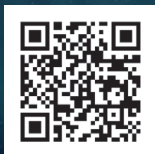
Наблюдения звезд и планет ♦ Мастер-классы по астрономии

ОБЗОРНЫЕ ЭКСКУРСИИ ПО ЗВЕЗДНОМУ НЕБУ

Наш адрес: Киев, ул. Нижний Вал, 3-7  
(044) 295-00-22, (067) 215-00-22  
[www.shop.universemagazine.com](http://www.shop.universemagazine.com)



# МАГАЗИН ОПТИКИ «ТРЕТЬЯ ПЛАНЕТА»



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

## Телескопы



## Бинокли



## Приборы ночного видения



## Модели Space Collection



## Модели Metal Earth



## Биосистемы



## Журнал ВПВ



## Книги



## Календари, плакаты

