

# Вселенная

## пространство \* время

ВСЕЛЕННАЯ: пространство \* время № 9 сентябрь 2017



# Прощание с Cassini



### БОЛЬШОЕ АМЕРИКАНСКОЕ ЗАТМЕНИЕ

Вот и подошла к концу миссия Cassini — без преувеличения, одна из самых успешных в истории космонавтики. 15 сентября, после 13 лет работы на орбите вокруг Сатурна, легендарный космический аппарат вошел в атмосферу планеты и прекратил свое существование. Об основных достижениях миссии читайте в этом номере журнала.

# Теория струн и ткань пространства-времени

Космические Давид и Голиаф

Curiosity отметил пятилетний юбилей

Богатая история кратера Комаров



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



4 182 009 412000 101 001 158





**levenhuk**<sup>®</sup>  
Zoom&Joy

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



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

[WWW.3PLANETA.COM.UA](http://WWW.3PLANETA.COM.UA)

**КЛУБ «ВСЕЛЕННАЯ,  
ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ»**

**13 октября  
18:30**



Киевский Дом ученых НАНУ,  
Белая гостиная  
ул. Владимирская, 45а  
(ст. метро «Золотые ворота»)  
050 960 46 94

# ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЛИНЗЫ И ТЕМНАЯ СТОРОНА ВСЕЛЕННОЙ

**Валерий Жданов**

доктор физ.-мат. наук, профессор,  
академик АН высшей школы, заведующий  
отделом астрофизики Астрономической  
обсерватории Киевского национального  
университета имени Тараса Шевченко

Вход по абонементам.  
Стоимость годового  
абонемента Дома  
ученых – 50 грн.  
Количество мест  
ограничено!

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

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

# СОДЕРЖАНИЕ

## Сентябрь 2017

### ВСЕЛЕННАЯ

#### Теория струн и ткань пространства-времени

*Брайан Грин*

#### Новости

Космические Давид и Голиаф

«Моментальный снимок»  
сталкивающихся галактик

Бурная атмосфера  
красного гиганта

Группа галактик HCG 87

Обнаружен источник  
повторяющихся радиовсплесков

### СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

#### Прощание с Cassini

*Эндрю Коутс*

### Новости

Маленькие чудеса семейства  
Сатурна

4 Волна Дафниса  
в сатурнианских кольцах

4 Сюрпризы койпероида  
2014 MU69

10 Curiosity отметил  
пятилетний юбилей

11 Богатая история  
кратера Комаров

12 **Большое американское  
затмение**

13 **Впечатления очевидца**  
*Владимир Манько*

13 Солнце неожиданно  
активизировалось

### ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Небесные события ноября

14 Редакционный обзор книг



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

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

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

стр. 14

Руководитель проекта,  
главный редактор:

Гордиенко С.П.

Руководитель проекта,  
коммерческий директор:

Гордиенко А.С.

Выпускающий редактор:

Манько В.А.

Редакторы:

Ковальчук Г.У., Ковеза В.Ю.,  
Остапенко А.Ю. (Москва),  
Размыслович К.Р. (Минск)

Менеджер по внешним связям,  
переводчик: Ковеза Валерия

Редакционный совет:

Андронов И.А. — декан факультета  
Одесского национального морского  
университета, доктор ф.-м. наук, про-

фессор, вице-президент Украинской  
ассоциации любителей астрономии

Вавилова И.Б. — ученый секретарь  
Совета по космическим исследованиям  
НАН Украины, вице-президент

Украинской астрономической  
ассоциации, кандидат ф.-м. наук

Митрахов Н.А. — Президент  
информационно-аналитического  
центра «Спейс-Информ», директор  
киевского представительства  
ГП КБ «Южное», к.т.н.

Олейник И.И. — генерал-полковник,  
доктор технических наук, заслуженный  
деятель науки и техники РФ

Рябов М.И. — старший научный  
сотрудник Одесской обсерватории  
радиоастрономического института  
НАН Украины, кандидат ф.-м. наук,  
сопредседатель Международного

астрономического общества

Черепашук А.М. — директор Государ-  
ственного астрономического института  
им. Штернберга (ГАИШ), академик РАН

Дизайн, компьютерная верстка:

Галушка Светлана

Отдел продаж:

Остапенко Алена, Мельник Никита

тел.: (067) 215-00-22, (044)295-00-22

Адрес редакции:

02097, Киев,  
ул. Милославская, 31-Б, к. 53

тел./факс: (050) 960-46-94

e-mail:

uverce@gmail.com

info@universemagazine.com

www.universemagazine.com

Телефоны в Москве:

(495) 544-71-57,  
(800) 555-40-99 звонки с территории

России бесплатные

Распространяется по Украине  
и странам СНГ

В рознице цена свободная

Подписные индексы

Украина: 91147

Россия:

12908 — в каталоге «Пресса России»

24524 — в каталоге «Почта России»

12908 — в каталоге «Урал-Пресс»

Учредитель и издатель

ЧП «Третья планета»

Зарегистрировано Государственным

комитетом телевидения  
и радиовещания Украины.

Свидетельство КВ 7947

от 06.10.2003 г.

© ВСЕЛЕННАЯ, пространство, время —

№9 сентябрь 2017

Тираж 8000 экз.

Ответственность за достоверность  
фактов в публикуемых материалах  
несут авторы статей

Ответственность за достоверность  
информации в рекламе несут  
рекламодатели

Перепечатка или иное использование  
материалов допускается только  
с письменного согласия редакции.

При цитировании ссылка на журнал  
обязательна.

Формат — 60x90/8

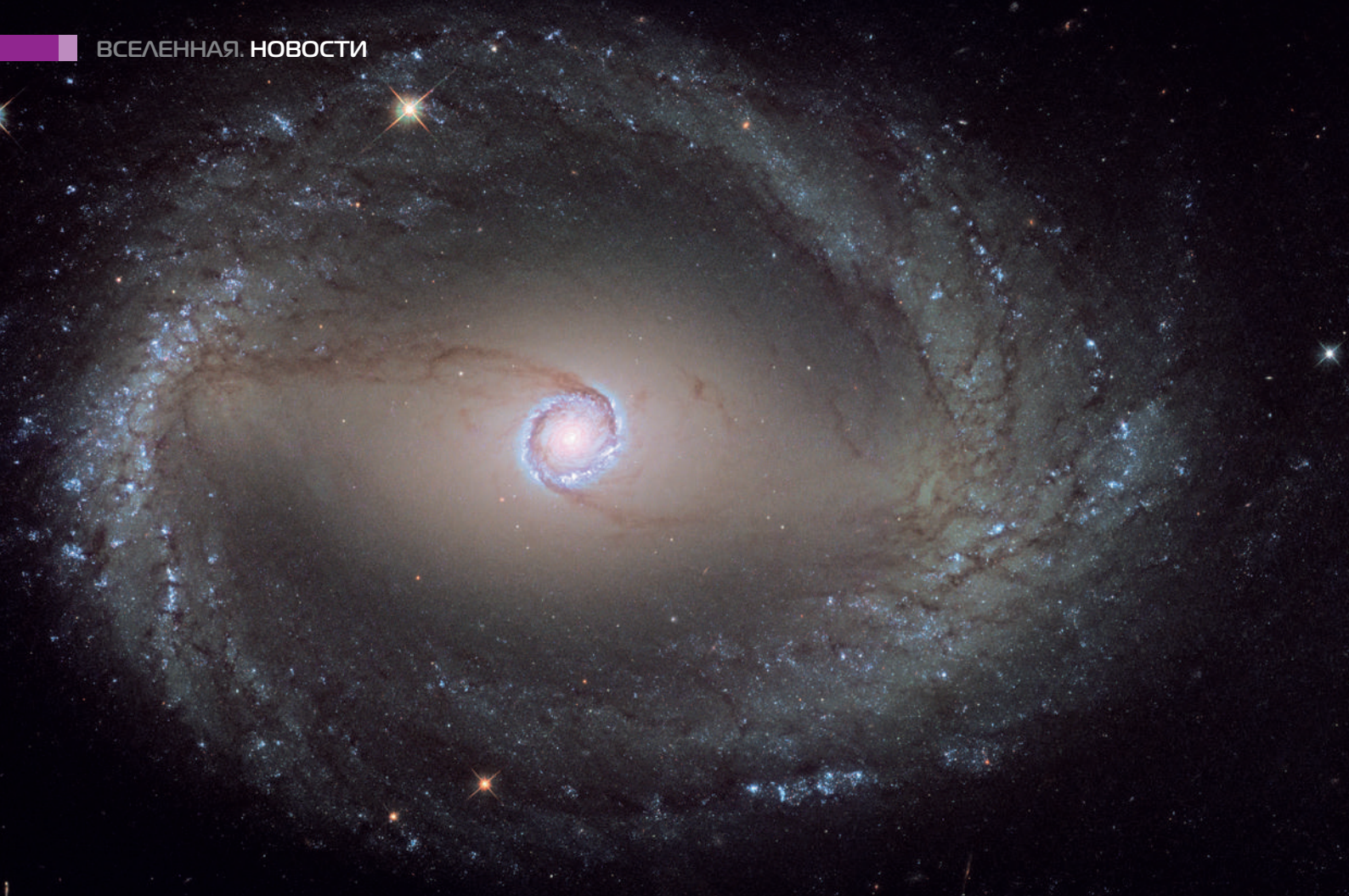
Отпечатано в типографии

000 «Прайм-принт»,

Киев, ул. Малинская, 20.

т. (044) 592-35-06





## Космические Давид и Голиаф

**Н**овый снимок космического телескопа Hubble запечатлел сразу двух соседей Млечного Пути, удаленных от него примерно на 30 млн световых лет. В левой части изображения видна галактика NGC 1512 — спиральная звездная система с перемычкой (баром), диаметр

которой составляет 70 тыс. световых лет. В правой части находится ее спутник — карликовая эллиптическая галактика NGC 1510. Ее поперечник оценивается в 15 тыс. световых лет.

Перемычка в NGC 1512 играет роль своеобразного «топливопровода», снабжаю-

щего ее ядро пылью и газом, из которых там образуются новые звезды.<sup>1</sup> На снимке можно увидеть характерное голубое кольцо, окружающее галактический центр — так называемое кольцо звездообразования, сформиро-

ванное из многочисленных молодых светил. Его диаметр составляет около 2400 световых лет. У этой галактики имеется еще и внешнее кольцо звездообразования, усеянное десятками областей HII — регионов, где новорожденные звезды интенсивно освещают своим ультрафи-

<sup>1</sup> ВПВ №11, 2008, стр. 4

## «Моментальный снимок» сталкивающихся галактик

**В** апреле 1830 г. Джон Гершель (John Herschel) — сын знаменитого английского астронома Уильяма Гершеля — в ходе планомерных поисков обнаружил в созвездии Девы слабую туманность, позже получившую обозначение NGC 5765. Уже в XX веке удалось определить, что на самом деле эта туманность представляет собой пару взаимодействующих галактик, расположенных на расстоянии около 400 млн световых лет. Одним из ее членов является система промежуточного типа GC 5765A (также известная как LEDA 53011 и MCG+01-38-004),

видимая почти «с ребра». Второй ее компонент — более «правильная» спиральная галактика NGC 5765B (LEDA 53012 или MCG+01-38-005). Она интересна своим радиоизлучением, позволяющим отнести ее к категории галактических мегамазеров.<sup>1</sup> Недавно необычную пару сфотографировал орбитальный телескоп Hubble, фактически запечатлевший краткий миг грандиозного космического столкновения.

Согласно современным представлениям, в галактиках-мегамазерах

активное ядро<sup>2</sup> выделяет огромное количество энергии в широком спектральном диапазоне (от рентгеновского до радиоволн), возбуждающей молекулы воды в окружающих облаках межзвездного газа. Входящие в состав этих молекул атомы водорода и кислорода способны поглощать часть энергии и переизлучать ее уже на строго определенных длинах волн, одна из которых попадает в СВЧ-диапазон. Вся галактика, по существу, действует как огромный лазер, испуска-

<sup>1</sup> ВПВ №5, 2006, стр. 30; №6, 2006, стр. 38

<sup>2</sup> ВПВ №6, 2010, стр. 4



На этом изображении, составленном из снимков телескопа Hubble, видна крупная спиральная галактика с перемычкой NGC 1512 (слева) и ее карликовая эллиптическая «соседка» NGC 1510 (справа).

олетовым излучением окружающие их облака водорода, ионизируя его и заставляя светиться в характерных спектральных линиях, благодаря чему возникают яркие розовые сгустки, разбросанные по всему кольцу.

Астрономы предполагают, что в этом буме звездообразования «виновен» спутник NGC 1512. Обе галактики находят-

ся в процессе слияния, которое началось около 400 млн лет назад. Пока они еще не столкнулись друг с другом, но гравитационное взаимодействие уже начало заметно влиять на их структуры. На снимке можно увидеть выходящие за пределы основной части более крупной галактики тонкие «усики» — искаженные приливными силами спиральные

рукава. В то же время в NGC 1510 также активно формируются новые светила. Интенсивность звездообразования в ней даже выше, чем у ее массивного соседа, благодаря чему на снимке обсерватории Hubble эта галактика имеет ярко выраженный голубой оттенок.

Стоит отметить, что NGC 1510 — не единственная звезд-

ная система, испытывавшая на себе всю «мощь» своего соседа. Проведенные в 2015 г. наблюдения показали, что в далеком прошлом внешние области спиральных рукавов NGC 1512 были частью другой, более старой галактики, которая была разорвана и поглощена ею. В будущем такая же судьба, по всей видимости, ожидает и NGC 1510.

ющий не видимый свет, а микроволновое излучение.

Мегамазеры — предельно яркие радиоисточники, излучающие в характерных узких спектральных линиях примерно в 100 млн раз интенсивнее мазеров, обнаруженных в галактиках, подобных нашему Млечному Пути. Чаще всего в качестве «переизлучателей» в них выступают молекулы воды (второго по распространенности химического соединения в космическом пространстве). Астрофизики используют такие объекты для исследования фундаментальных особенностей нашего мира. В частности, микроволновая эмиссия NGC 5765B была использована для уточнения значения постоянной Хаббла — показателя скорости расши-



рения Вселенной, названного в честь астронома, чьи наблюдения привели к открытию этого расширения и вообще к появлению современной космологии.<sup>3</sup> Его именем также назван легендарный космический телескоп, сделавший представленный снимок.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> ВПВ №5, 2009, стр. 4; №6, 2009, стр. 4

<sup>4</sup> ВПВ №10, 2008, стр. 4; №2-3, 2013, стр. 8

◀ На этой фотографии, сделанной космическим телескопом Hubble, запечатлены взаимодействующие галактики NGC 5765A (вверху), которая характеризуется большим количеством старых красных звезд, и NGC 5765B, видимая почти «плашмя». Съемка велась в ближнем инфракрасном (на длине волны 814 нм) и в оптическом диапазоне — в линии 438 нм (синий цвет) и 336 нм (фиолетовый). Итоговое изображение представлено в условных цветах.



# Бурная атмосфера красного гиганта

В 1996 г. космический телескоп Hubble впервые в истории смог различить самые масштабные детали диска звезды Бетельгейзе ( $\alpha$  Ориона).<sup>1</sup> Более десяти лет это достижение оставалось рекордным в исследованиях звездных поверхностей, и лишь в 2006-2007 гг. с помощью интерферометра CHARA Центра астрономии высокого разрешения Университета Джорджии (Center for High Angular Resolution Astronomy, Georgia State University) ученым удалось зарегистрировать неравномерную яркость дисков двух сравнительно близких светил — Веги ( $\alpha$  Лиры) и Альтаира ( $\alpha$  Орла).<sup>2</sup> С тех пор технология интерферометрии значительно усовершенствовалась и вышла на качественно новый уровень.

Группа исследователей под руководством Кейичи Онака из Северного Католического университета (Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile) воспользовалась услугами Очень большого телескопа-интерферометра (VLTI ESO), установленного на чилийской обсерватории Паранал,<sup>3</sup> чтобы построить карту поверхности Антареса — наиболее яркой звезды созвездия Скорпиона, которая является классическим красным сверхгигантом, по размерам примерно в 700 раз превышающим Солнце (расстояние до него оценивается в 650 световых лет). Вдобавок с помощью спектральных методов ученые измерили скорости движения вещества в поверхностных слоях звезды. До настоящего времени настолько детальные исследования звездоподобного объекта не производились.

VLTI — уникальный инструмент, в котором складываются световые потоки от телескопов комплекса VLT, то есть от двух, трех или всех четырех 8,2-метровых рефлекторов, а также четырех вспомогательных 1,8-метровых рефлекторов, в результате чего образуется виртуальный телескоп с эквивалентным диаметром до 200 м. Этот метод позволяет получать изображения со значительно лучшей разрешающей способностью, чем при использовании любого из телескопов по отдельности.

Но преимущества нового инструмента на этом не заканчиваются. Астрономам уже давно известно, что красные сверхгиганты

на завершающих стадиях своей эволюции испытывают быструю потерю массы. Единственный способ понять механизм этого явления — попытаться как можно точнее измерить скорости отдельных газовых потоков в атмосферах звезд, и именно с этой задачей способен наилучшим образом справиться VLTI, не только получающий изображения с высочайшим разрешением, но и снимающий спектры каждого пикселя. Далее по сдвигу спектральных линий благодаря эффекту Доплера можно судить о направлении движения излучающего вещества (в случае сдвига в красную сторону оно удаляется от нас, в синюю — приближается) и о его скорости.

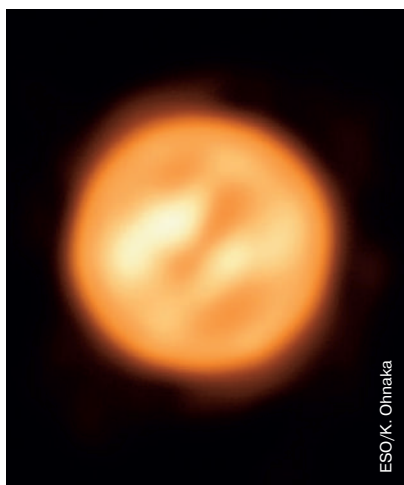
По результатам спектральных измерений астрономы построили первую двумерную карту скоростей газов в атмосфере далекого гиганта (ранее такая информация была доступна только для Солнца). С этой целью VLTI использовался в комплекте с тремя вспомогательными телескопами, а также с приемником AMBER для получения индивидуальных изображений поверхности Антареса в узком диапазоне инфракрасного спектра. По этим данным ученые вычислили разности между скоростями атмосферных потоков на различных участках звезды и среднюю скорость по всей ее поверхности. Выяснилось, что турбулентный газ низкой плотности регистрируется на значительно больших расстояниях от светила, чем предсказывалось. Из этого астрофизики сделали вывод, что такие газовые потоки не могут быть обусловлены конвекцией, то есть крупномасштабными перемещениями вещества при переносе энергии от звездного ядра во внешнюю атмосферу, как это происходит у большинства других звезд. По-видимому, для объяснения динамики протяженных атмосфер красных сверхгигантов понадобится некий новый, пока неизвестный механизм.

В будущем описанный метод наблюдений собираются использовать для исследований поверхностей и атмосфер различных типов звезд — как удаленных гигантов, так и меньших по размерам, но более близких светил, чей угловой размер делает их доступной целью для инструмента VLTI. Это открывает перед астрофизикой новые горизонты и поможет астрономам ответить на множество вопросов, касающихся звездной эволюции.

<sup>1</sup> ВПВ №9, 2009, стр. 13

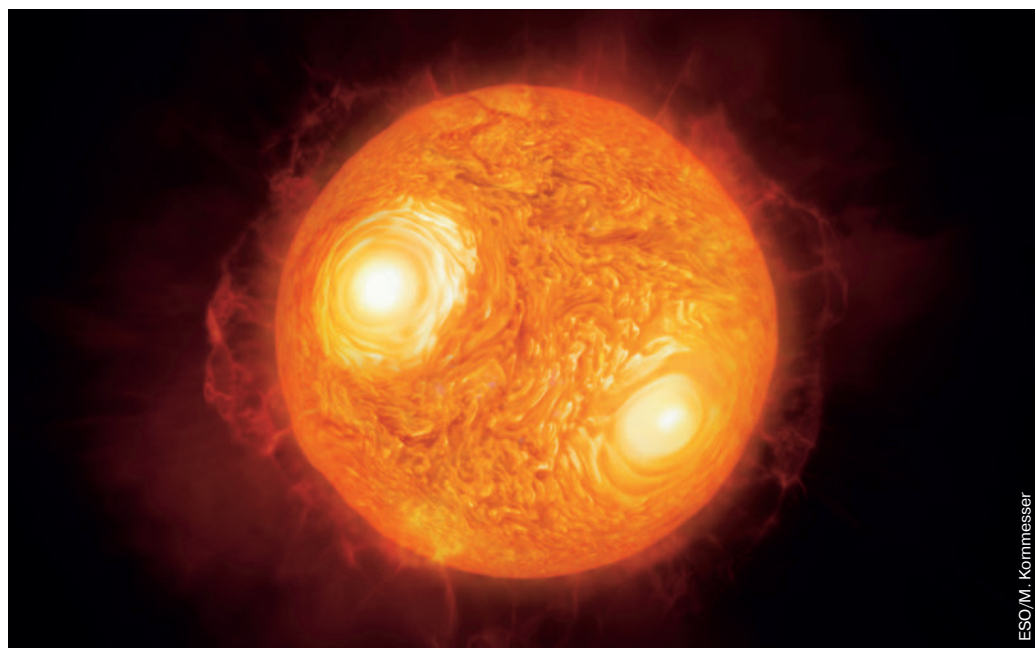
<sup>2</sup> ВПВ №8, 2006, стр. 9; №6, 2007, стр. 14

<sup>3</sup> ВПВ №10, 2012, стр. 15



ESO/K. Ohnaka

▲ Используя Очень большой телескоп-интерферометр ESO, астрономы получили это замечательное изображение красного сверхгиганта Антареса — наиболее детальный за всю историю астрономии снимок не только этого объекта, но и вообще поверхности звезды (не считая Солнца).



ESO/M. Kommesser

▲ Так в представлении художника выглядит Антарес — красный сверхгигант в созвездии Скорпиона. Данные, полученные интерферометром VLTI ESO, позволили впервые построить карту скоростей вещества в атмосфере этой звезды.



# Группа галактик HCG 87

На этой фотографии запечатлена компактная группа галактик HCG 87. Изображение скомбинировано из снимков, сделанных телескопами Hubble и Gemini South в видимом свете и ближнем инфракрасном диапазоне. Обработка выполнена астрономом-любителем Джуди Шмидт (Judy Schmidt).

HCG 87 состоит из трех звездных систем, удаленных от нас приблизительно на 400 млн световых лет. В верхней части изображения видна спиральная галактика HCG 87c. Внизу находится наблюдаемая с ребра линзовидная галактика HCG 87a. Справа от нее — эллиптическая галактика HCG 87b. Что касается маленькой спиральной системы в центре кадра, то она имеет отличное от основной тройки красное смещение и, скорее всего, находится намного дальше группы.

Гравитационное взаимодействие между тремя галактиками привело к уплотнению облаков межзвездного газа и всплеску звездообразования. Населенные молодыми и горячими звездами регионы показаны на итоговом изображении голубым цветом. Кроме того, это взаимодействие уже начало сказываться на галактических структурах: если присмотреться, можно заметить, что ядро HCG 87a имеет весьма примечательную X-образную форму.



## Обнаружен источник повторяющихся радиовсплесков

Явление, получившее название «быстрые радиовсплески» (Fast Radio Bursts), астрономы впервые обнаружили в 2007 г. Они представляют собой единичные импульсы радиоизлучения длительностью в несколько миллисекунд, мощность которых эквивалентна энергии, испускаемой Солнцем в течение десятков тысяч лет. Их природа до сих пор остается загадкой. Высказывалось предположение, что это явление одновременное, и возникает оно при разрушении каких-то сверхмассивных небесных тел (например, при столкновении нейтронных звезд) за пределами Млечного Пути. Однако эта версия была поставлена под сомнение после открытия ис-

точника, известного как FRB 121102. Его первый радиопулс был зарегистрирован в 2012 г. Но затем он повторно активизировался в 2015 и 2016 гг. Благодаря этому астрономы смогли определить примерное местонахождение источника: оказалось, что всплески исходят из ядра карликовой галактики, удаленной от нас на 3 млрд световых лет.

Недавно всплески FRB 121102 удалось зарегистрировать команде инициативы Breakthrough Listen. Главной целью этого проекта является поиск внеземной жизни. В нем задействован целый ряд крупных радиотелескопов, включая 100-метровый рефлектор Грин Бэнк — самый большой в мире телескоп

с поворотной параболической антенной.

Всего участники проекта пронаблюдали 15 новых всплесков средней продолжительностью около 300 миллисекунд. К большому удивлению астрономов, их частота оказалась примерно вдвое выше, чем у предыдущих импульсов, исходивших от FRB 121102. Наиболее «яркий» сигнал был отмечен на частоте 7 ГГц.

Ученые надеются, что данные, собранные командой Breakthrough Listen, помогут внести хоть какую-то ясность в вопрос происхождения быстрых радиовсплесков. К настоящему времени предложено множество различных объяснений феномена — как достаточно

тривиальных (вспышки в системах нейтронных звезд с очень мощным магнитным полем), так и весьма экзотических, подразумевающих некую деятельность инопланетных цивилизаций (например, сигналы, посылаемые ими для связи с межзвездными кораблями).



100-метровая антенна Грин Бэнк



# Прощание с CASSINI

**ЭНДРЮ КОУТС**

Заместитель директора  
отдела Солнечной  
системы Лаборатории по  
исследованию космоса  
им. Муллара, Лондонский  
университетский колледж,  
Великобритания

**Cassini: the conclusion**

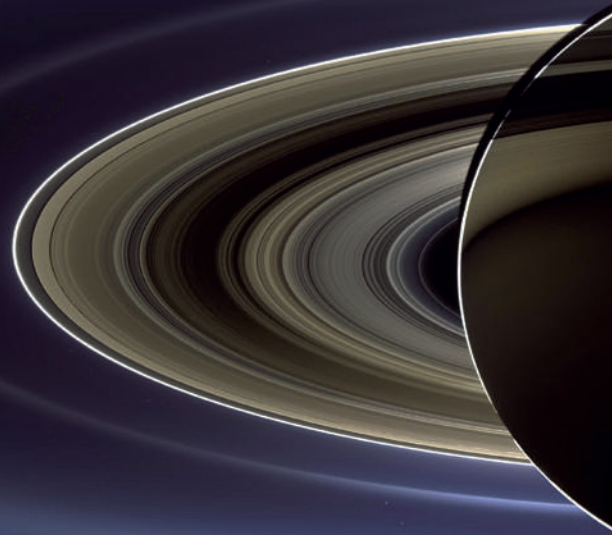
**ANDREW COATES**

Доклад прочитан 10 февраля 2017 г.  
на лондонском «Астрофесте»

Перевод: Валерия Ковеза

Редакторы перевода: Сергей Гордиенко, Владимир Манько

Подбор иллюстраций и комментарии к ним выполнены  
редакцией на основе видеозаписи доклада



Эндрю Коутс родился в 1957 в Хесуолле (Великобритания), по окончании школы поступил в Манчестерский университет науки и технологии, где изучал фундаментальную и прикладную физику, получив в 1978 г. степень бакалавра. Продолжил образование в Оксфордском университете, в 1979 г. защитил магистерскую работу на тему физики плазмы, а через три года — диссертацию доктора философии в той же области. После этого в 1982 г. начал работать в Лаборатории по исследованию космоса Лондонского университетского колледжа (UCL), с декабря 1987 г. по июль

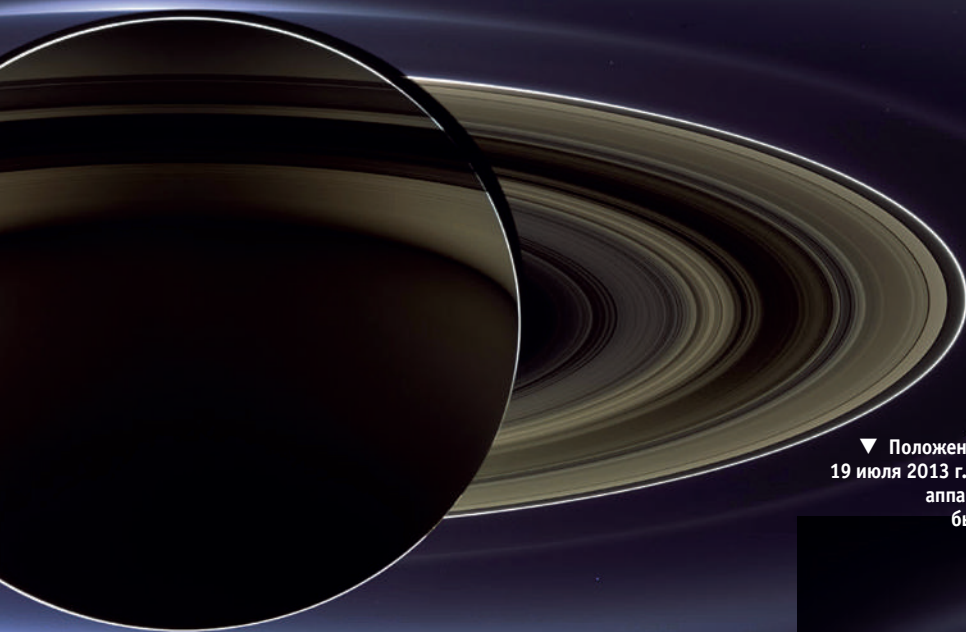
1988 г. параллельно исполнял обязанности гостевого специалиста в Институте Солнечной системы им. Макса Планка (Германия), а в 1994 г. — в Университете Делавэра. В том же году некоторое время работал научным консультантом в медиа-корпорации BBC. С октября 2007 г. занимает пост руководителя отдела планетных исследований UCL и заместителя директора Лаборатории по исследованию космоса им. Муллара. Член рабочей группы электронного спектрометра Cassini-Huygens (части инструмента CAPS) и группы сопровождения миссии Venus Express (эксперимент ASPERA-4). Также принимает участие в других космических миссиях (Giotto, Mars Express, Rosetta), возглавляет группу проектировщиков камеры PanCam для ровера EoMars. Основная сфера интересов — взаимодействие межпланетной плазмы с немагнитными телами (Венера, Марс, Титан, кометы), исследование магнитосфер и поверхностей планет, космическая погода. Автор и соавтор около 480 научных публикаций.

**В** нашем журнале мы неоднократно размещали материалы, связанные с миссией Cassini — в первую очередь невероятные снимки Сатурна, его колец и многочисленных лун, сделанные одноименным космическим аппаратом, и поверхности Титана, отснятой модулем Huygens, который впервые в истории совершил мягкую посадку на спутник другой планеты. Однако ничто не может длиться бесконечно... Вот и ставшая уже легендарной миссия подходит к своему финалу: 15 сентября зонд Cassini войдет в сатурнианскую атмосферу и прекратит свое существование. Впрочем, переданных им научных данных ученым хватит еще на долгие годы работы.

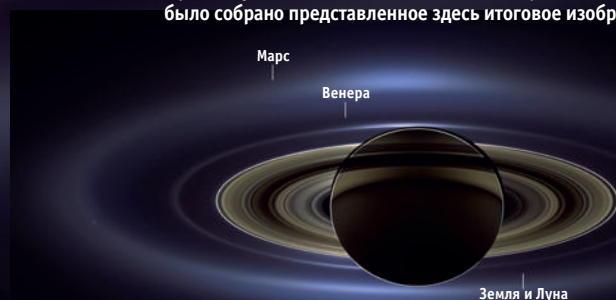
Об истории миссии и ее самых впечатляющих результатах в своем выступлении на Европейском астрономическом форуме рассказал один из ее активных участников — британский планетолог Эндрю Коутс.

Для начала хотелось бы рассказать о моей самой любимой фотографии Сатурна, полученной Cassini еще в самом

Окончательный результат компьютерной обработки мозаики, составленной из снимков, которые Cassini сделал 19 июля 2013 г.



▼ Положение Земли, Венеры и Марса, запечатленные камерой Cassini 19 июля 2013 г. За время своего пролета сквозь тень Сатурна космический аппарат получил множество снимков, из которых впоследствии было собрано представленное здесь итоговое изображение.



начале миссии. На ней запечатлено, по сути, солнечное затмение: Солнце заслонено газовым гигантом, а камера аппарата сделала снимок его темной стороны. На этом фото можно рассмотреть грандиозную кольцевую структуру планеты с беспрецедентными деталями. Кроме достаточно плотных и хорошо заметных с Земли внутренних колец, отчетливо видны размытые внешние кольца, опоясывающие Сатурн.

Сквозь кольца просматриваются внутренние планеты Солнечной системы — Венера, Марс и Земля с Луной — в виде точек размером всего несколько пикселей.

Эта фотография была сделана в июле 2013 г., когда Cassini повернул свои камеры в сторону Земли, чтобы, так сказать, «помахать нам рукой».\* Такие проекты очень важны для поддержания интереса широкой публики к межпланетным миссиям и для того, чтобы каждый мог почувствовать свою причастность к исследованиям космического пространства.



Не меньшее восхищение вызывает и множество других фотографий, переданных на Землю в рамках миссии — например, те, на которых кольца Сатурна предстают во всем своем великолепии, купаясь в солнечных лучах, а также снимки огромного сатурнианского спутника Титана, окутанного дымкой верхних слоев

его невероятно плотной атмосферы, ледяного Энцелада и облачных структур газового гиганта.

Я очень рад, что мне повезло стать частью команды миссии Cassini. Мы предложили свой инструментарий для нее в далеком 1989 году, а утверждение и финансирование проекта последовали в 1990-м. После этого началась череда тщательных испытаний и отладки оборудования для точной и безотказной работы в условиях открытого космоса. Запуск аппарата состоялся 15 октября 1997 г., а в 2004 г. он прибыл к месту своего назначения и на данный момент остается на орбите вокруг Сатурна.

Впоследствии важной частью миссии стал сброс зонда Huygens в атмосферу Титана. А сейчас, когда работа Cassini приближается к завершению, нас ожидает не менее животрепещущее событие — торжественный финал миссии.

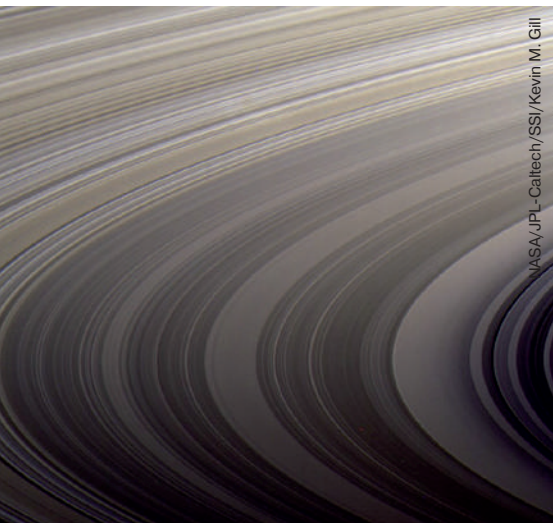
Несмотря на то, что основной целью программы было изучение самого Сатурна, немало удивительных открытий оказалось связано с его самым большим спутником — Титаном. Благодаря зонду

\* Проект «Wave at Saturn» — Прим. редакции



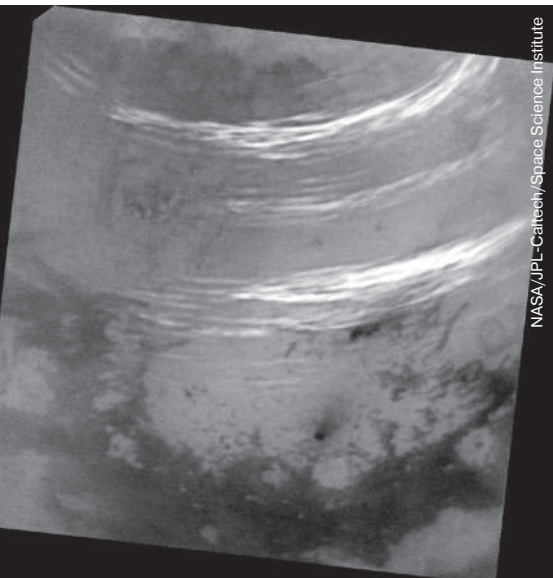


▲ «Приветствуй Сатурн!» 19 июля 2013 г. сразу два космических аппарата направили свои камеры на Землю: MESSENGER, работавший в окрестностях Меркурия (самой близкой к Солнцу планеты), и Cassini, находившийся на орбите вокруг Сатурна — самого далекого на данный момент небесного тела, которое «обзавелось» искусственным спутником. Поскольку Меркурий в тот день располагался на небе недалеко от дневного светила и увидеть его было невозможно, сотрудники NASA предложили всем желающим обратить свои взоры на Сатурн и сделать снимок этой планеты в то время, когда Cassini будет фотографировать Землю, а потом прислать его на специальный сайт. Принимались также фотографии любителей астрономии, наблюдавших «кольцованный гигант», пейзажей со звездным небом или просто необычных событий, свидетелями которых люди стали 19 июля. Позже из присланных изображений был составлен коллаж, имитирующий снимки темной стороны Сатурна с запечатленной на них Землей. (ВПВ №9, 2013, стр. 20)



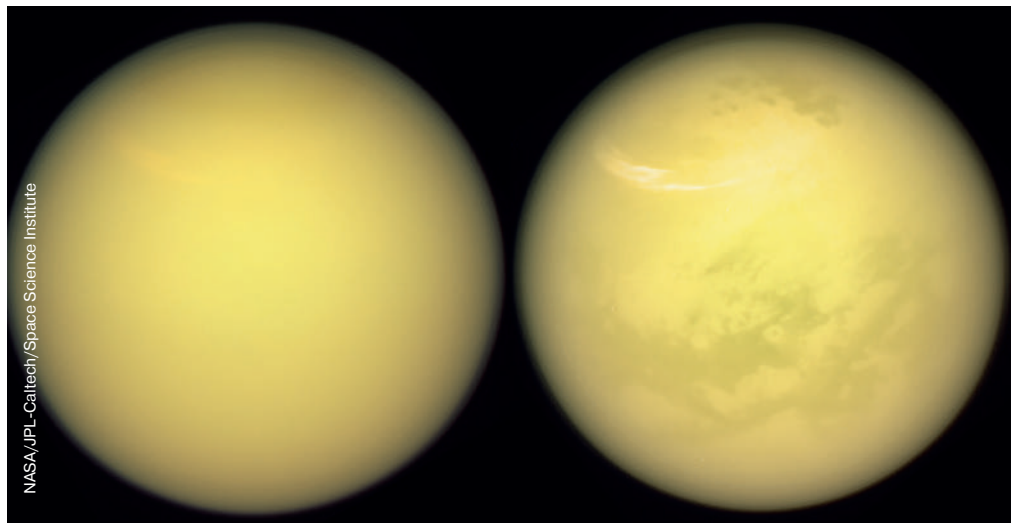
NASA/JPL-Cattech/SSI/Kevin M. Gill

▲ Один из наиболее детальных снимков сатурнианских колец, сделанных зондом Cassini



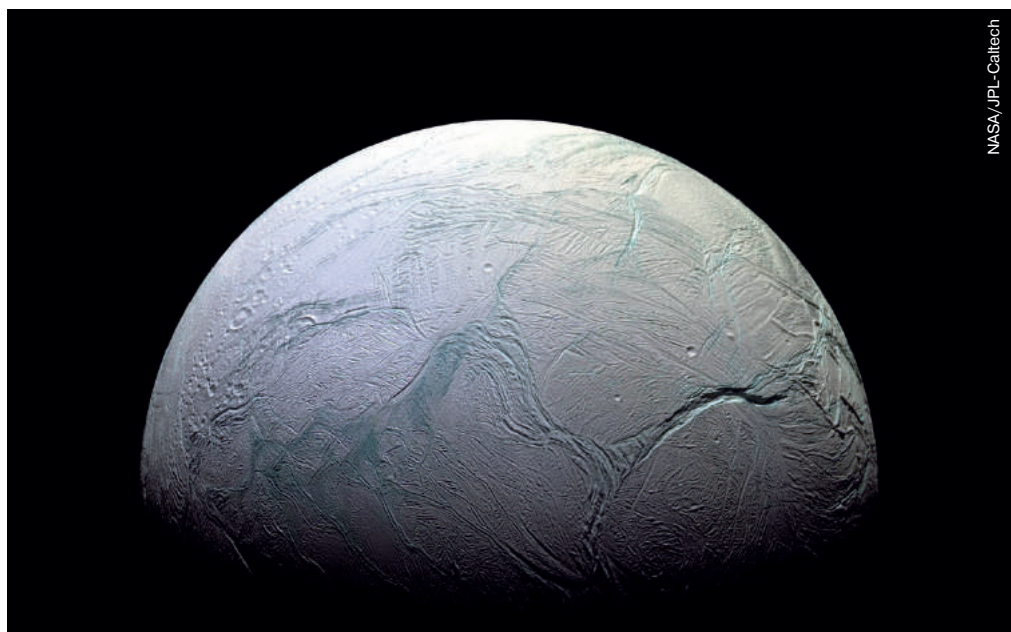
NASA/JPL-Cattech/Space Science Institute

▲ По мере того, как в северном полушарии Титана наступало лето, Cassini вел все более активный мониторинг этого небесного тела в ожидании увеличения интенсивности образования облаков в приполярных широтах. Интересно, что незадолго до солнцестояния многочисленные вытянутые облачные структуры появились ближе к экватору, причем это были одни из самых высоких и ярких подобных структур, когда-либо наблюдавшихся на Титане.



NASA/JPL-Cattech/Space Science Institute

▲ На примере этих двух изображений Титана специалисты NASA продемонстрировали, каким образом Cassini помог нам получить представление о рельефе этого небесного тела. С помощью картирующего спектрометра VIMS космический аппарат вел съемку в ближнем инфракрасном диапазоне, для которого дымка, окутывающая спутник, сравнительно прозрачна, а также производил радарные наблюдения. Таким способом удалось отснять почти всю титанианскую поверхность (местами с достаточно высоким разрешением)

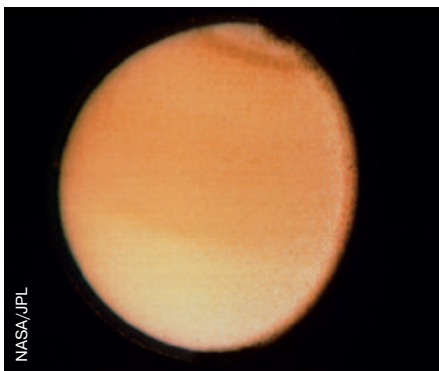
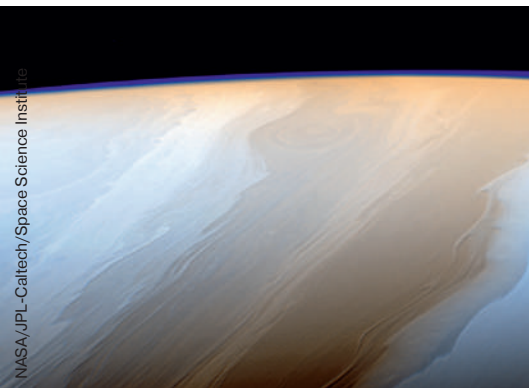


NASA/JPL-Cattech

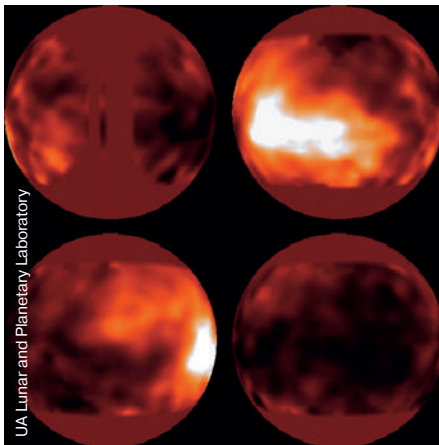
▲ Снимок сатурнианского спутника Энцелада, полученный аппаратом Cassini 28 октября 2015 г., незадолго до наиболее тесного сближения с этим небесным телом (во время которого зонду также удалось пролететь сквозь выбросы его гейзеров).



▼ Облака в верхних слоях атмосферы Сатурна часто напоминают мазки грандиозной космической кисти. Такой эффект возникает благодаря взаимодействию атмосферных течений. Соседние облачные полосы движутся с различной скоростью и часто в разных направлениях (в зависимости от их планетоцентрической широты). Это вызывает появление пограничных турбулентных зон с характерной структурой. У лимба планеты в самых высоких слоях газовой оболочки заметна голубая дымка — результат полимеризации свободных радикалов, образующихся при распаде молекул метана под действием ультрафиолетового излучения Солнца.



▲ Этот снимок Титана зонд Voyager 2 сделал 23 августа 1981 г. с расстояния 2,3 млн км, незадолго до наибольшего сближения с Сатурном. Заметны некоторые детали облачного покрова спутника.



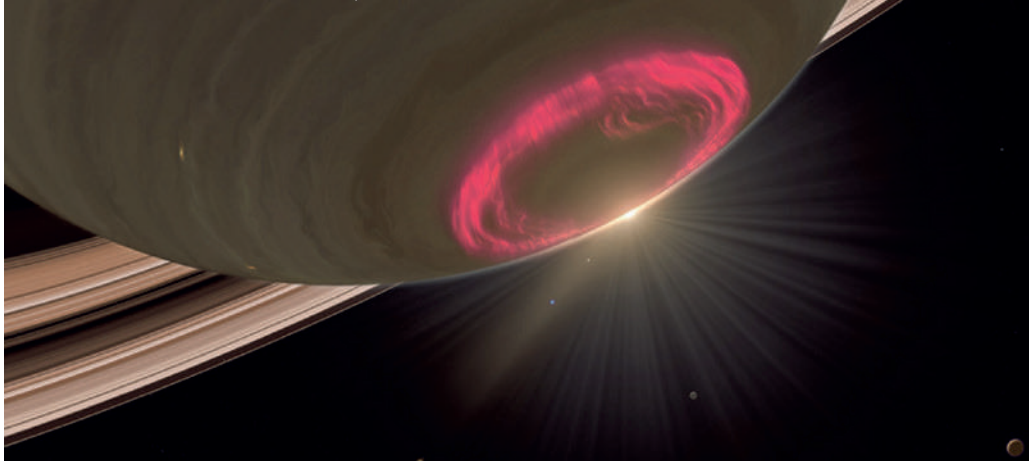
▲ В 1994 г. по данным съемки космического телескопа Hubble удалось составить первую глобальную карту поверхности Титана. В его приэкваториальных областях в то время наблюдалась обширная яркая структура длиной свыше 4 тыс. км, что сравнимо по размерам с Австралией.

Voyager нам уже было известно, что он окутан плотной атмосферой. Выяснилось, что температура ее приповерхностных слоев составляет около  $-180^{\circ}\text{C}$ . Находясь почти в 10 раз дальше от Солнца, чем Земля, Титан получает несколько мало тепла, что у его поверхности очень холодно, и метан может существовать там во всех трех агрегатных состояниях — жидком, твердом и газообразном, как вода на Земле.

Хоть Voyager и не смог рассмотреть ничего, кроме окутывающей Титан дымки, его данных было достаточно, чтобы сделать выводы о температуре поверхности спутника и предположить, что там, как и на нашей планете, могут существовать погодные явления, связанные с циркуляцией метана. В середине 1990-х годов космическая обсерватория Hubble сделала серию снимков Титана в инфракрасном диапазоне, на которых видны темные области и светлые регионы, предположительно представляющие собой аналоги земных материков.

Британские ученые и инженеры участвовали в проектировании шести из 12 инструментов орбитального модуля и двух из шести инструментов посадочного зонда. Именно наша команда принимала участие в разработке плазма-спектрометра CAPS (Cassini Plasma Spectrometer), служащего для определения количества электронов и протонов в частицах, с которыми сталкивается аппарат, а также измерения их энергии и общего заряда. Ощущение того, что ты помог создать важную часть аппарата,

Полярное сияние на Сатурне (художественная компиляция на основе снимков Cassini)



▼ Сам по себе Cassini — аппарат достаточно больших размеров. Здесь он сфотографирован во время испытаний перед запуском (для оценки масштабов обратите внимание на стоящих рядом сотрудников Лаборатории реактивного движения). Зонд Huygens располагается в центральной части, наверху — огромная антенна для связи с Землей



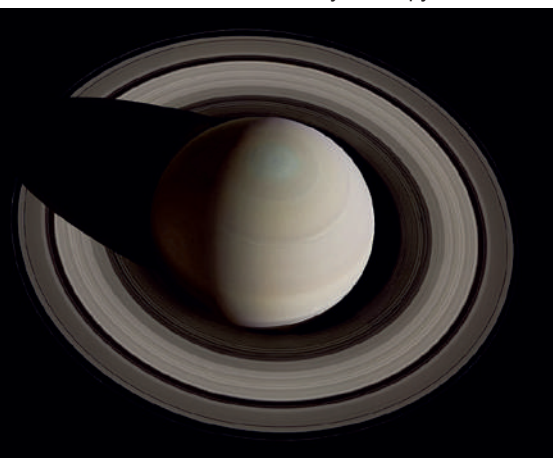
ника частично состоит из метана, но в основном — из азота. По своему химическому составу она схожа с атмосферой Земли на ранних этапах ее существования.

Стартовая масса Cassini была настолько велика (5712 кг, включая запасы топлива бортовой двигательной установки), что его не удавалось запустить с нужной скоростью «напрямую» к Сатурну, и на пути к далекому гиганту и аппарат пришлось дополнительно разогнать, используя гравитационные маневры в окрестностях планет: дважды — при пролетах Венеры, по одному разу — Земли и Юпитера.

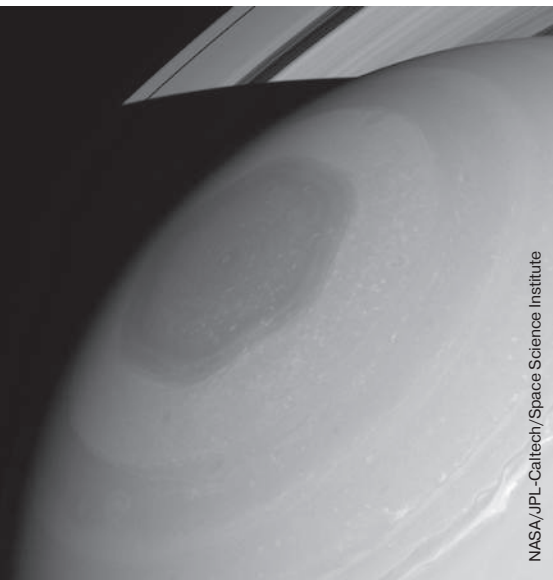
После прибытия к цели в 2004 г. зонд начал передавать на Землю первые



фотографии, среди которых были снимки, запечатлевшие потрясающие полярные сияния. Как и Земля, Сатурн окружен магнитным полем, при взаимодействии которого с частицами солнечного ветра возникают световые явления у южного и северного полюсов (авроры). Между прочим, изучение магнитосферы и полярных сияний стало одной из основных задач нашей научной группы.

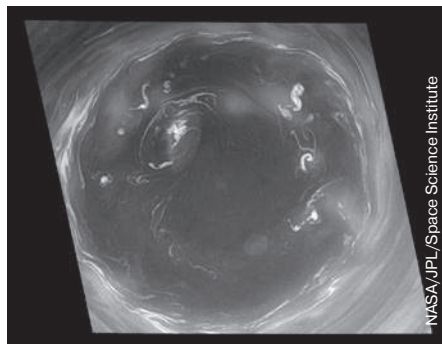


▲ Вид Сатурна, недоступный наземным наблюдателям. Этот снимок Cassini сделал, находясь над северными широтами «кольцеванной планеты».

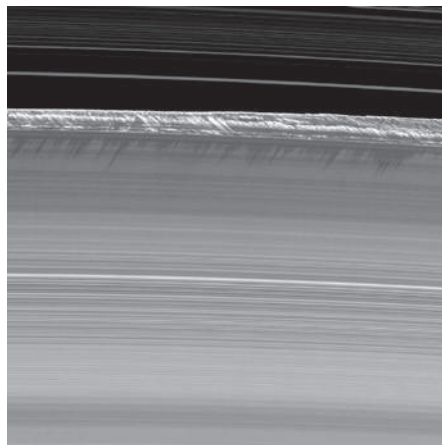


▲ Шестиугольная структура в приполярной области Сатурна в реальности представляет собой долгоживущий газовый поток (джет), кружащийся вокруг северного полюса уже более 30 лет. Этот снимок, опубликованный 7 октября 2014 г., был сделан зондом Cassini в июле 2013 г.

Cassini передал целую серию потрясающих снимков шестиугольной облачной структуры на северном полюсе Сатурна. Теперь ученые имеют возможность рассмотреть в деталях это удивительное атмосферное явление и постараться разгадать главную загадку, связанную с ним: что же стало причиной появления урагана поперечником почти 8 тыс. км? Возможно, уже в ближайшее время обработка



▲ В пределах шестиугольного приполярного вихря заключена более темная область — «глаз урагана» — поперечником около 8 тыс. км, что составляет почти две трети диаметра Земли.



▲ Внешний край кольца В в период равноденствия. Хорошо заметны длинные тени, отбрасываемые структурами, выступающими на несколько километров из главной плоскости колец. данных, собранных инструментами зонда, наконец, приведет нас к ответу на этот волнующий вопрос.

Неудивительно, что самая узнаваемая особенность Сатурна — его кольца — стала объектом пристального внимания Cassini. Ему удалось заснять их с необычного ракурса — сверху.

На фотографиях, полученных в период равноденствия, когда Солнце находилось практически в плоскости кольцевой системы, появилась возможность увидеть длинные тени, отбрасываемые структурами, выступающими на несколько километров из этой плоскости, на поверхность внутренних колец.

Другим многообещающим объектом исследований стал, конечно же, самый большой спутник в семействе Сатурна — Титан. Cassini впервые получил его снимки в видимом диапазоне электромагнитного спектра со столь близкого расстояния. Уже упоминалось, что неподалеку от системы Сатурна пролетал Voyager, однако, к сожалению, сделать такие снимки он не мог. Чтобы рассмотреть самые интересные детали, необходимо использовать изображения, полученные не только в видимом свете, но также в инфракрасной и ультра-

▲ Cassini обнаружил в верхней атмосфере Титана необычно много слоев дымки, особенно хорошо видимых при съемке в ультрафиолетовом диапазоне, когда лучи Солнца, скрытого диском спутника, проходят сквозь них, частично рассеиваясь. Самые высокие слои находятся на высоте нескольких сотен километров. Изображение было получено узкоугольной камерой космического аппарата и представлено в цветах, близких к натуральным (ультрафиолетовое излучение показано фиолетовым цветом).

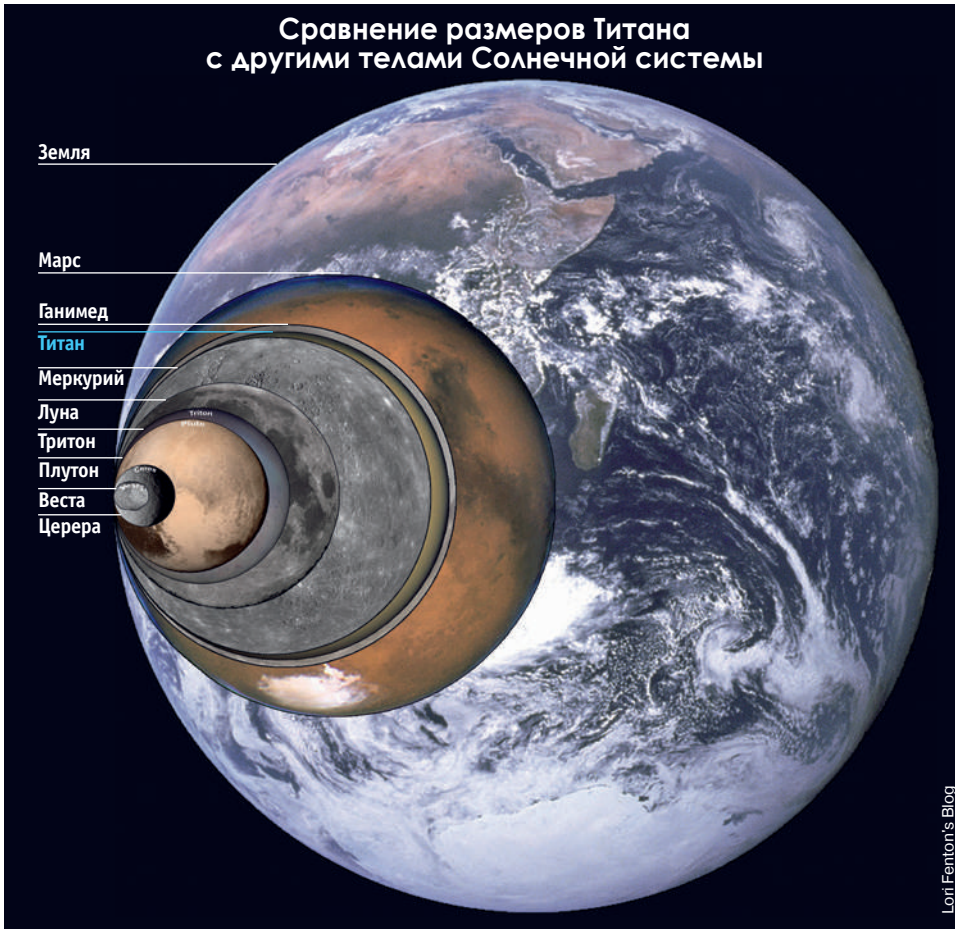
фиолетовой части спектра. Совмещая полученные таким образом данные, удастся «проникнуть взглядом» сквозь завесу плотной дымки, помешавшей зонду Voyager, и увидеть поверхность спутника.

Стоит напомнить, что Титан — единственный спутник в Солнечной системе, у которого обнаружена по-настоящему плотная и тяжелая атмосфера, насыщенная азотом и метаном; ее давление у поверхности в полтора раза выше, чем в этом зале. Именно она является причиной появления углеводородного смога. Как оказалось, при взаимодействии солнечного света и высокоэнергетических частиц с молекулярным азотом и метаном в верхних слоях титанианской атмосферы запускаются интересные химические реакции. В результате них образуются весьма сложные структуры, в том числе бензол и другие органические молекулы. В частности, наш инструмент — электронный спектрометр — помог обнаружить много тяжелых отрицательных ионов (анионов) и сложных высокомолекулярных соединений в верхних слоях газовой оболочки спутника. В ней инструменты Cassini зарегистрировали присутствие множества удивительных химических веществ, однако самым большим сюрпризом для нас стало обнаружение исключительно тяжелых анионов — вплоть до 14 тыс. атомных единиц массы. Несомненно, количество информации, переданной зондом, огромно; к счастью, мы работаем вместе с неизменными помощниками — нашими студентами-докторантами, старательно обрабатывающими значительные объемы научных данных.

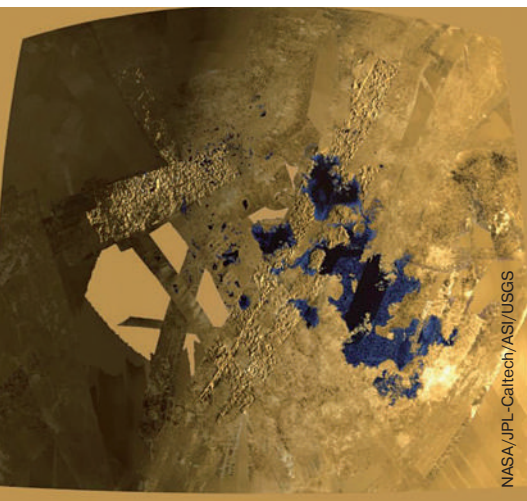
Как я уже говорил, поверхность Титана невероятно холодна по земным меркам



## Сравнение размеров Титана с другими телами Солнечной системы



▼ Два крупнейших титанианских моря с прилегающими озерами. Больше из двух морей содержит около 9 тыс. км<sup>3</sup> жидких углеводородов — это примерно в 40 раз превышает все разведанные запасы нефти и газа на Земле.



— 180 градусов ниже нуля по Цельсию. Тем не менее, на ней существуют моря и озера, наполненные, по большей части, жидким метаном. Неоднократно пролетов поблизости, Cassini передал на Землю фотографии, позже использованные для составления карты расположения титанианских морей. Удивительно, что у этого спутника есть свой круговорот жидкости в природе, но только, в отличие от Земли, где его движущей силой, как известно, является вода, там в аналогичных процессах участвует метан.

Титан оказался единственным объектом Солнечной системы, помимо нашей родной планеты, на поверхности которого существует жидкость. С помощью радара, расположенного во фронтальной части аппарата Cassini, мы просканировали дно под одним из обширных метановых озер. Выяснилось, что глубина его местами достигает 160 м — приблизительно как у озера Мичиган, одного из Великих озер США. Конечно, химический состав их весьма различен...

В целом Титан по количеству удивительных открытий намного превзошел наши самые смелые предположения. Возможно, этот спутник даже представляет собой определенную стратегическую перспективу для человечества.

Еще одна местная достопримечательность, обнаруженная аппаратом Cassini на Титане — потрясающие дюны, состоящие из тех же углеводородов, только с большей молекулярной массой. Вероятно, эти сложные соединения возникают в верхних слоях атмосферы под действием высокоэнергетических частиц, а позже оседают на поверхность, формируя дюны, подобные земным (разница в том, что у нас дюны образуются из переносимого ветром песка).

Несомненно, узнать про Титан еще больше помог исследовательский зонд Европейского космического агентства Huygens. Его камера успешно произвела съемку поверх-

▼ Во время одного из первых пролетов Титана в 2005 г. Cassini обнаружил в его приэкваториальных областях обширное поле дюн стометровой высоты, простирающееся на сотни километров.

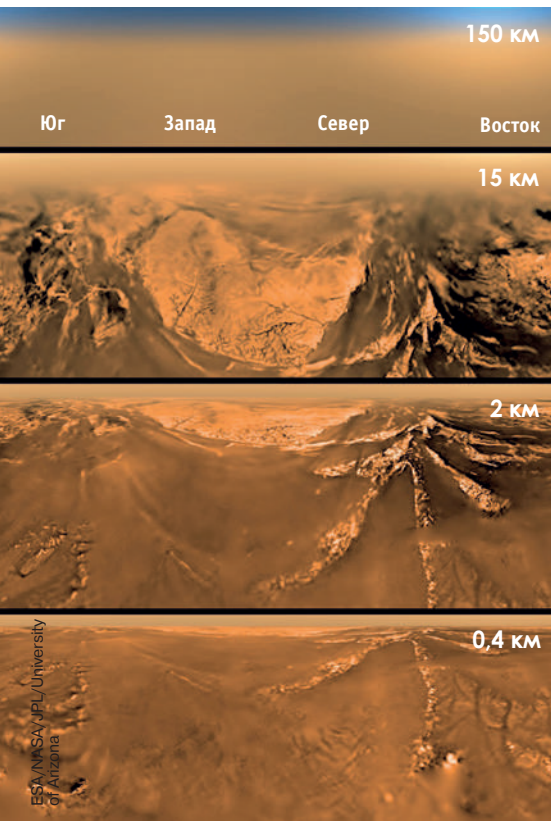


ности во время посадки. На представших нашему взору кадрах мы увидели подобие береговой линии метанового озера, а также систему каналов, промытых стекающим по твердым породам жидким метаном — виды, удивительно похожие на земные пейзажи. Некоторым людям при взгляде на такие фотографии даже кажется, что Титан мог бы стать прекрасным курортом — реки, океаны, облака... Однако не стоит забывать, что температура в -180 °С вполне способна подпортить впечатления отдыхающим.

Мы также получили серию снимков поверхности Титана, сделанных после посадки зонда. Сама поверхность укрыта крупинками и «булыжниками» водяного льда различного размера, по консистенции она немного влажная и похожа на глину со слегка застывшей коркой. Помимо изображений, Huygens передал и другие научные данные, позволившие установить, например, химический состав атмосферы. В целом его миссия стала весьма успешной — аппарат совершил историческую мягкую посадку уже на четвертое по счету тело Солнечной системы (после Луны, Венеры и Марса).

Другим объектом исследований, более чем оправдавшим надежды ученых, стал еще один спутник Сатурна — Энцелад. Он находится значительно ближе к планете: в то время как средний радиус орбиты Титана примерно в 20 раз больше сатурнианского, Энцелад обращается вокруг газового гиганта всего в четырех его радиусах. Диаметр этой луны слегка превышает 500 км. Этот ледяной мир тесно взаимосвязан с кольцом E, и, как показали сделанные Cassini измерения, обладает глобальным подледным океаном, из которого под влиянием приливных сил со стороны массивного Сатурна почти постоянно вырываются огромные водяные гейзеры. На многих снимках отчетливо видно, как потоки газа, смешанного с мелкими частицами водяного льда, извергаются из





▼ Цветной снимок поверхности Титана с высоким разрешением, сделанный посадочным аппаратом Huygens.

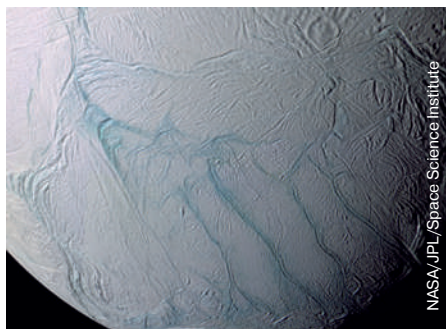


▲ Во время снижения посадочного модуля Huygens в атмосфере Титана его бортовая камера и спектрорадиометр на четырех различных высотах производили круговую съемку, по данным которой были составлены четыре панорамы.

глубин спутника, подсвеченные сзади солнечными лучами. Укрытая свежим снегом поверхность Энцелада обладает потрясающей отражательной способностью — лично я нахожу очень романтичным то, как он сияет на фоне черноты космоса.

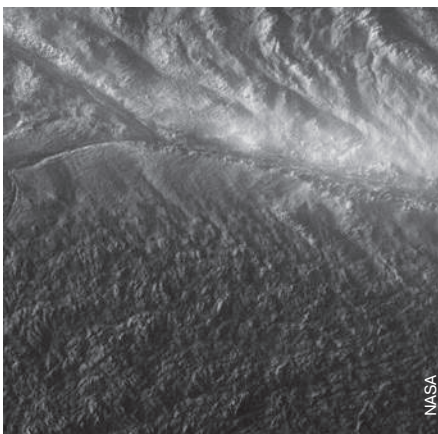
Интересные данные поступили с магнитометра Cassini: с его помощью мы получили представление о магнитосфере Энцелада и даже смогли выяснить, каким образом извержения влияют на поведение магнитного поля спутника. Множество неожиданных открытий при изучении этой луны было сделано с использованием нашего прибора — например, во время исследований распределения отрицательных ионов и заряженных частиц пыли. При разработке этого прибора мы

▼ «Тигровые полосы» на Энцеладе напоминают по своей структуре разломы на поверхности юпитерианского спутника Европы.



готовились с его помощью измерять энергию, прежде всего, электронов, и совсем не рассчитывали, что инструмент сумеет зарегистрировать нечто подобное.

К другим значимым открытиям миссии Cassini, сделанным с применением разработанного нашей командой спектрометра, можно отнести, среди прочего, обнаружение атмосферы у второго по величине спутника Сатурна — Реи (ее газовая оболочка состоит в основном из кислорода и углекислого газа), а также кислородной атмосферы у еще одной сатурнианской луны — Дионы.



▲ В ходе пролета вблизи Энцелада в августе 2010 г. камеры Cassini были развернуты в сторону спутника, чтобы получить детальные снимки «тигровых полос».

Следующими интересными объектами для изучения стали два небольших спутника — Янус и Эпиметей. Они примечательны тем, что обращаются фактически по одной орбите — их разделяет всего 50 км. Из-за гравитационных взаимодействий каждые 4 года они даже меняются местами.

Теперь у Cassini намечено еще одно «рандеву» с Титаном в апреле 2017 г. Перед завершением миссии группа сопровождения планирует осуществить одну из ее самых амбициозных задач — серию пролетов внутри колец. Таким образом, у нас появится шанс рассмотреть эти загадочные структуры с беспрецедентно малым расстоянием. Если вы будете однажды наблюдать Сатурн в телескоп, представьте, насколько удивительным может быть финальный пролет аппарата между собственн планетой и ее величественными кольцами.

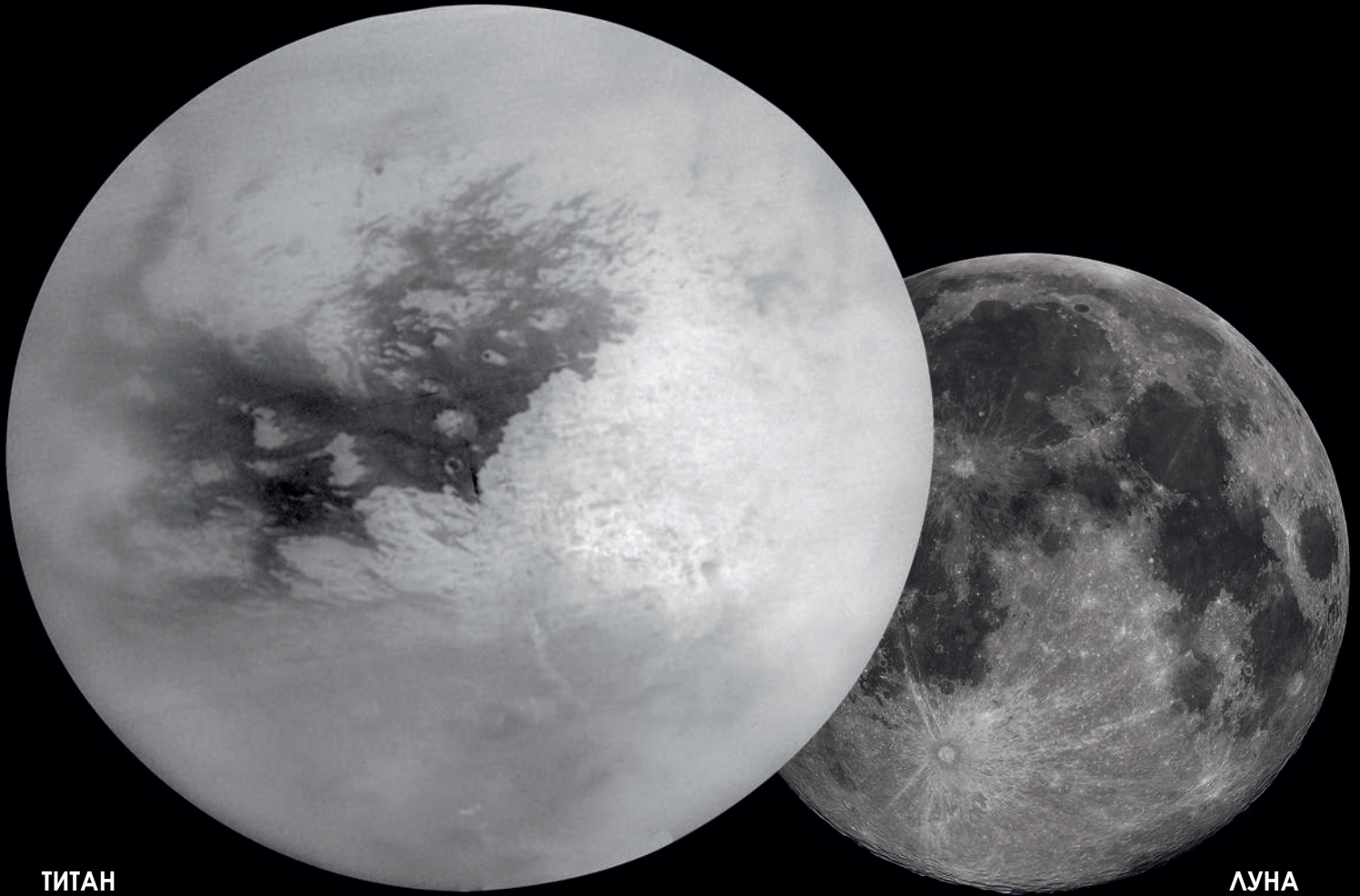
Окончание миссии назначено на 15 сентября 2017 г., и я рекомендую всем сделать себе соответствующую пометку в календаре. Грандиозным финалом многолетних исследований станет вход аппарата в атмосферу газового гиганта. По мере его спуска мы будем получать информацию о магнитном поле и внешних слоях газовой оболочки Сатурна. Я с нетерпением ожидаю этих интереснейших данных и безмерно счастлив, что имел возможность быть частью этой исторической миссии, а еще — очень рад возможности поделиться с вами сегодня ее результатами.

▼ Так в представлении художника выглядит вход космического аппарата Cassini в атмосферу Сатурна, который ознаменует финал легендарной миссии





## Спутники Сатурна размером более 30 км

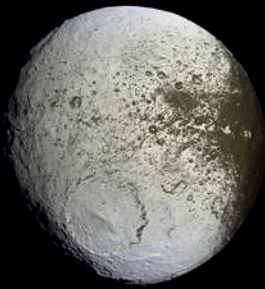


**ТИТАН**  
Диаметр 5150 км

**ЛУНА**  
(для сравнения)  
Диаметр 3474 км



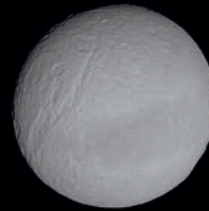
**РЕЯ**  
1526



**ЯПЕТ**  
1469



**ДИОНА**  
1122



**ТЕФИЯ**  
1060



**ЭНЦЕЛАД**  
504



**МИМАС**  
396



**ГИПЕРИОН**  
360x266x205



**ФЕБА**  
219x217x203



**ЯНУС**  
203x185x152



**ЭПИМЕТЕЙ**  
130x114x106



**ПРОМЕТЕЙ**  
136x79x59



**ПАНДОРА**  
104x81x64

**ХЕЛЕНА**  
43x38x26

**АТЛАС**  
41x35x19

**ПАН**  
34x31x21

**ТЕЛЕСТО**  
32x23x20

**КАЛИПСО**  
30x23x14



ГИПЕРИОН

ФЕБА

ЯНУС

ЭПИМЕТЕЙ

ПРОМЕТЕЙ

ПАНДОРА

ХЕЛЕНА

АТЛАС

ПАН

ТЕЛЕСТО

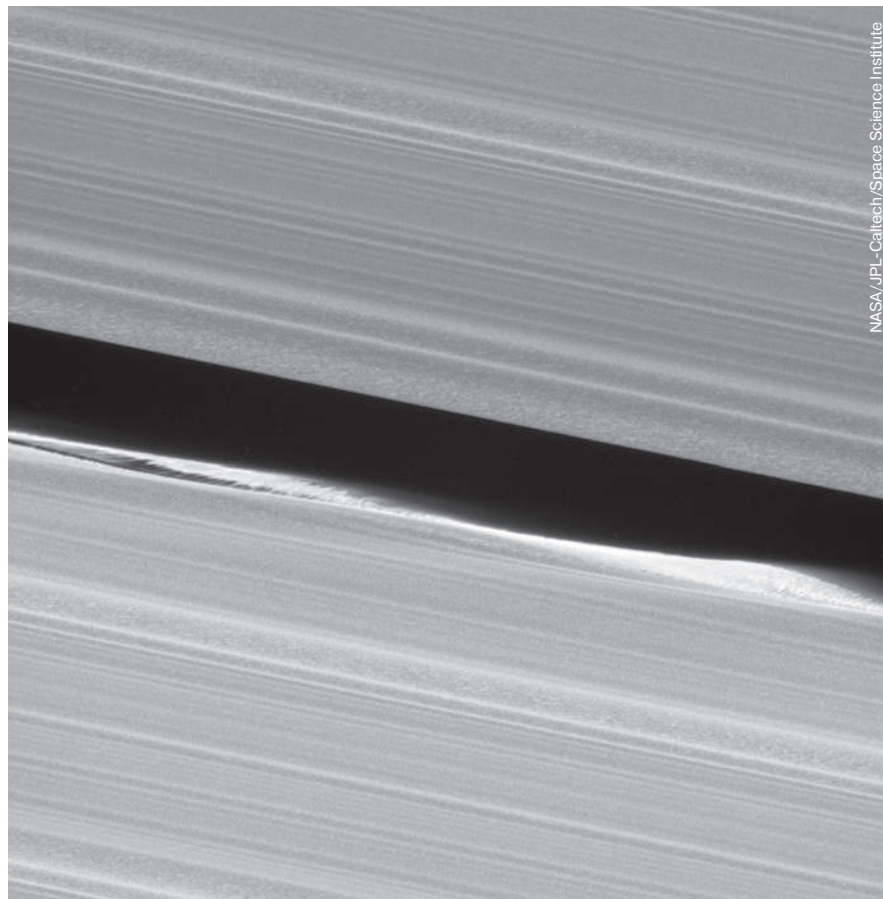
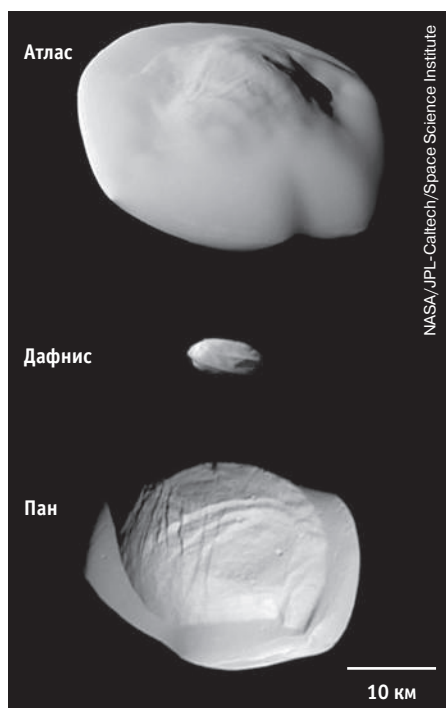
КАЛИПСО



## Маленькие чудеса семейства Сатурна

На этом коллаже, составленном из снимков космического аппарата Cassini, в одинаковом масштабе показаны три небольших спутника Сатурна, движущихся недалеко от его колец или внутри них — Атлас, Дафнис и Пан. Хорошо заметны два главных отличия между Атласом и Паном: экваториальный выступ последнего намного тоньше и более четко очерчен, а центральная масса Атласа (неровное «ядро» внутри гладкого экваториального выступа) существенно меньше, чем у Пана.

Изображения всех трех объектов составлены по результатам съемки с использованием инфракрасных, зеленых и ультрафиолетовых спектральных фильтров, объединенным для выделения тонких цветовых различий деталей на поверхностях спутников в диапазонах электромагнитных волн, невидимых для человеческого глаза. Снимки были сделаны с помощью узкоугольной камеры зонда Cassini: Атлас фотографировался 12 апреля 2017 г. с расстояния 16 тыс. км при фазовом угле  $37^\circ$ , Пан — 7 марта 2017 г. с расстояния 26 тыс. км при фазовом угле  $21^\circ$ , Дафнис — 16 января 2017 г. с расстояния 28 тыс. км, фазовый угол достигал  $71^\circ$ . На всех изображениях север вверху.



NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

## Волна Дафниса в сатурнианских кольцах

Перед тем, как перейти на свои финальные орбиты, аппарат Cassini<sup>1</sup> получил наиболее детальные в истории изображения внешнего края кольцевой системы Сатурна. В числе прочего зонд заснял и щель Килера — свободный от пыли и ледяных обломков промежутки шириной 42 км, проходящий неподалеку от внешнего края кольца А, который был обнаружен в начале 1980-х годов в ходе миссии Voyager.<sup>2</sup> Уже тогда астрономы выдвинули предположение, что внутри щели скрывается небольшой спутник, чья гравитация «разгоняет» частички кольца, не давая им заполнить разрыв. Это предположение было подтверждено в 2005 г., когда Cassini сфотографировал крохотную 8-километровую луну, движущуюся почти в середине щели. Этот объект получил название Дафнис.

Гравитационное влияние спутника не ограничивается лишь образованием разрыва. Как и у всех тел Солнечной системы, орбита Дафниса не является идеально круговой и слегка не совпадает с главной плоскостью кольцевой системы. Небольшого отклонения хватает для того, чтобы при движении вокруг Сатурна он «пускал» своеобразные волны по его кольцам. На представленном снимке можно хорошо рассмотреть одну из них. Волны, идущие по внутреннему краю щели Килера, опережают спутник, а те, которые идут по ее внешнему краю — наоборот, отстают от него.

Cassini уже фотографировал «волны Дафниса», но при большем удалении.<sup>3</sup> Приведенное изображение было получено узкоугольной камерой зонда 16 января 2017 г. с расстояния 30 тыс. км. Его разрешение составляет 177 м на пиксель.

<sup>1</sup> ВПВ №4, 2004, стр. 24; №4, 2008, стр. 14; №12, 2016, стр. 24

<sup>2</sup> ВПВ №3, 2006, стр. 30

<sup>3</sup> ВПВ №2, 2017, стр. 28

Телескопы, бинокли, подзорные трубы, микроскопы и аксессуары к оптике вы можете приобрести в нашем Интернет-магазине [www.3planeta.com.ua](http://www.3planeta.com.ua)



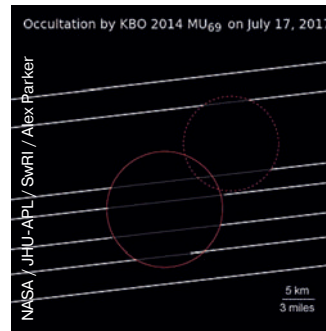
# Сюрпризы койпероида 2014 MU69

Проведенные в прошлом месяце наблюдения объекта пояса Койпера 2014 MU69, выбранного в качестве следующей цели космического аппарата New Horizons,<sup>1</sup> позволили установить, что это небесное тело, движущееся на расстоянии более 6,5 млрд км от Солнца, может иметь необычную вытянутую форму или вообще состоять из двух ледяных тел, обращаящихся друг вокруг друга и даже, возможно, соприкасающихся.

Группа сопровождения New Horizons развернула 24 мобильных телескопа в аргентинских провинциях Чубут и Санта-Крус, чтобы зарегистрировать покрытие далекой звезды крошечным койпероидом. Это событие помогло астрономам узнать о нем много нового, и в первую очередь — определить его размер, форму, орбиту, а также характеристики окружающего пространства. Исследователи заявили, что он может представлять собой «экстремально вытянутый сфероид» или даже двойную систему, в которой два тела гравитационно связаны друг с другом или, возможно, пребывают в тесном контакте. Также ученые установили верхний пре-

дел вероятного размера 2014 MU69, равный 30 км (что несколько меньше, чем считалось ранее). Если этот объект действительно двойной, это значит, что каждый из его компонентов должен иметь поперечник 15-20 км.

Миниатюрные миры (такие, как 2014 MU69), вероятно, представляют собой ледяные обломки с включениями нелетучих компонентов, оставшиеся после завершения формирования более крупных объектов — больших планет, их спутников и карликовых планет. Весь Пояс Койпера, согласно этим представлениям, должен быть интереснейшей «коллекцией» исходного материала Солнечной системы, почти не изменившегося за 4,6 млрд лет ее истории. С недавних пор астрономы уделяют много внимания его изучению. 2014 MU69 был найден орбитальным телескопом Hubble в ходе специальной поисковой программы, развернутой в 2014 г. Ему удалось обнаружить трех потенциальных кандидатов вблизи продолжения траектории New Horizons после пролета Плутона (134340 Pluto),<sup>2</sup> из которых выбрали наиболее перспективный с точки зрения научных исследований.



▲ На этой схеме показан метод вычисления формы объекта 2014 MU69 по пяти хордам, полученным в результате наблюдений покрытия им удаленной звезды 17 июля 2017 г. Верхняя и нижняя хорды соответствуют группам наблюдателей, не зарегистрировавшим покрытие.

2014 MU69 станет самым удаленным объектом, когда-либо посещенным автоматическим аппаратом. Встреча с ним зонда New Horizons должна состояться 1 января 2019 г. (пролетная скорость будет равна примерно 14 км/с). Представители NASA собираются к этому времени присвоить безымянному койпероиду официальное название. Его орбита уже определена с большой точностью благодаря наблюдениям космических телескопов Hubble<sup>3</sup> и Gaia.<sup>4</sup>

Пока же астрономы развернули активные исследо-

вания этого небесного тела с помощью наземных инструментов. Когда стало известно, что 3 июня и 17 июля 2017 г. оно должно закрыть своим «силуэтом» далекие звезды, были организованы экспедиции в полосы предполагаемых покрытий, проходившие по территориям Африки и Южной Америки. К наблюдениям также привлекли воздушную обсерваторию SOFIA (NASA), работающую в инфракрасном диапазоне спектра.<sup>5</sup> В результате более десятка наблюдателей смогли увидеть, как свет звезды ненадолго пропал, когда ее затмил 2014 MU69. Точно измерив моменты начала и окончания «исчезновения» по синхронизированному часам, специалисты получили возможность построить проекцию «тени» койпероида, по которой, в свою очередь, вычислили его размеры и форму.

Полученная информация еще будет обрабатываться, однако уже сейчас понятно, что 2014 MU69 вполне способен преподнести ученым немало сюрпризов. Так или иначе, истинную форму койпероида мы увидим не ранее декабря 2018 г., когда New Horizons подлетит к нему достаточно близко.

<sup>1</sup> ВПВ №1, 2003, стр. 22; №1, 2004, стр. 26; №2, 2006, стр. 25

<sup>2</sup> ВПВ №7, 2015, стр. 8; №8, 2015, стр. 4; №11, 2015, стр. 29

<sup>3</sup> ВПВ №10, 2008, стр. 4; №2-3, 2013, стр. 5

<sup>4</sup> ВПВ №1, 2014, стр. 11; №10, 2015, стр. 9; №11, 2015, стр. 4

<sup>5</sup> ВПВ № 3, 2011, стр. 35

▼ В преддверии сближения зонда New Horizons с объектом 2014 MU69, расположенным на расстоянии 43,3 а.е. (6,5 млрд км) от Солнца, астрономы пытаются уточнить размеры и форму койпероида. По данным наблюдений покрытия им далекой звезды, а также по снимкам космического телескопа Hubble удалось выяснить, что этот объект сильно вытянут (его максимальный размер равен около 30 км) и состоит, вероятнее всего, из двух соприкасающихся обломков с поперечниками 15-20 км.





# Curiosity отметил пятилетний юбилей

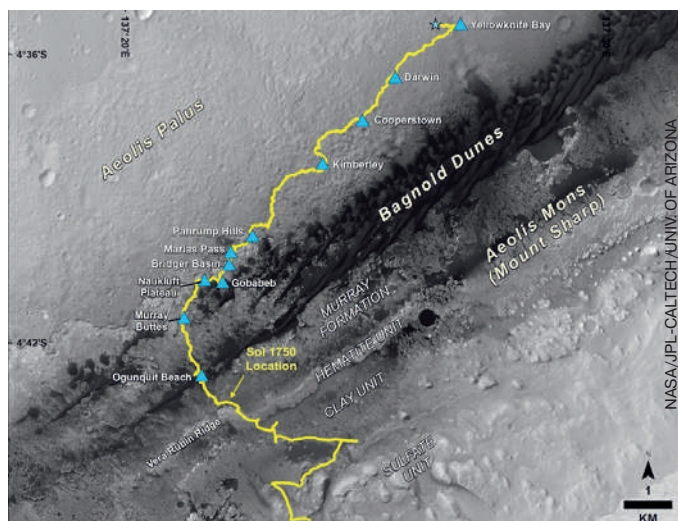
Вот уже пять лет прошло с того памятного дня 5 августа 2012 г., когда сотрудники NASA встретили восторженными криками и бурными аплодисментами первое сообщение об успешной посадке марсохода Curiosity на поверхность Красной планеты.<sup>1</sup> Позади остались «семь минут ужаса», во время которых связь с аппаратом отсутствовала, и группа сопровождения никак не могла повлиять на его судьбу. Впереди мобильную лабораторию нового поколения ожидали долгие годы плодотворной работы.

За эти пять лет ровер преодолел около 17 км по дну кратера Гейл, попутно сделав свыше 200 тыс. снимков и взяв 12 проб марсианского грунта. Конечно, в его пятилетнем путешествии не все было гладко. Никакая техника не может бесконечно работать без сбоев, и Curiosity — не исключение. У марсохода неоднократно случались короткие замыкания, возникли проблемы с буром, отказал датчик ве-

тра, а износ одного из колес уже достиг 60%. Тем не менее, марсианский путешественник по-прежнему в строю, а собранная им информация значительно обогатила наши представления о соседней планете и ее прошлом.

Сейчас мы знаем, что 154-километровый кратер Гейл сформировался примерно 3,7 млрд лет назад. В ту эпоху Марс был совершенно не похож на привычный нам пустынный холодный мир. На его поверхности шли дожди и текли реки. Постепенно вода заполнила кратер, и в нем образовалось озеро, которое просуществовало много миллионов лет, оставив после себя мощные слои осадочных пород. Даже когда оно окончательно пересохло, на протяжении долгого времени грунтовые воды все еще продолжали заполнять трещины в скалах на кратерном дне.

Данные минералогического и химического анализов, проведенных Curiosity, показывают, что поверхностные и грунтовые воды в кратере Гейл были пригодны для суще-



▲ Карта пути, пройденного ровером Curiosity за 5 лет (по состоянию на середину июля 2017 г.)

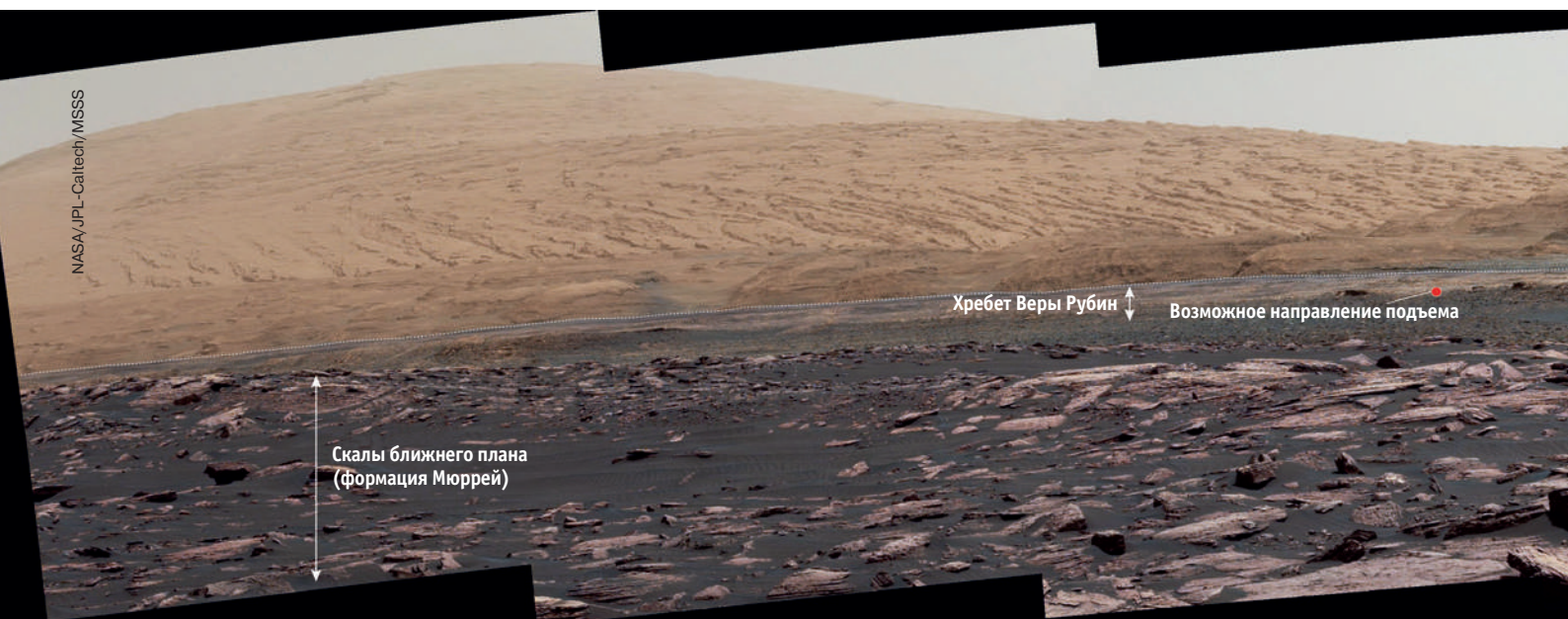
ствования жизненных форм, похожих на земные. В образцах, взятых со дна древнего озера с помощью буровой установки, удалось обнаружить органические молекулы, питательные вещества и химические источники энергии, которыми могли бы пользоваться микроорганизмы. Таким образом, мобильный аппарат выполнил основную задачу, ради которой он создавался. Благодаря ему теперь мы точно знаем, что на протяжении длительного периода времени в кратере Гейл, как и в целом на Марсе, имелись все условия для существования жизни.

Однако, несмотря на то, что марсоход фактически завершил свою основную миссию, его работа продолжается. В настоящее время он движется вверх по склону горы Шарп, центрального пика кратера Гейл. Ближайшая цель — гряда, названная в честь астрофизика Веры Рубин. Ее протяженность составляет 6,5 км, а высота сравнима с восьмиэтажным домом. Гряда сложена из гематита — минерала, который обычно образуется во влажных условиях. По данным орбитального аппарата MRO,<sup>2</sup> в ней также присутству-

<sup>2</sup> ВПВ №9, 2005, стр. 21; №4, 2006, стр. 12; №10, 2006, стр. 11

<sup>1</sup> ВПВ №8, 2012, стр. 12

▼ В августе 2017 г., через пять лет после посадки вблизи марсианской горы Шарп и почти через три года после достижения ее подножья, марсоход Curiosity (NASA) успешно осуществил подъем по горному склону, демонстрирующему многочисленные слои осадочных пород. Фотографирование производилось камерой MastCam, цвета приближены к тем, которые бы увидел человеческий глаз при естественном освещении.





ют глины и сульфатные минералы (главным образом гипс). Изучение «хребта Веры Рубин» предоставит нам новые сведения о древнем марсианском климате в этом регионе.

По прогнозам специалистов, ресурс Curiosity позволит ему проработать без особых проблем еще как минимум три года. А это значит, что до запуска в 2020 г. миссий Mars 2020 и ExoMars он будет оставаться самой сложной машиной, функционирующей на поверхности другой планеты.

Кроме анализа марсианских пород, марсоход занимается также атмосферными и климатическими исследованиями. Газовая оболочка Марса отличается крайней разреженностью: ее среднее давление у поверхности в 160 раз меньше, чем на Земле на уровне моря. Но, несмотря на это, в атмосфере Красной планеты время от времени возникают многие хорошо знакомые нам явления — например, облака.

17 июля этого года (на 1758-й сол с момента посадки) навигационная камера Curiosity сделала серию фотографий марсианского неба. Съемка проводилась на рассвете, благодаря чему удалось заснять движущиеся облачные образования. Как подчеркнули специалисты NASA, это наиболее четко различимые

подобные структуры, наблюдавшиеся за все пять лет работы ровера на Марсе. До него облака в небе удавалось запечатлеть мобильной лаборатории Opportunity,<sup>3</sup> которая зарегистрировала их невысоко над южным горизонтом, и севшему в приполярном регионе аппарату Phoenix.<sup>4</sup> Несмотря на то, что Curiosity находится недалеко от марсианского экватора, облачность над ним располагалась почти в зените.

Сфотографированные образования напоминают земные перистые облака. Предположительно они состоят из кристалликов водяного льда, которые конденсируются на микроскопических пылевых гранулах в марсианской атмосфере. Когда лед испаряется, в небе возникают характерные тонкие светлые волокна.

Телескоп Hubble и находящиеся на ареоцентрических орбитах космические аппараты уже несколько раз регистрировали появление подобных облаков над экваториальными регионами Красной планеты. Принято считать, что эти явления наблюдаются, когда она проходит афелий — наиболее удаленную от

<sup>3</sup> ВПВ №1, 2004, стр. 35;

№10, 2008, стр. 21

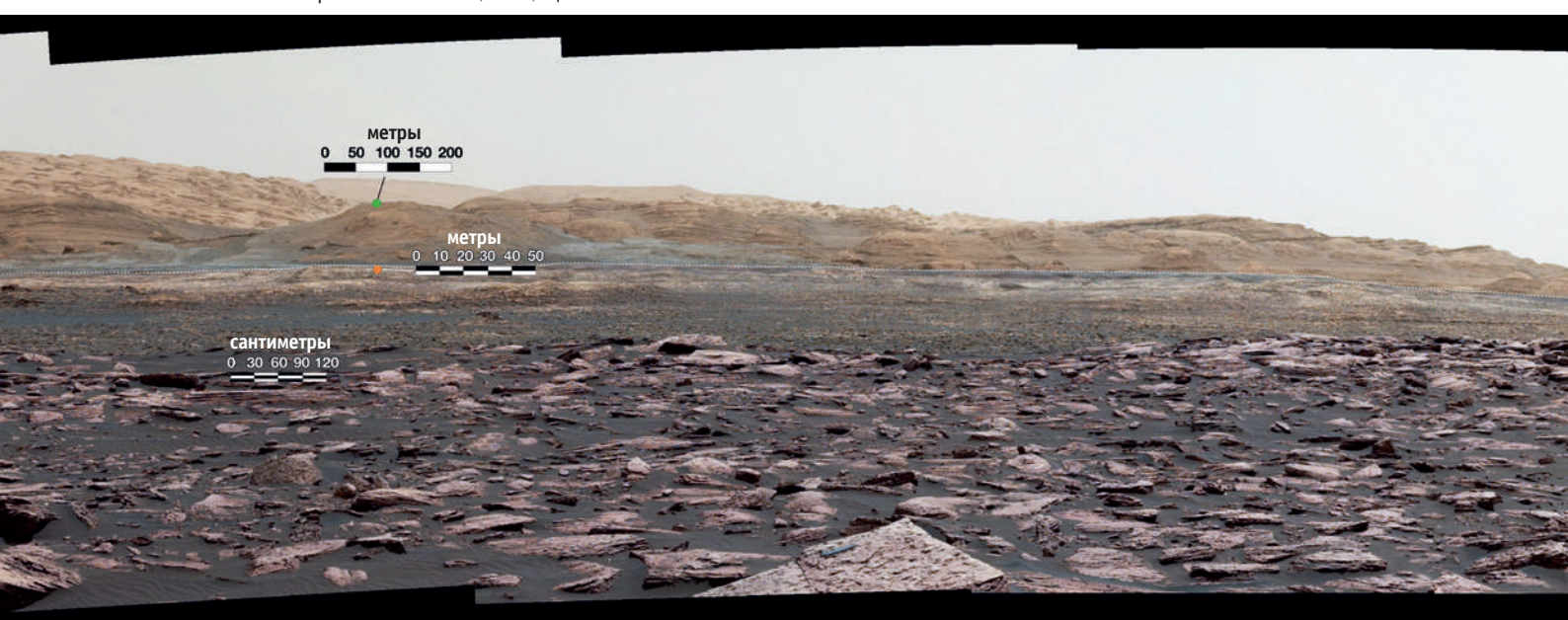
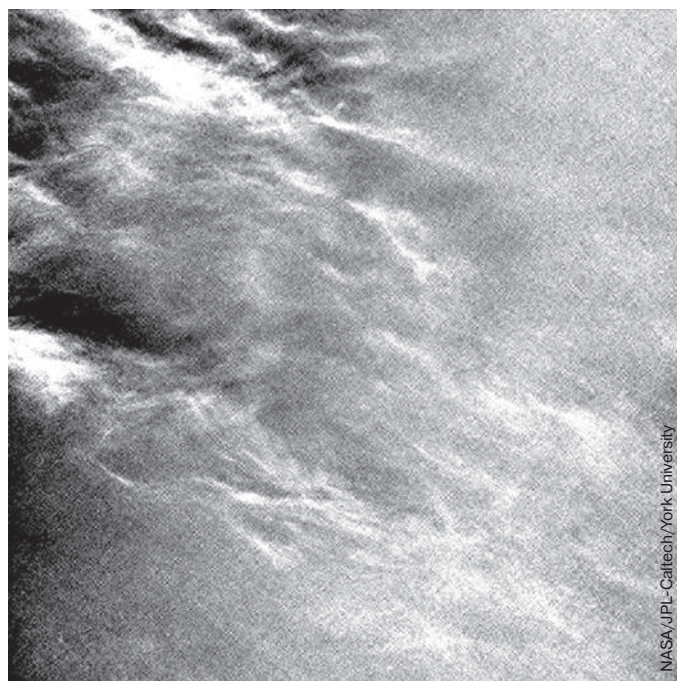
<sup>4</sup> ВПВ №6, 2008, стр. 20;

№11, 2008, стр. 26



Солнца точку своей орбиты, которая имеет заметно больший эксцентриситет, нежели земная, поэтому изменение гелиоцентрического расстояния оказывает более заметное влияние на марсианский

климат. В частности, такое влияние выражается и в появлении характерных облаков. Для их обозначения планетологи даже ввели специальный термин — «облачный пояс афелия».





## Богатая история кратера Комаров

На представленном изображении, полученном камерой LROC американского аппарата Lunar Reconnaissance Orbiter,<sup>1</sup> запечатлен небольшой и относительно молодой безымянный лунный кратер. Хорошо видны также следы вещества, выброшенного при метеоритном ударе. Этот кратер расположен на стенке одной из многочисленных борозд, покрывающих дно намного более крупного и старого кратера Комаров.

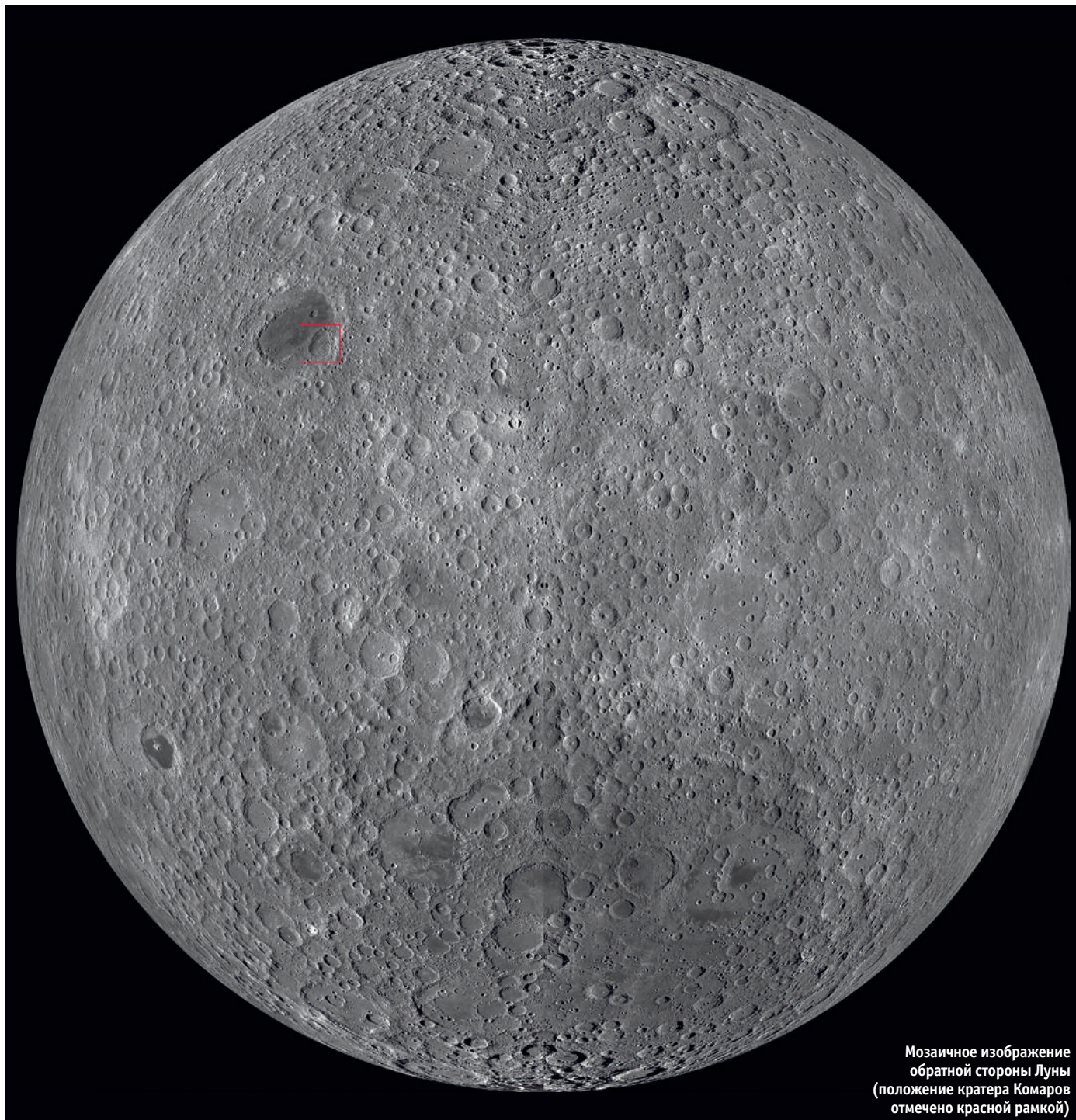
80-километровая ударная формация, получившая имя советского космонавта Владимира Комарова,<sup>2</sup> находится на обратной стороне Луны по соседству с Морем Москвы. Она интересна своей сложной формой с большим выступом в северной части, придающим ей форму груши, а также сложной системой борозд. Считается, что они возникли в результате вулканической активности.

Некогда часть кратера была затоплена потоками лавы. Борозды образовались после ее застывания и постепенного опускания.

Снимки LRO демонстрируют, что западная часть кратера Комаров имеет более гладкую поверхность с более низким альбедо (отражательной способностью), чем соседние регионы. Внешне она напоминает базальт, которым покрыто близлежащее Море Москвы. В то же время данные, собранные в 1994 г. американским аппаратом Clementine, свидетельствуют о том, что состав пород этих

<sup>2</sup> Владимир Комаров стал первым человеком, погибшим в ходе космического полета (при испытаниях нового корабля «Союз») — ВПВ №11, 2007, стр. 28

<sup>1</sup> ВПВ №6, 2009, стр. 2; №11, 2010, стр. 5



Мозаичное изображение обратной стороны Луны (положение кратера Комаров отмечено красной рамкой)

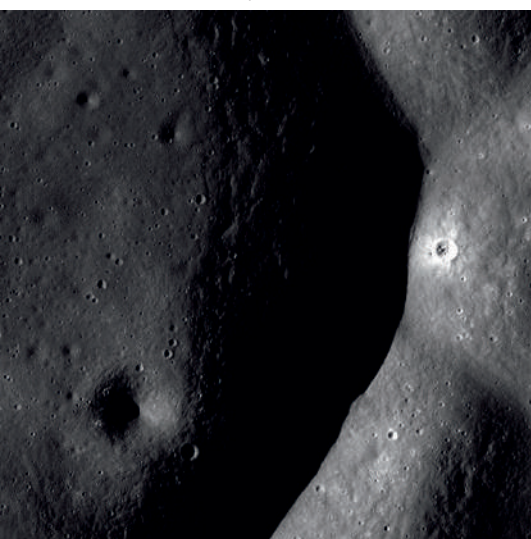


масштабных структур лунного рельефа существенно различается.

По снимкам Clementine<sup>3</sup> удалось определить, что Море Москвы характеризуется повышенным содержанием титана. Данные же о минеральном составе поверхности кратера Комаров говорят о том, что он (в том числе и его более гладкая западная часть) полностью покрыт пирокластическими отложениями, которые возникают при извержениях вулканов. Это говорит о многочисленных эпизодах вулканической активности, имевших место в прошлом.

При сравнении фотографий, сделанных LRO и Clementine, можно заметить, что область вокруг небольшого безымянного кратера заметно отличается по цве-

<sup>3</sup> ВПВ №1, 2008, стр. 24



▲ На этом снимке можно увидеть небольшую свежую ударную формацию на стенке одной из борозд, покрывающих внутреннюю часть кратера Комаров. Ширина изображения составляет примерно 2,5 км, оно является частью кадра, отснятого камерой высокого разрешения аппарата LRO.

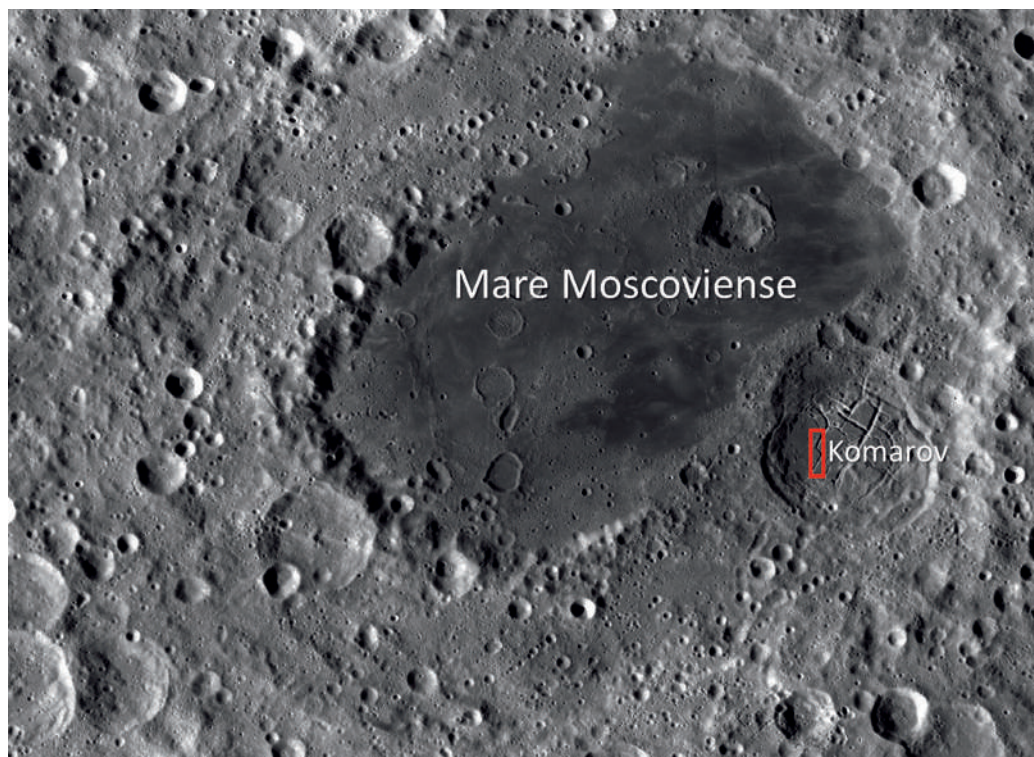


▲ Снимок кратера Комаров, сделанный камерой низкого разрешения зонда LRO. Область вокруг молодого безымянного кратера, сфотографированная с высоким разрешением, обведена желтым квадратом. Красный прямоугольник показывает размер оригинального кадра камеры LROC. Координаты центра снимка — 24,586° с.ш., 152,248° в.д.

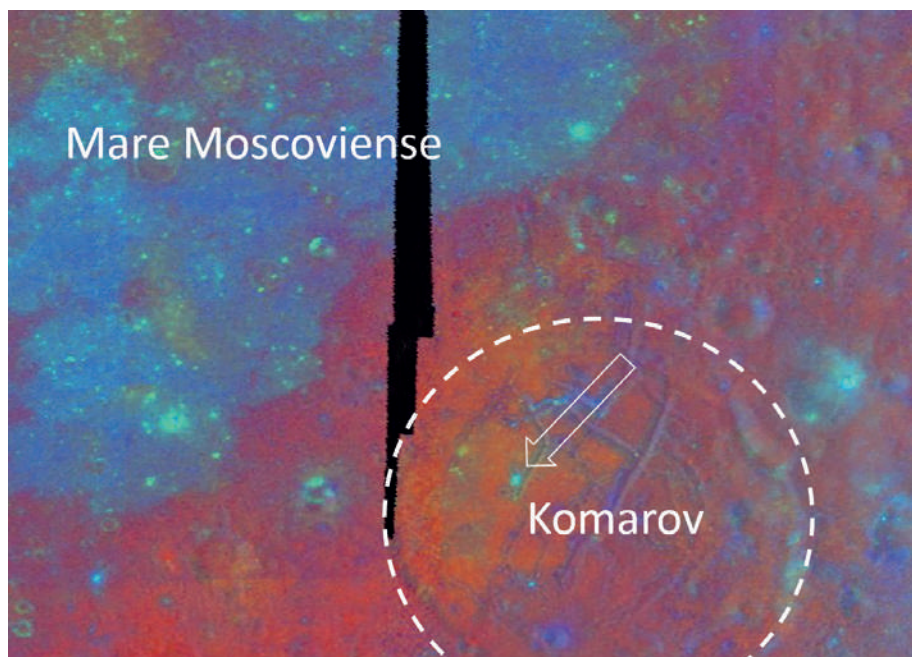
ту от дна кратера Комаров и визуально больше соответствует Моря Москвы. Это объясняется тем, что метеоритный удар выбил из лунных глубин «свежее» вещество, еще не успевшее подвергнуться

воздействию солнечного ветра и космических лучей, приводящему к «осветлению» поверхностных пород.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> ВПВ №5, 2009, стр. 28



▲ На этом снимке, сделанном камерой низкого разрешения зонда LRO, хорошо видно соотношение размеров Моря Москвы и кратера Комаров. Красный прямоугольник показывает границы оригинального кадра камеры высокого разрешения. Ширина изображения — 450 км, координаты центра снимка — 27,282° с.ш., 148,122° в.д.



▲ Снимок Моря Москвы и кратера Комаров, сделанный аппаратом Clementine. Пунктирный круг отмечает гребень кратерного вала. Белая стрелка указывает положение молодого кратера, показанного на заглавной фотографии. Ширина изображения составляет 180 км. Цвета условные. Изображение составлено из снимков, сделанных на длинах волн 415 нм (фиолетовая область видимого спектра), а также 750 нм и 1000 нм (ближний инфракрасный диапазон). Синий цвет на снимках Clementine может указывать на повышенное содержание титана или более низкое альbedo поверхностного вещества, красный цвет — на меньшее содержание титана и большее количество стекловидных частиц (что соответствует более старому реголиту) или же на пирокластические отложения.



# Большое американское затмение

## Впечатления очевидца

**ВЛАДИМИР МАНЬКО**

журнал «Вселенная,  
пространство, время»

**В** глобальном масштабе полные солнечные затмения не так уж и редки: «в целом» на Земле они происходят почти ежегодно. Проблема заключается в том, что Солнце, полностью закрытое Луной (а именно такая полная фаза и представляет наибольший интерес для астрономов) видно только в сравнительно узкой полосе, «вычерчиваемой» проносящейся со скоростью до километра в секунду тенью нашего естественного спутника. Во время затмений, наблюдаемых невысоко над горизонтом, из-за эффекта проекции ширина такой полосы может превысить 500 км, но подобные случаи на самом деле происходят не слишком часто и предоставляют ограниченные возможности для качественной фотосъемки. Вдобавок очень желательно, чтобы полоса полной фазы прошла хотя бы по небольшому клочку суши, где можно было бы надежно установить астрономические инструменты — а это случается далеко не всегда...

21 августа 2017 г. лунная тень после почти 40-летнего перерыва «посетила» основную территорию Соединенных Штатов Америки, где возможность увидеть затмение получили миллионы человек — как местных жителей, так и специально приехавших туристов.

### История и география

Здравый смысл подсказывает, что чем больше площадь страны — тем чаще там долж-



Александр Наумов, Эдуард Тригубов

▲ Внутренняя солнечная корона, сфотографированная с помощью рефрактора Agema SD-130 с выдержкой 1/100 секунды (ISO 100). Фотоаппарат Olympus E-420.

ны наблюдаться солнечные затмения. Это вполне справедливо для длительных отрезков времени (с поправкой на то, что приполярные области планеты «видят» лунную тень все-таки реже, чем более низкие широты), но уже на столетних интервалах часто имеют место существенные отклонения от этого правила.<sup>1</sup> Предыдущее полное затмение на территории континентальных США произошло 26 февраля 1979 г., а 11 июля 1991 г. полоса полной фазы «накрыла» Большой остров Гавайского архипелага — правда, там полноценно ее пронаблюдать помешали не самые удачные погодные условия.

<sup>1</sup> ВПВ №9, 2005, стр. 36

Главное астрономическое событие 21 августа 2017 г. в средствах массовой информации часто называли «Большим американским затмением», и небезосновательно: оно было видно исключительно на территории Соединенных Штатов — впервые с 4 июля 1776 г., от которого это государство отсчитывает свою историю.<sup>2</sup> Данный факт становится еще более примечательным, если вспом-

<sup>2</sup> Полоса полной фазы затмения 11 января 1880 г., закончившаяся на территории США, началась на западе Тихого океана, где в ее пределах оказался небольшой островок Рота в группе Северных Марианских островов (в то время принадлежавших Испании). 8 июня 1918 г. лунная тень пересекла Северную Америку от севера штата Вашингтон до Флориды, после чего прошла по Багамским островам.

нить, что каждое солнечное и лунное затмение повторяется с интервалом в 18 лет и 10 или 11 дней, получившим название «сарос».<sup>3</sup> Дело в том, что предыдущее солнечное затмение этой серии, состоявшееся 11 августа 1999 г., могли наблюдать жители целых 17 стран — одиннадцати европейских (в том числе Великобритании, Люксембурга и

<sup>3</sup> В частности, для солнечных затмений, как правило, повторяется тип (частное, полное или кольцеобразное), почти не отличается максимальная продолжительность центральной фазы и немного смещается к северу или к югу область географических широт, по которой проходит полоса затмения. Однако по долготе она оказывается сдвинутой примерно на 120° к западу, поскольку истинная продолжительность сароса равна 6585 суткам и еще восьми с лишним часам.



Александр Наумов

▲ Слева направо: Светлана, Валерия и Эдуард Тригубовы, обеспечившие экспедицию транспортом, инструментами и питанием на всем протяжении маршрута

Словении) и шести азиатских (от Турции до Индии). Если же отступить в прошлое еще на один сарос, мы вернемся к затмению 31 июля 1981 г., которое наблюдалось как полное снова-таки на территории только одной страны — Союза Советских Социалистических Республик. Тогда на Дальнем Востоке, в малонаселенной местности недалеко от побережья Охотского моря, можно было увидеть, как Солнце скрылось за лунным диском на 2 минуты 2 секунды. Во всех остальных точках полосы, протянувшейся от Черноморского побережья Кавказа до Курильских островов, затмение длилось еще меньше.

Спустя 18 лет максимальная продолжительность полной фазы выросла до 2 минут 23 секунд (такой она наблюдалась на территории Румынии), а в августе 2017 г. самыми удачливыми были жители и гости городка Горвилль на юге штата Иллинойс, к западу от которого она достигла 2 минут 40,3 секунд.<sup>4</sup> Следовало бы ожидать, что именно туда и двинется основная масса желающих увидеть редкое небесное явление, однако всем им приходилось принимать во внимание и другие факторы, и в первую очередь — вероятность чистого неба в день затмения. А она, по данным многолетнего мониторинга,

<sup>4</sup> ВПВ №6, 2017, стр. 35

стабильно уменьшалась по мере продвижения от тихоокеанского побережья США к атлантическому...

### Телескоп и наблюдатели

Для астроэкспедиции, в которой принял участие представитель редакции ВПВ, базовым пунктом стал город Денвер, столица штата Колорадо. Именно там (точнее, в его пригороде Лейквуде) уже почти 20 лет вместе с семьей живет Эдуард Тригубов — основатель и владелец фирмы Agema Optics, производящей телескопы-рефракторы с уникальными апохроматическими объективами собственной разработки. До 1998 г. Эдуард жил и работал в Киеве, где с ним в свое время успели познакомиться многие украинские любители астрономии. Строго говоря, второй важной целью поездки являлась доставка одного из сделанных им телескопов в Украину, что в итоге успешно осуществил киевский астроном-любитель Александр Наумов, который лично пронес хрупкий объектив через все пункты досмотра и сложные пересадки в двух аэропортах, оберегая его от пыли и ударов.

«Исходная точка» закономерно определила и предполагаемое место наблюдений — им стал ближайший к Денверу участок полосы, проходящий по штату Вайоминг. Более точно



Александр Наумов

▲ Рефрактор Agema SD-130 — «главный калибр» астроэкспедиции



Александр Наумов, Владимир Манько

▲ Александр Наумов осуществляет фокусировку телескопа Agema SD-130 «привязываясь к местности»

решено было утром 21 августа, когда станут известны надежные прогнозы облачности. Здесь, кстати, следовало бы упомянуть еще один интересный исторический факт: именно в Вайоминг в конце июля 1878 г. приехал знаменитый американский изобретатель Томас Эдисон (Thomas Alva Edison), чтобы увидеть полное солнечное затмение. Местная легенда гласит, что там, во время ночевки у костра посреди прерий, ему и пришла в голову идея электрической лампочки.

В ходе наблюдений также предполагалось провести испытания нового телескопа Agema SD-130 (с диаметром объектива 130 мм). Забегая вперед, нужно сказать, что они были исключительно успешными, особенно с учетом того, что, пожалуй, ни разу до этого

«первым светом» оптического инструмента не оказывалась солнечная корона.

### Скалистые горы и прерии

Задолго до 21 августа Транспортный департамент США издал официальное предупреждение о том, что в этот день на трассах вблизи полосы интенсивность движения будет значительно выше средней и местами следует ожидать многокилометровых заторов. Согласно предварительным оценкам, в направлении лунной тени собирались двинуться до 18 млн человек, причем подавляющее большинство — на личном автотранспорте.

Поэтому вполне логичным выглядело решение (оно было принято еще во время подготовки экспедиции в Киеве и



Наблюдательная площадка после установки телескопа.  
Координаты места наблюдения: 42°41'58" с.ш., 106°22'46" з.д.  
Высота над уровнем моря 2030 м.



Светлана Тригубова

оказалось вполне оправданным) провести ночь перед затмением где-нибудь в полосе полной фазы либо недалеко от нее. Поскольку в самой полосе все мотели и гостиницы были зарезервированы чуть не с годичным упреждением, наиболее подходящим пунктом в этом плане выглядел небольшой городок Лэреми — место расположения Университета Вайоминга. С одной стороны, он находился недалеко от полосы, с другой — лежит в стороне от главных трасс направления «север-юг», принявших на себя основную нагрузку желающих увидеть редкое небесное явление. Добираться туда, соответственно, также предполагалось «в обход» этих трасс. Утром 20 августа полностью загруженный «Ниссан» Тригубовых выехал из Денвера в северо-западном направлении, и еще до полудня, проехав по пути университетский город Боулдер, участники экспедиции достигли поселка Эстес-парк, рядом с которым расположен въезд в национальный парк «Скалистые горы» — одну из главных природных достопримечательностей штата Колорадо.

Этот парк, лежащий по обе стороны главного континентального водораздела Северной Америки, несомненно, заслуживает отдельного посещения и большого рассказа. Живописные горные озера, вершины с нетающими лед-

никами, дороги-серпантины и множество разнообразных животных, почти не боящихся людей — так можно кратко описать впечатления от этого удивительного места, которое, как справедливо утверждает поговорка, лучше один раз увидеть. Спустившись вдоль реки Колорадо в ее верхнем течении к поселку Грэнби, экспедиция двинулась на север, к границе Вайоминга. Уже примерно через час горный пейзаж сменился малонаселенной холмистой равниной, за которой последовали классические прерии от горизонта до горизонта с редкими домиками фермеров. Ближе к вечеру вдаль показались сбившиеся в кучку посреди обширной пустынной низменности одно- и двухэтажные домики Лэреми — города, обязанного своим существованием первой в мире трансконтинентальной железной дороге.

Здесь выяснилось, что оплата за мотель Downtown Xenion, забронированный из Киева, по какой-то причине не прошла, и менеджер мотеля Хрисос Канаридис уже совсем было собрался отменить резервацию, но обратил внимание на то, что она была сделана гостями из Восточной Европы, и решил все же дождаться нашего приезда (за что он, безусловно, заслуживает всяческих благодарностей и упоминания в этой статье). Теперь оставалось только поужинать в чуть ли не

Последний снимок короны, сделанный с выдержкой 1/5 секунды (ISO 100). За нижним краем кадра уже показалась первая «искра» солнечного диска.



Александр Наумов, Эдуард Тригубов

единственном открытом в воскресенье вечер местном ресторанчике и хорошо выспаться перед самым ответственным днем путешествия.

## Облака и дороги

В семь часов утра 21 августа 2017 г. астрозкспедиция уже удалялась от Лэреми в северо-западном направлении по федеральной трассе №287. В том же направлении двигалась впечатляющая колонна легковых машин, и практически все они имели перед собой одну цель — полосу полной фазы, до которой по прямой оставалось меньше сотни километров, но по дорогам «петлять» до нее пришлось чуть не вдвое дольше...

Все придорожные заправки были забиты машинами и их пассажирами — такого наплыва посетителей они не испытывали, наверное, за всю свою историю. Редкие патрульные автомобили стояли на обочине, отслеживая потенциальных «возмутителей спокойствия», но таковых оказалось исключительно немного. В поселке Медисин Боу от федеральной трассы отходила к северу двухполосная дорога местного значения, на которую и свернули все «охотники за лунной тенью». Здесь скорость пришлось заметно снизить, но не это стало главной причиной для беспокойства (даже до начала частных фаз в тот момент оставалось почти полтора часа, а до полного затмения — еще больше). Дело в



Александр Наумов, Владимир Манько

▲ Путь к месту наблюдений. Национальный парк «Скалистые горы» (штат Колорадо), вид на долину реки Томпсон.



▲ Так выглядела лунная тень с Международной космической станции, которая в день затмения трижды пролетела над территорией континентальных Соединенных Штатов, но, к сожалению, в саму тень ни разу не попала.

том, что над западным горизонтом начало явно просматриваться облачное поле, постепенно вырастающее и грозящее в скором времени закрыть все небо. Облачность, правда, выглядела неплотной, но и такая вполне могла помешать наблюдениям солнечной короны.

После непродолжительного совещания было решено не ехать в город Каспер, где уже расположилась другая группа украинских любителей астрономии (преимущество этого города заключалось в том, что как раз через него проходила центральная линия полосы полного затмения, а значит, продолжительность последнего там была максимальной для данного региона), а свернуть на ближайшую уходящую в северном направлении грунтовую дорогу и попытаться найти наблюдательную площадку в пределах изохроны полной фазы 2 минуты 20 секунд. Интересно, что многие приехавшие часто даже и не задавались такой целью: определив по карте и GPS-навигатору, что затмение в какой-то точке будет видно как полное хотя бы полминуты, они съезжали на обочину и располагались для наблюдений.

Так или иначе, около 10 часов утра место было найдено — на выступающем к западу отроге продолговатой возвышенности, по гребню которой тянулась дорога. По ней по-прежнему ехали в северо-восточном направлении десятки машин, поднимая за собой густые шлейфы розовой пыли... Так продолжалось

еще примерно полчаса, после чего движение почти затихло. В это время на верхнем краю Солнца уже образовалась заметная «щербинка», прекрасно видимая невооруженным глазом через достаточно плотный светофильтр. Так называемый «первый контакт» произошел точно по расписанию — в 10 часов 22 минуты по местному времени.

А северо-западную часть неба быстро затягивало перистыми облаками...

## Корона, звезды и планеты

Из всех участников экспедиции только автору этой статьи приходилось ранее наблюдать солнечную корону (в 1999 г. в Венгрии и в 2006 г. на Северном Кавказе<sup>5</sup>). Для остальных затмение было первым в жизни, и всем, конечно же, очень не хотелось, чтобы оно оказалось испорчено какими-то облаками... которые неуклонно продолжали приближаться, пока Луна все сильнее закрывала Солнце.

В порядке подготовки к полной фазе был распакован, собран и установлен на монтировку рефрактор Agema SD-130, с помощью компаса выставлена полярная ось и проверен электропривод часового ведения. Фокусировка производилась по вершинам удаленных холмов. В свободные минуты имелась возможность посмотреть на солнечный серп в бинокль (правда, только в одну его «половинку», по

<sup>5</sup> ВПВ №4, 2006, стр. 4

▼ Томас Мощук, преподаватель лондонского Ньюэм-колледжа (Thomas Moszczuk, Newham College of Further Education), во время затмения 21 августа в штате Вайоминг сделал этот снимок солнечной короны с помощью техники широкого динамического диапазона. Хорошо видны детали лунного диска, освещенные «пепельным светом» — солнечными лучами, отраженными от Земли. Протуберанец у правого края Луны в процессе компьютерной обработки стал выглядеть темно-красным.



▼ Это изображение составлено из семи кадров, отснятых 21 августа 2017 г. в окрестностях городка Бэннер (штат Вайоминг). На нем запечатлен пролет МКС на фоне солнечного диска, частично закрытого Луной. Частные фазы затмения наблюдались на всей территории Северной Америки, в Гренландии, на севере Южной Америки, а также на Чукотке, Гавайях, островах Северной Атлантики, на западе Европы и северо-западе Африки.



сколько в наличии имелся один солнечный фильтр). Вблизи центра Солнца располагалась цепочка из трех довольно крупных пятен, последовательно закрывавшихся Луной.

При всех предыдущих солнечных затмениях (в том числе и частных с величиной фазы более 70%), виденных автором, многие наблюдатели отмечали интересный эффект: снижение освещенности происходило не плавно, а как бы «ступеньками» — вдруг в какой-то момент все хором

замечали, что вокруг стало темнее. В этот раз ничего подобного не было. Темнота наступала постепенно, и даже когда до полной фазы оставалось около получаса, невозможно было сходу определить, что происходит затмение — это становилось понятным лишь при взгляде на Солнце через светофильтр или по необычной форме теней... или по изображениям светила, полученным при прохождении его лучей через небольшие отверстия в непрозрачном экране: они



имели характерную серповидную форму.

После одиннадцати часов небо достаточно потемнело, чтобы попытаться найти на нем первую яркую планету — Венеру. Это удалось в 11:07 Александру Наумову; чуть позже ее смогли без труда увидеть и все остальные. Через полчаса «фотографическая команда» заняла места у телескопа в ожидании появления солнечной короны. Автор статьи, вооруженный планшетом в режиме видеозаписи, склонился над специально расстеленным одеялом в надежде заснять «бегущие тени» — необычное явление, сопровождающее наступление полной фазы. Но все эти старания ни к чему не привели: «тени» так и не появились. Возможно, причиной их отсутствия была значительная высота Солнца над горизонтом (почти  $55^\circ$ ). «Четки Бэйли» — последние «искры» солнечного диска, просвечивающие сквозь неровности лунного лимба непосредственно перед началом полного затмения — невооруженным глазом наблюдались в единственном числе, а при взгляде на светило в бинокль (с него предварительно был снят фильтр) и эта одинокая «четка» успела исчезнуть.

Вид представшей после этого во всей красе солнечной короны с двумя мощными лучами, простиравшимися вверх, и одним — вниз, вполне соответствовал минимуму активности, который сейчас переживает Солнце. Невооруженному глазу она казалась розовато-оранжевой, вооруженному — бледно-желтой. Поиски комет в непосредственной близости от светила, предпринятые с помощью бинокля, оказались безрезультатными. Практически на фоне короны был прекрасно виден Регул ( $\alpha$  Льва); уверенно найти его невооруженным глазом не удалось. Зато правее и выше Солнца стал хорошо заметен красноватый Марс, а выше Венеры «проявились» Кастор и Поллукс — две самых ярких

звезды созвездия Близнецов. Низко над горизонтом, окаймленным оранжевым «заревым кольцом», сиял Сириус. С его помощью было уже несложно найти и остальные вершины «зимнего треугольника» — желтоватый Процион и оранжевую Бетельгейзе. Правее последней просматривался Пояс Ориона, а еще дальше, почти у края надвигавшегося облачного поля, светился Ригель ( $\beta$  Ориона). Ту часть неба, где располагались Арктур и Юпитер, облака уже закрыли.



В целом во время полной фазы небо и окружающий ландшафт потемнели достаточно сильно — примерно как в середине навигационных сумерек (при глубине погружения Солнца под горизонт на  $8-9^\circ$ ). Из-за этого, к сожалению, не удалось засечь момент ее начала: на часах просто не была видна секундная стрелка, а на то, чтобы включить подсветку, ушло несколько драгоценных мгновений... Интересно, что звезду Альфард ( $\alpha$  Гидры) — самый слабый объект, наблюдавшийся невооруженным глазом в ходе затмения 11 августа 1999 г. — в этот раз даже в бинокль рассмотреть не получилось. Аналогичная неудача произошла и с Меркурием, который как раз приближался к нижнему соединению и имел блеск ниже 3-й звездной вели-

чины. Недоступным биноклю также оказалось и рассеянное скопление М44 «Ясли». Последние секунды полной фазы ушли на рассмотрение трех ярких малиново-красных протуберанцев, четко видимых у правого и верхнего края лунного диска, и на попытки разглядеть на этом диске следы «пепельного света» (в целом неудачные). И вот — как всегда, неожиданно — из-за края Луны показался первый солнечный лучик. Это произошло в 11 часов 44 минуты 57 секунд по местному времени.

А еще примерно через пять минут Солнце скрылось за первым облачком.

## Обратный путь

Практически сразу после окончания полной фазы многочисленные наблюдатели начали грузить в автомобили свое оборудование, сниматься с места и быстро разъезжаться, чтобы не попасть в обещанные заторы. Теперь стало частично понятным поведение тех, кто не пожелал сильно «углубляться» в полосу затмения: они в них почти наверняка не попали. По грунтовой дороге потянулся нескончаемый поток пылящих машин. «Встраиваться» в него было сложно, да и на укладку телескопа с монтировкой обратно в «Ниссан»

требовалось довольно много времени.

...Когда Луна уже почти сошла с солнечного диска, поток начал немного редеть, и наша астрозекспедиция, наконец, отправилась в обратный путь. Непривычно выглядели федеральные трассы, загруженные только в одном направлении — встречные автомобили можно было, пожалуй, пересчитать по пальцам. Похоже, что прогноз касательно «18 миллионов желающих увидеть затмение» с лихвой оправдался. Встречный ветер постепенно сдувал с заднего стекла розовую пыль Вайоминга...

Короткая дорога в Лэреми была по какой-то причине перекрыта, и в город пришлось возвращаться по шоссе Interstate 80. К счастью, это шоссе и все прилегающие заправочные станции оказались не сильно загруженными. Проблемы начались на трассе №25, куда, так или иначе, съехалась основная часть наблюдателей затмения. Однако и там серьезных заторов встретилось только три, поэтому следующей цели экспедиции — международного аэропорта Денвера — удалось достичь в запланированное время (к девяти часам вечера). Но это означало не возвращение в Киев, а начало еще одного путешествия — к знаменитому радиотелескопу Арецибо, о котором пойдет речь в одном из следующих номеров нашего журнала.

Подводя итоги наблюдений полного солнечного затмения 21 августа 2017 г., можно сказать, что большинство поставленных задач во время него было выполнено, и добавок — приобретен ценный опыт астрозекспедиций в Соединенные Штаты, что весьма немаловажно, поскольку полоса следующего подобного затмения в Северном полушарии с продолжительностью полной фазы более четырех минут снова пройдет по территории США (а также Мексики и Канады). Это случится 8 апреля 2024 г.



# Солнце неожиданно активизировалось

**В** настоящее время наше светило находится на спаде 24-го цикла своей активности, пик которого был пройден еще в 2014 г. Это значит, что на поверхности Солнца наблюдается все меньше пятен (в первой половине текущего года на протяжении нескольких месяцев их не было вовсе), а солнечные вспышки происходят достаточно редко и характеризуются небольшой интенсивностью.<sup>1</sup>

Однако это не означает, что до фазы роста следующего цикла Солнце не преподнесет нам сюрпризов. Наоборот, в первые дни осени оно решило «напомнить о себе» весьма впечатляющим образом. В начале 4 сентября в 8 часов 33 минуты по всемирному времени орбитальная обсерватория SDO (Solar Dynamics Observatory)<sup>2</sup> зарегистрировала в активном регионе AR 2673 вспышку среднего класса мощности, которой присвоили индекс M5.5.<sup>3</sup> А 6 сентября 2017 г. светило «разбушевалось» не на шутку: на интервале менее 10 часов в том же регионе произошло целых три вспышки высокого класса — X1.9, X2.2 и X9.3. Пик последней пришелся на 12:02 UT. Она стала самым мощным подобным событием за весь текущий цикл активности и вообще с сентября 2005 г. (когда на поверхно-

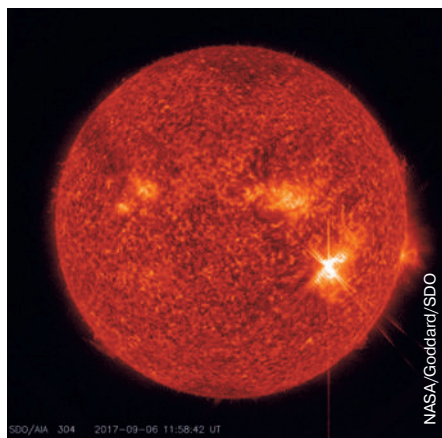
сти нашей звезды наблюдалась вспышка класса X17.0).

Эта вспышка сопровождалась мощным корональным выбросом массы, который оказался направленным в сторону Земли. В ночь с 8 на 9 сентября во многих местностях вплоть до 50° северной и южной широты наблюдались полярные сияния, а сложности с радиосвязью продолжались почти двое суток.

Наконец, 10 сентября в 16:06 UT, незадолго до того, как область AR 2673 скрылась за солнечным лимбом, она «произвела» вспышку класса X8.2 —

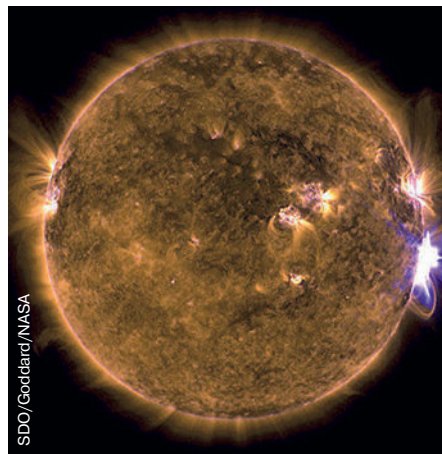
седьмую за последнюю неделю. После нее специалисты отметили резкое повышение уровня эмиссии релятивистских протонов в межпланетном пространстве. Получив эту информацию, Центр управления полетами выдал экипажу Международной космической станции<sup>4</sup> предписание укрыться на несколько часов в специальных помещениях с противорадиационной защитой, имеющихся на борту орбитального комплекса. Также пришлось отменить выход астронавтов в открытый космос, который должен был состояться в ближайшие дни.

<sup>4</sup> ВПВ №12, 2008, стр. 4



▲ Мощная солнечная вспышка, сфотографированная 6 сентября обсерваторией SDO на длине волны 30,4 нм (линия ионизированного гелия, дальний ультрафиолетовый диапазон)

▼ Последнюю вспышку в активном регионе 2673, достигшую мощности X8.2, обсерватория SDO зарегистрировала 10 сентября 2017 г.

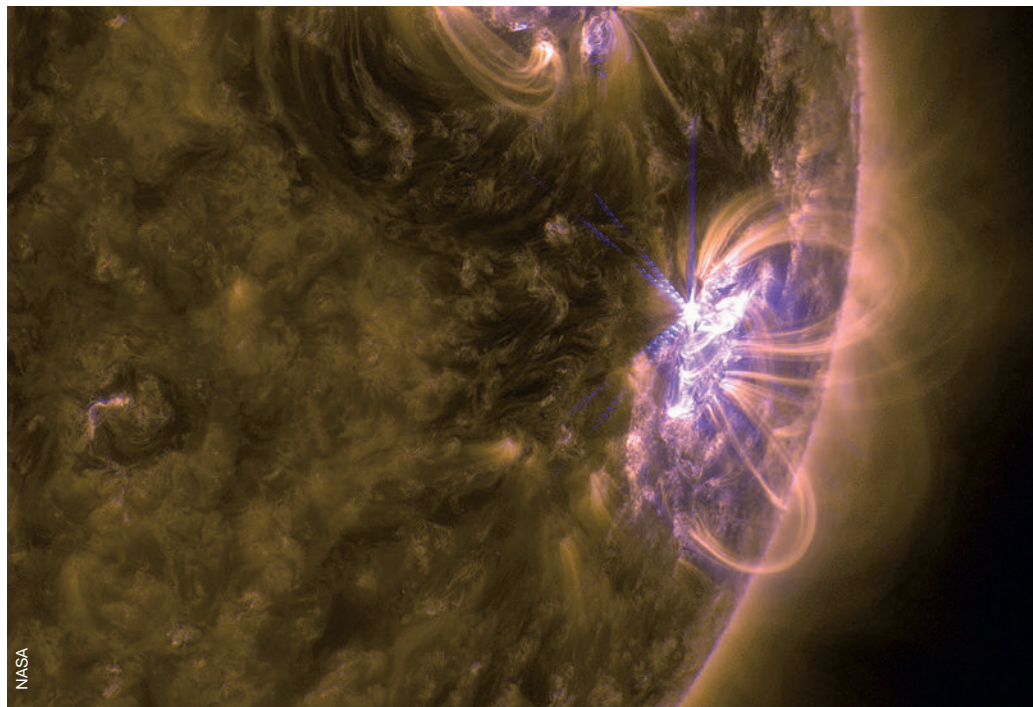
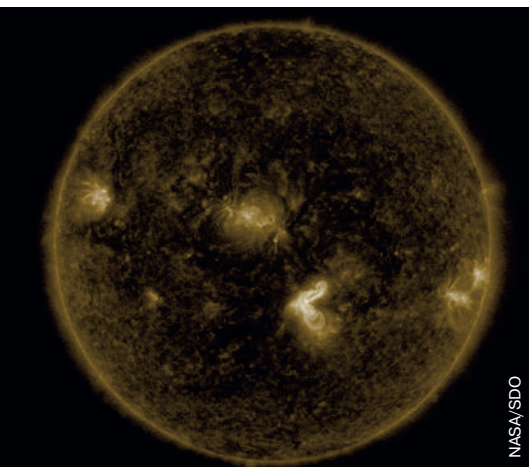


<sup>1</sup> ВПВ №9, 2011, стр. 16; №3, 2012, стр. 4; №8, 2016, стр. 4; №9, 2016, стр. 16

<sup>2</sup> ВПВ №2, 2010, стр. 26

<sup>3</sup> Солнечным вспышкам в зависимости от интенсивности присваивается индекс A, B, C, M или X. Каждая последующая буква обозначает увеличение мощности вспышки на порядок. Число уточняет значение интенсивности: для первых четырех классов оно может принимать значение от 1.0 до 9.9, для событий категории X верхний предел не ограничен.

▼ Первая вспышка в регионе AR 2673, ознаменовавшая нынешнюю активизацию Солнца, была сфотографирована спутником SDO (NASA) 4 сентября 2017 г.



▲ Солнечная вспышка среднего уровня мощности, наблюдавшаяся 8 сентября 2017 г., после наиболее мощного события серии (ее пик пришелся на 7:49 UT).



# Небесные события ноября

## ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

**Меркурий** в конце ноября удалится от Солнца к востоку на достаточно большое угловое расстояние ( $22^\circ$ ), однако продолжительность его последней в текущем году вечерней видимости на широте Киева не превысит 25 минут. Более южные регионы имеют в этом смысле заметное преимущество. Вечером 20 ноября недалеко от планеты на небе окажется узкий серп молодой Луны.

**Венера** с каждым днем видна все хуже, и лишь благодаря высокой яркости ее несложно найти на предрассветном небе, за час-полтора до восхода Солнца (в зависимости от даты и места наблюдений). Утром 13 ноября она пройдет примерно в четверти градуса от **Юпитера**, незадолго до этого вышедшего из соединения с дневным светом; на самом деле в пространстве их будет разделять 4,75 а.е (710 млн км). Условия видимости обеих планет в наших широтах скорее неблагоприятны.

**Марс** также виден по утрам, его угловое расстояние от Солнца к середине месяца достигнет почти  $40^\circ$ , и к началу утренних гражданских сумерек он будет подниматься над юго-восточным горизонтом на  $25-30^\circ$ . Впрочем, заметить какие-то детали на диске планеты диаметром около 4" исключительно сложно даже в достаточно мощные телескопы (при очень спокойной атмосфере это удастся сделать с помощью инструментов с апертурой

12-13 см и более, дающих увеличение порядка 200 крат).

**Сатурн**, наоборот, может с большим трудом наблюдаться лишь в самом начале ноября почти сразу после того, как немного стемнеет. После заката планета быстро прячется за горизонтом и к середине месяца практически скрывается в окосолнечном ореоле. К Солнцу и Земле, как и все последние 7 лет, повернут северный сатурнианский полюс.

**Уран** в ноябре еще не успеет значительно удалиться от точки противостояния, поэтому он прекрасно виден на протяжении всей ночи, кульминируя примерно за 2 часа до местной полуночи. Уранианский диск (его угловой размер составит менее 4 секунд, и чтобы его рассмотреть, понадобится как минимум 60-кратное увеличение) не продемонстрирует заметных деталей даже при наблюдениях в крупные телескопы, но саму планету можно попытаться увидеть невооруженным глазом — в безлунные ночи и вдали от источников искусственной засветки.

Условия видимости **Нептуна** несколько хуже: в наших широтах он поднимается над горизонтом на  $30-35^\circ$ , а отыскать его на небосводе без хотя бы небольшого бинокля невозможно (для этого понадобится также звездная карта с объектами до 8-й величины, чтобы отличить планету от фоновых звезд). Угловой диаметр нептунианского диска лишь немного превышает

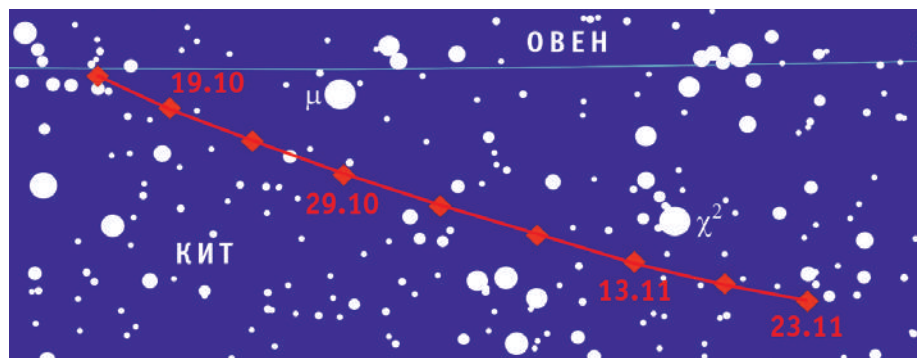
2". Его удастся разглядеть с применением примерно 100-кратного увеличения, а инструменты с апертурой свыше 200 мм на темном небе продемонстрируют Тритон — крупнейший спутник ледяного гиганта — как слабую звездочку 13-й величины.

## ЯВЛЕНИЯ В ГЛАВНОМ ПОЯСЕ АСТЕРОИДОВ

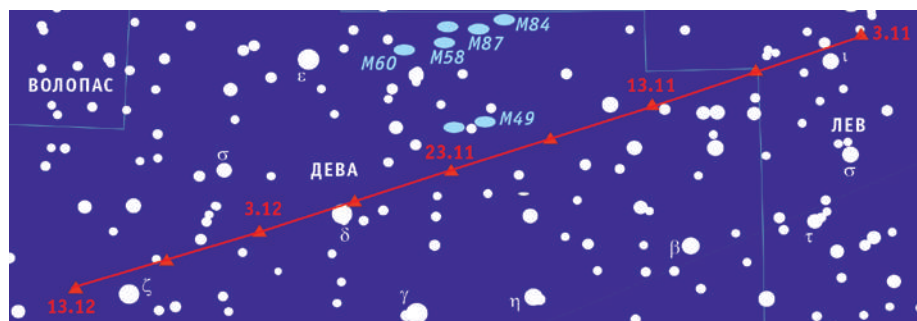
Перед рассветом первого дня последнего осеннего месяца произойдет довольно редкая оккультация звезды, видимой невооруженным глазом: астероид Якаге (9719 Yakage), наибольший размер которого оценивается в 20 км, закроет звезду 5-й величины 64 Близнецов. Полоса наиболее вероятного покрытия пересечет север Эстонии, юг Финляндии, почти всю Ленинградскую область, юг Архангельской области и Республики Коми, а также северную часть Вологодской области и Пермского края (где явление будет наблюдаться уже на светлом небе). Максимальная продолжительность «исчезновения» звезды может превысить полторы секунды.

2 ноября один из самых светлых объектов главного астероидного пояса — 100-километровая Ниса<sup>1</sup> (44 Nysa) — окажется в оппозиции Солнцу, кульминируя около полуночи и перемещаясь по созвездию Кита попятным движением чуть южнее небесного экватора. Поскольку гелиоцен-

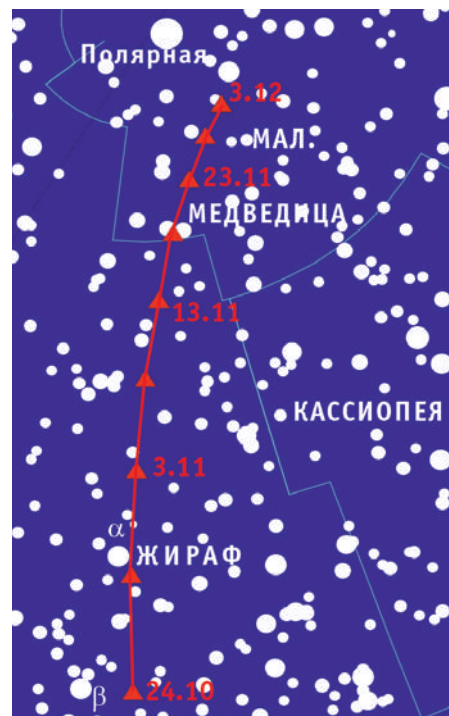
<sup>1</sup> На самом деле Ниса имеет вытянутую форму с максимальным размером около 115 км и минимальным — 60 км. Возможно, она является контактным двойным астероидом.



▲ Видимый путь астероида Ниса (44 Nysa) в октябре-ноябре 2017 г.



▲ Видимый путь кометы Шомасса (24P/Schaumasse) в ноябре-декабре 2017 г.



▲ Видимый путь кометы ASASSN (C/2017 O1) в октябре-ноябре 2017 г.

трическое расстояние астероида при этом окажется несколько больше среднего, его видимый блеск лишь слегка превысит 10-ю звездную величину.

**НОЯБРЬСКИЕ КОМЕТЫ**

19 июля текущего года в ходе обзора небесной сферы ASASSN<sup>2</sup> была найдена параболическая комета, которая должна пройти перигелий (ближайшую к Солнцу точку орбиты) 14 октября. Тремя днями позже произойдет ее сближение с Землей до расстояния 0,724 а.е. (108 млн км). При открытии «хвостатая звезда» имела интегральный блеск около 15<sup>m</sup>, но далее она очень быстро наращивала яркость, поэтому ожидается, что в указанные даты мы сможем наблюдать ее как объект 8-й звездной величины. Весь ноябрь комета будет перемещаться по созвездиям Жирафа и Малой Медведицы, оставаясь незаходящей для средних широт Северного полушария. Максимального склонения (более 86°) она достигнет уже в начале декабря, когда ослабеет примерно до 10<sup>m</sup>.

Известная короткопериодическая комета Шомасса (24P/Schaumasse), возвращающаяся к Солнцу каждые 8 лет и 2 месяца, в нынешнем году пройдет перигелий 16 ноября, находясь при этом

довольно далеко от Земли. Тем не менее, благодаря достаточно крупному размеру ядра ее видимый блеск должен превысить 10-ю величину, и она станет доступной небольшим любительским телескопам, восходя перед рассветом и к началу навигационных сумерек поднимаясь над горизонтом почти на 40° (при этом ее элонгация весь месяц будет около 55°). Следующее появление кометы в начале 2026 г. обещает быть намного более благоприятным.

**МЕТЕОРЫ ПОСЛЕДНЕГО ОСЕННЕГО МЕСЯЦА**

На самое начало ноября приходится пик активности Южных Таурид — метеорного потока, оставшегося после множества пролетов короткопериодической кометы Энке (2P/Encke).<sup>3</sup> В это время на протяжении часа иногда наблюдается до двух десятков «падающих звезд», относящихся к данному рою. Позже начинает активизироваться северная «ветка» того же потока — ее зенитное часовое число может достичь 30.

<sup>2</sup> All-Sky Automated Survey for Supernovae — Автоматический обзор неба с целью поиска сверхновых. Новая комета, получившая обозначение C/2017 O1, стала первой, открытой в ходе этого обзора.  
<sup>3</sup> ВПВ №2, 2007, стр. 36; №12, 2007, стр. 17; №6, 2008, стр. 10

Знаменитый поток Леонид, порожденный кометой Темпеля-Таттла<sup>4</sup> (55P/Tempel-Tuttle), действует на протяжении почти всего ноября. Каждые 32-33 года, когда его «материнская» комета сближается с Солнцем, он украшает земное небо мощными «звездными дождями». В текущем году его максимальная интенсивность ожидается на уровне 20-30 метеоров в час. Зенитное часовое число роя Андромедид,<sup>5</sup> оставшегося «на память» о распавшейся комете Биэла (3D/Biela),<sup>6</sup> даже в районе пика, приходящегося на 26 ноября, не превысит 10.

**МАКСИМУМ ЯРКОЙ МИРИДЫ**

Также в первых числах ноября ожидается очередной максимум долгопериодической переменной звезды  $\chi$  Лебеда — наиболее яркого объекта данного класса в северном полушарии небесной сферы. Ее блеск может достичь 4-й звездной величины. Такие переменные астрономы называют «мириды» в честь Миры (о Кита)<sup>7</sup> — первого их представителя, открытого еще в XVI веке.





<sup>4</sup> ВПВ №10, 2005, стр. 44  
<sup>5</sup> Примерные координаты радианта:  $\alpha=1^h52^m$ ,  $\delta=38^\circ$   
<sup>6</sup> ВПВ №4, 2006, стр. 21  
<sup>7</sup> ВПВ №10, 2007, стр. 38

**КАЛЕНДАРЬ АСТРОНОМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ (НОЯБРЬ 2017 Г.)**

- |   |  |
|---|--|
| <p>1 2:40-2:47 Астероид Якаге (9719 Yakage, 18<sup>m</sup>) закрывает звезду 64 Близнецов (5,1<sup>m</sup>). Зона видимости: полоса от севера Эстонии и Ленинградской области до юга Республики Коми и севера Пермского края<br/>Максимум активности метеорного потока Южные Тауриды (до 20 метеоров в час; координаты радианта: <math>\alpha=3^h28^m</math>, <math>\delta=14^\circ</math>)<br/>Максимум блеска долгопериодической переменной звезды <math>\chi</math> Лебеда (4,5<sup>m</sup>)</p> <p>2 Астероид Ниса (44 Nysa, 9,5<sup>m</sup>) в противостоянии, в 1,290 а.е. (193 млн км) от Земли</p> <p>3 4<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,98</math>) в 4° южнее Урана (5,7<sup>m</sup>)<br/>23-24<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=1,00</math>) закрывает звезду <math>\xi^2</math> Кита (4,3<sup>m</sup>) для наблюдателей севера европейской части РФ</p> <p>4 5:23 Полнолуние</p> <p>5 1-2<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,99</math>) закрывает звезду 5 Тельца (4,1<sup>m</sup>). Явление видно на севере Эстонии и европейской части РФ<br/>19-22<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,96</math>) закрывает звезду <math>\gamma</math> Тельца (3,6<sup>m</sup>) для наблюдателей Беларуси, Молдовы, Украины, стран Балтии, европейской части РФ (кроме Северного Кавказа), северо-запада Казахстана, Западной и Центральной Сибири, севера Якутии и Дальнего Востока</p> <p>6 0<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,95</math>) в перигее (в 361437 км от центра Земли)<br/>0-1<sup>h</sup> Луна закрывает звезду <math>\theta^1</math> Тельца (3,8<sup>m</sup>). Явление видно на Кольском полуострове, на севере Карелии, Архангельской обл., Республики Коми и Западной Сибири<br/>3-4<sup>h</sup> Луна закрывает Альдебаран (<math>\alpha</math> Тельца, 0,8<sup>m</sup>) для наблюдателей Беларуси, Молдовы, Украины, стран Балтии, европейской части РФ (кроме Северного Кавказа и Нижнего Поволжья)</p> <p>7 0-2<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,89</math>) закрывает звезду 119 Тельца (4,3<sup>m</sup>). Явление видно в Беларуси, Молдове, Украине, странах Балтии, европейской части РФ, в Западной Сибири, на западе Казахстана и Южном Кавказе</p> <p>10 20:35 Луна в фазе последней четверти</p> <p>11 14-16<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,42</math>) закрывает Регул (<math>\alpha</math> Льва, 1,3<sup>m</sup>) для наблюдателей Дальнего Востока</p> <p>12 17-19<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,30</math>) закрывает звезду <math>\chi</math> Льва (4,6<sup>m</sup>). Явление видно в Якутии и на севере Дальнего Востока</p> | <p>13 1-3<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,26</math>) закрывает звезду <math>\sigma</math> Льва (4,0<sup>m</sup>) для наблюдателей стран Балтии, Беларуси, северной половины европейской части РФ и Западной Сибири<br/>8<sup>h</sup> Венера (-3,9<sup>m</sup>) в 0,3° севернее Юпитера (-1,7<sup>m</sup>)<br/>19<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,20</math>) в 5° южнее кометы Шомасса (24P/Schaumasse, 9,5<sup>m</sup>)<br/>Максимум активности метеорного потока Северные Тауриды (до 30 метеоров в час; радиант: <math>\alpha=3^h31^m</math>, <math>\delta=21^\circ</math>)</p> <p>15 1<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,11</math>) в 3° севернее Марса (1,8<sup>m</sup>)<br/>19<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,07</math>) в 6° севернее Спики (<math>\alpha</math> Девы, 1,0<sup>m</sup>)</p> <p>16 23<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,02</math>) в 3° севернее Юпитера (-1,7<sup>m</sup>)<br/>Комета Шомасса (24P/Schaumasse, 9,5<sup>m</sup>) в перигелии, в 1,206 а.е. (180 млн км) от Солнца</p> <p>17 9<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,01</math>) в 3° севернее Венеры (-3,9<sup>m</sup>)<br/>Максимум активности метеорного потока Леониды (20-30 метеоров в час; радиант: <math>\alpha=10^h13^m</math>, <math>\delta=22^\circ</math>)</p> <p>18 11:42 Новолуние</p> <p>20 12<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,04</math>) в 6° севернее Меркурия (0,3<sup>m</sup>)</p> <p>21 0<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,06</math>) в 3° севернее Сатурна (0,5<sup>m</sup>)<br/>19<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,09</math>) в апогее (в 406130 км от центра Земли)</p> <p>22 21<sup>h</sup> Нептун (7,9<sup>m</sup>) проходит конфигурацию стояния<br/>Комета Шомасса (24P/Schaumasse, 9,5<sup>m</sup>) в 1,460 а.е. (218 млн км) от Земли</p> <p>23 11-12<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,21</math>) закрывает звезду 56 Стрельца (4,8<sup>m</sup>). Явление видно на юге Центральной Сибири и в Восточном Казахстане</p> <p>24 1<sup>h</sup> Меркурий (-0,3<sup>m</sup>) в наибольшей восточной элонгации (в 22°00' от Солнца)</p> <p>26 17:03 Луна в фазе первой четверти</p> <p>27 6<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,56</math>) в 2° южнее Нептуна (7,9<sup>m</sup>)<br/>19-20<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,60</math>) закрывает звезду <math>\chi</math> Водолея (4,9<sup>m</sup>) для наблюдателей юга Украины, Северного и Южного Кавказа, Нижнего Поволжья, Западного Казахстана</p> <p>30 11<sup>h</sup> Луна (<math>\Phi=0,86</math>) в 5° южнее Урана (5,7<sup>m</sup>)</p> |
|---|--|

Время всемирное (UT)











	Полнолуние	05:23 UT	4 ноября
	Последняя четверть	20:35 UT	10 ноября
	Новолуние	11:42 UT	18 ноября
	Первая четверть	17:03 UT	26 ноября

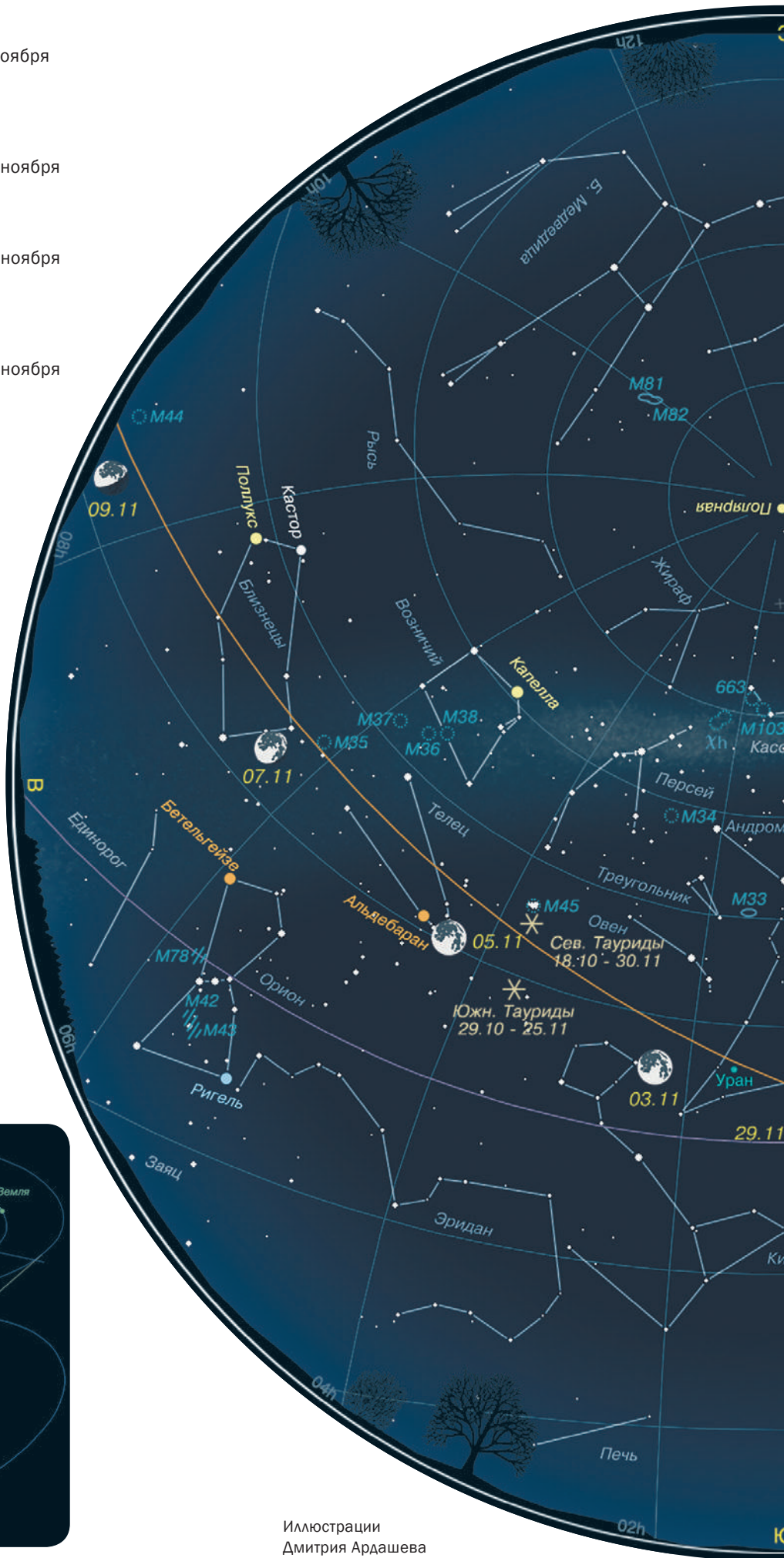
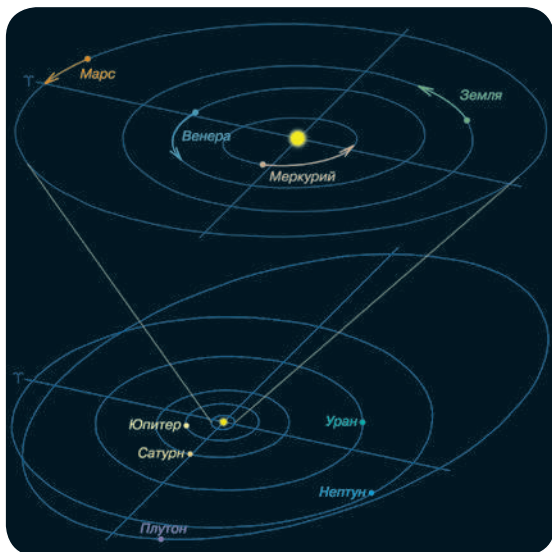
Вид неба на 50° северной широты:  
 1 ноября — в 23 часа местного времени;  
 15 ноября — в 22 часа местного времени;  
 30 ноября — в 21 час местного времени

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 ноябре 2017 г.



Иллюстрации  
 Дмитрия Ардашева





# КНИГИ

## Редакционный обзор самых популярных изданий по астрономии



### СКРЫТАЯ РЕАЛЬНОСТЬ Брайан Грин

Автор бестселлеров «Элегантная Вселенная» и «Ткань космоса» представляет свою новую книгу, в которой рассматривается необычный вопрос: является ли наша Вселенная единственной?

Было время, когда слово «вселенная» означало «все сущее». Однако последние достижения науки наталкивают нас на мысль, что наша Вселенная может быть далеко не единственной. Идеи о множественности миров подпитываются результатами научных исследований как на микроуровне, так и на гигантских космических масштабах. Возможно ли, что эти строки вместе с вами читают ваши многочисленные двойники в других мирах? А вдруг просторы космоса заполнены дочерними вселенными? А может, существуют вселенные, которые пульсируют в бесконечных циклах времени? А что, если все варианты, допускаемые квантовой механикой, на самом деле становятся реальностью, но каждый — в своей отдельной вселенной? Брайан Грин в своем блестящем стиле, с красивыми аналогиями и яркими примерами, живым динамичным языком без привлечения абстрактных формул рисует удивительно богатый мир мультивселенных и предлагает читателям проследовать вместе с ним через параллельные миры по пути, ведущему к познанию истины. Автор также поднимает вопрос о том, как может развиваться научное знание в условиях, когда изучению доступна лишь малая толика реальности.

★ ★ ★ ★ ☆



### Будущее разума Митио Каку

Прямое мысленное общение с компьютером, телекинез, имплантация новых навыков непосредственно в мозг, видеозапись образов, воспоминаний и снов, телепатия, аватары и суррогаты как помощники людей, экзоскелеты, управляемые мыслью, искусственный интеллект — все это наше

недалекое будущее. В ближайшие десятилетия мы научимся форсировать свой мозг при помощи генной терапии, лекарств и магнитных приборов. Изменится характер работы и общения в социальных сетях, процесс обучения и в целом человеческое развитие. Будут побеждены многие неизлечимые болезни... Готов ли наш разум к будущему? Что его там ждет? На эти вопросы, опираясь на последние исследования в области физики и нейробиологии, отвечает Митио Каку — один из создателей теории струн, сотрудник Института перспективных исследований в Принстоне и Нью-Йоркского университета, футуролог, автор популярных бестселлеров «Физика невозможного» и «Физика будущего», переведенных на десятки языков. Сложные идеи из области нанотехнологий, искусственного интеллекта и освоения космоса он преподносит в максимально доступной форме.

★ ★ ★ ★ ★



### АСТЕРОИДНО-КОМЕТНАЯ ОПАСНОСТЬ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА Борис Шустов

Астероидно-кометная опасность — угроза столкновения Земли с малыми телами Солнечной системы — осознается в наши дни как комплексная глобальная проблема, стоящая перед человечеством. В предлагаемой вниманию наших читателей коллективной монографии впервые обобщена информация по всем ее аспектам. Рассмотрены современные представления о свойствах малых тел и эволюции их ансамбля, проблемы их обнаружения и мониторинга, обсуждаются вопросы оценки уровня угрозы и возможных последствий падения этих тел на Землю, способы защиты и уменьшения ущерба, а также пути развития международного сотрудничества в данной сфере.

★ ★ ★ ★ ☆

Эти и другие книги Вы можете купить в Интернет-магазине [3planeta.com.ua](http://3planeta.com.ua)

## КНИГА МЕСЯЦА



### ПРОГРАММИРУЯ ВСЕЛЕННУЮ. КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР И БУДУЩЕЕ НАУКИ

Сет Ллойд

Не только различные макроскопические объекты, но и каждый атом Вселенной способен хранить информацию. Акты взаимодействия атомов можно описать как элементарные логические операции, при которых меняют свои значения квантовые биты — элементарные единицы квантовой информации. Вселенная все время обрабатывает информацию: фактически она представляет собой квантовый компьютер огромного размера, непрерывно вычисляющий собственное будущее. Парадоксальный, но многообещающий подход профессора инженерной механики Массачусетского технологического института Сета Ллойда позволяет элегантно решить вопрос о постоянном усложнении нашего мира: ведь даже случайная и очень короткая программа в ходе своего исполнения на компьютере может дать крайне интересные результаты. Такие фундаментальные события, как зарождение жизни, появление полового размножения и разума можно и должно рассматривать как последовательные революции в обработке информации.

★ ★ ★ ★ ★



# ТЕОРИЯ СТРУН И ТКАНЬ ПРОСТРАНСТВА- ВРЕМЕНИ

**БРАЙАН ГРИН**

Американский физик-теоретик, профессор Колумбийского университета, Нью-Йорк, США

*String Theory and the Fabric of Spacetime*

**BRIAN GREENE**

Columbia University, New York, USA

LIFE AND THE UNIVERSE  
**STARMUS**

Доклад прочитан 19 июня 2017 г.  
на фестивале STARMUS (Тронхейм, Норвегия)  
Перевод: Валерия Ковеза  
Редактор перевода: Владимир Сурдин



Одна из центральных задач современной физики состоит в разрешении конфликта между описанием гравитации Общей теорией относительности и квантовой механикой. Уже долгое время эта проблема беспокоит умы ученых и просто интересующихся наукой людей.

Сравнительно недавно появился подход, дающий возможность разрешить это противоречие — теория струн. Постараюсь не столько сосредоточиться на разъяснении самой этой теории, сколько показать, каким образом один из результатов, полученных в ходе исследований с ее применением, может помочь в решении упомянутой проблемы.

Пытаясь визуализировать пространство-временной континуум, мы часто прибегаем к различного рода метафорам. Например, Адам Рисс (Adam Riess) предлагал нам представить космос в виде раздувающегося в печи кекса, считая все, что мы наблюдаем вокруг, заключенным внутри огромного маффина. Кроме того, по отношению к пространству-времени часто используется понятие «ткань» (ткань пространства-времени). Вопрос в том, удастся ли нам когда-нибудь отойти от метафорического представления и понять, из чего же на самом деле состоит пространство.

Именно над решением этой загадки десятилетиями трудятся мои коллеги, и лично я вот уже более 30 лет работаю в этом направлении. Удивительно, но на данный момент в своем поиске некоторые ученые — такие теоретики, как Леонард Сасскинд (Leonard Susskind) и многие другие — уже достаточно близки к успешному пониманию того, из чего состоит пространство. К сожалению, в коротком докладе нет возможности пояснить все аспекты теории, но надеюсь, что под конец у вас сложится общее представление о том, на чем основываются и к чему ведут эти передовые исследования.

То, о чем я собираюсь рассказать, фактически базируется на двух основополагающих открытиях. Оба они были сделаны в 1935 г. и связаны с именем Альберта Эйнштейна (Albert Einstein). Я постараюсь, чтобы к концу моего выступления у вас осталось ощущение того, насколько невероятными оказались выводы, полученные благодаря этим открытиям, насколько шокирующими стали бы результаты их объединения для самого Эйнштейна и насколько они важны для понимания того, из чего же состоит ткань пространства.

Перед тем, как перейти к сути, позвольте предоставить вам немного вводной информации. Первая попытка понять и научно объяснить гравитационное вза-

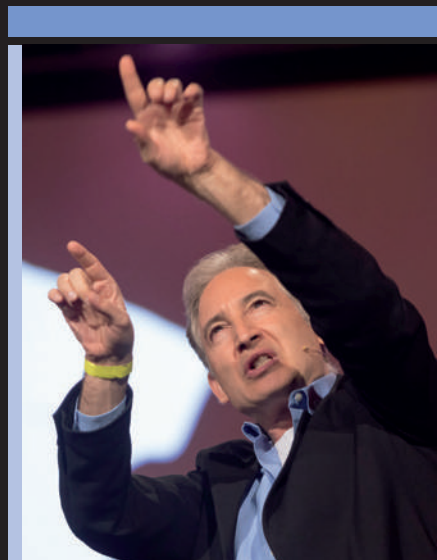
имодействие принадлежит, как известно, Ньютону (Isaac Newton). Именно этот выдающийся ученый дал нам представление о том, какие законы управляют движением Луны вокруг Земли и планет вокруг Солнца, выведя простую формулу, известную теперь каждому школьнику. С ее помощью можно вычислить и предсказать движение небесных тел, связанных гравитацией, а также рассчитать силу притяжения между ними.

Несмотря на то, что выведение этой простой и элегантной формулы — закона всемирного тяготения — стало великим достижением Ньютона, значение которого сложно переоценить, сам он понимал, что такое описание гравитации не является полным: что-то важное ускользнуло и осталось неучтенным. Это упущение не давало ему покоя. Дело в том, что он вывел уравнение, используя которое, можно предсказать движение тел под действием гравитации — но оно не давало описания самой природы и происхождения этой силы. Формула позволяет рассчитать силу притяжения, но умалчивает о механизмах, с помощью которых, например, Солнце оказывает гравитационное влияние на Землю.

Разгадать эту загадку Ньютон так и не смог. Возможность предоставить объяснение позже использовал Альберт Эйнштейн: он сумел предложить описание того, как именно работает гравитация. Большинству из вас оно знакомо как Общая теория относительности (ОТО).

В рамках этой теории пространство-время представляется как трехмерная арена, на которой разворачиваются все события. Как и двумерная поверхность обычной ткани, трехмерная ткань пространства-времени ровная и гладкая, пока на нее не поместят массивный объект — например, Солнце. В таком случае она под ним прогибается, образуя искривление пространства-времени. Такое же влияние на него оказывает своей массой и Земля, но самое интересное здесь то, каким образом это искривление направляет Луну по ее орбите: наш спутник движется внутри воронки, образованной в «продавленном» Землей пространстве-времени, словно шарик для пинг-понга, скатывающийся по стенкам углубления на поверхности простыни, на которую положили тяжелый шар для боулинга.

Аналогичным образом Земля удерживается на своей орбите вокруг Солнца: она движется внутри такой же воронки, образованной в ткани пространства-времени массой нашей звезды. Именно в этом и состояло революционное открытие Эйнштейна. Впервые он начал задумываться над ним в 1907 или 1908 г., но ему потребовалось еще 7-8 лет на то, чтобы все

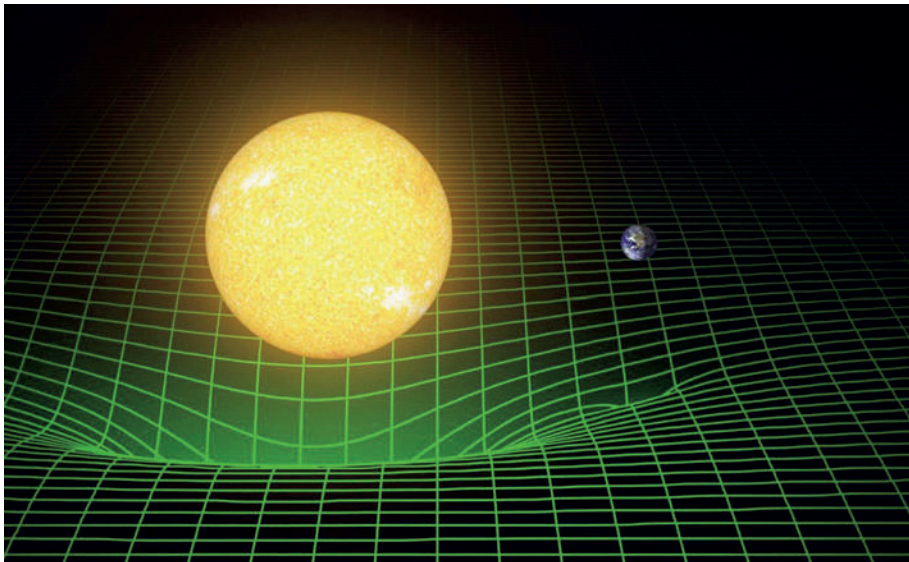


Наш журнал уже не первый раз публикует лекции Брайана Грина (Brian Greene) — известного американского физика, а кроме того — талантливого писателя, ведущего научно-популярных телепрограмм, обладающего талантом доступно объяснять природу окружающего нас мира. Будущий ученый родился 9 февраля 1963 г. в Нью-Йорке, в 1980 г. стал студентом Гарвардского университета, где получил степень бакалавра по физике, диссертацию защитил в 1987 г. в Оксфордском университете (Великобритания), а в 1990 г. начал работать на физическом факультете Корнельского университета (Итака, штат Нью-Йорк). С 1996 г. — профессор физики и математики Колумбийского университета. Известен благодаря ряду открытий в области топологии пространства и теории суперструн.

Брайан Грин выступал с лекциями в трех десятках стран — как перед специалистами, так и перед широкой аудиторией. В 2000 г. за книгу «Элегантная Вселенная» он был удостоен премии Авентис, а позже участвовал в создании серии образовательных телепрограмм по мотивам этого произведения. Сыграл самого себя в одном из эпизодов знаменитого сериала «Теория Большого Взрыва». В 2008 г. стал одним из основателей ежегодного Всемирного научного фестиваля (World Science Festival). Постоянный участник научно-музыкального фестиваля STARMUS.

обдумать и найти математические способы описать свою идею. Наконец, в ноябре 1915 г. он прочитал лекцию в Берлине, где впервые представил широкой публике свое знаменитое центральное уравнение ОТО, описывающее искривление ткани пространства-времени. Впервые в истории науки было предложено объяснение принципов, стоящих за механизмом гравитационного притяжения.





▲ Как и двумерная поверхность обычной ткани, трехмерная ткань пространства-времени остается ровной и гладкой, пока на нее не поместят массивный объект — например, Солнце. В таком случае ткань под объектом прогибается, образуя искривление пространства-времени.

В мае 1919 г. впервые представилась возможность проверить новую теорию. Полное солнечное затмение позволяет наблюдать далекие звезды даже днем, поскольку Луна временно заслоняет яркий диск светила. Согласно предсказанию теории Эйнштейна, свет от таких звезд, двигаясь вблизи Солнца, должен немного отклониться от своей обычной траектории под влиянием пространственно-временного искривления, обусловленного массой нашей звезды. Для наблюдателя такое отклонение будет выглядеть как смещение положения удаленных объектов на небе относительно их привычной позиции. Результаты наблюдений в точности совпали с предсказанием теории, подтвердив, таким образом, ее верность. Если вам очень захочется, то вы и сами сможете проделать такой же эксперимент в этом году: в августе полоса полного солнечного затмения пройдет по территории США.

Революционная догадка Эйнштейна открыла дорогу многим ученым, желавшим развить эту идею и посмотреть, к чему это приведет. Одним из них стал Карл Шварцшильд (Karl Schwarzschild), немецкий математик и астроном, который в то время находился на русском фронте Первой мировой войны. В перерывах своей основной работы, состоявшей в вычислении траекторий полета снарядов, он занимался также расчетами для поиска решений уравнений ОТО. Шварцшильд обнаружил, что, в полном соответствии с теорией, если достаточно большую массу «вписать» в достаточно малый объем пространства, плотность материи там окажется настолько велика, что пространственно-временная воронка, образовавшаяся благодаря присутствию такого объекта, будет напоминать бездонный

колодець: ничто не сможет покинуть его, однажды провалившись внутрь, даже свет.

Именно такие объекты сегодня известны под названием «черная дыра» (ЧД), а решение уравнений ОТО, полученное Карлом Шварцшильдом, нарекли «решением черных дыр». Из-за упомянутых особенностей непосредственно увидеть их невозможно — ведь они не отражают и не испускают свет. Однако материя, завихряющаяся в бешеном вращении перед падением в них, нагревается так сильно, что излучает яркое свечение. Следовательно, можно обнаружить ЧД, наблюдая за ее ближайшими окрестностями.

Теоретическое предсказание существования подобных тел взбудоражило научное сообщество: если нечто подобное и впрямь существует, то наверняка это можно назвать одной из самых удивительных причуд Вселенной. За последние несколько десятилетий были получены многочисленные свидетельства, подтверждающие реальность ЧД. Оказалось, что один из таких сверхмассивных монстров — в миллионы раз тяжелее Солнца — находится в самом сердце Млечного Пути, и вообще большинство галактик тоже скрывает в своих центрах сверхмассивные ЧД.

Открытие черных дыр принципиально важно для донесения основной мысли моего доклада. И не только потому, что они представляют собой чрезвычайно интересный астрофизический объект, но и благодаря тому, что они играют роль своеобразных математических лабораторий — мы, теоретики, можем использовать их в качестве площадки для своих мысленных экспериментов, проверки самых далеко идущих выводов и нетривиальных идей.

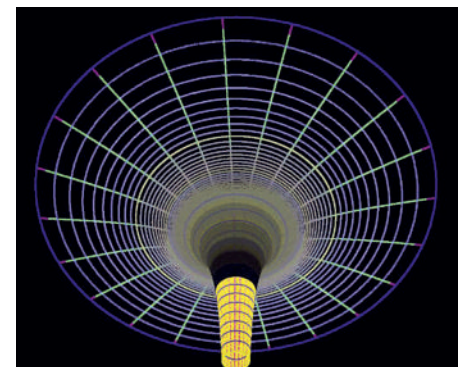
Черные дыры — это невообразимо плот-

ные и массивные объекты, создающие вокруг и внутри себя наиболее экстремальные условия в известной Вселенной. Именно такие условия используются учеными, чтобы протестировать самые смелые теоретические разработки «на выживаемость» и разобраться, чего им не хватает, чтобы оставаться работоспособными даже в таких экстремальных ситуациях.

Итак, что же такое черная дыра? С математической точки зрения искривление ею пространства-времени происходит по тому же принципу, что и вблизи такого массивного объекта, как Солнце. Однако в данном случае воронка получается несравнимо глубже — ее форма напоминает сужающийся конус с бесконечно далекой вершиной. Именно в таком виде ЧД рассматривают теоретики, составляя свои математические модели.

Возвращаясь к двум совершенным в 1935 г. открытиям, о которых упоминалось ранее, я хотел бы рассказать, в первую очередь, о теоретической возможности объединения черных дыр. Математически допустима ситуация, при которой две ЧД, если представить их в виде конусов, расположенных друг над другом и с обращенными друг к другу вершинами, могут этими вершинами соприкоснуться, образуя единый объект, напоминающий по форме песочные часы. Этот объект может стать туннелем, соединяющим две удаленные точки в пространстве. Часто такой туннель называют «кротовой норой» или «червоточиной».

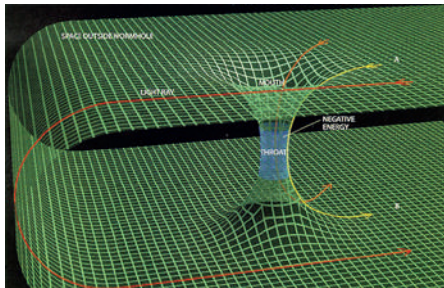
Существование червоточин напрямую следует из открытия Эйнштейна и двух его коллег. Изначально идея пространственно-временных туннелей стала результатом работы Эйнштейна и Розена (Nathan Rosen). Еще одним человеком, чей вклад я тоже учел, был Борис Подольский. Именно ему принадлежало второе открытие, органично дополнившее выводы, проистекающие из работы двух остальных ученых. Таким образом, первое открытие — решение уравнений ОТО, допускающее существование червото-



▲ С математической точки зрения искривление пространства-времени черной дырой происходит по тому же принципу, что и вблизи массивных объектов наподобие Солнца. Однако в данном случае воронка не имеет дна.



▼ Две черные дыры, если представить их в виде конусов, расположенных друг над другом и с обращенными друг к другу вершинами, могут этими вершинами соприкоснуться, образуя единый объект, напоминающий по форме песочные часы — «кротовую нору». Изгиб пространства вне пределов сферы действия ЧД показан условно — это графический прием, использованный, чтобы саму кротовую нору (соприкосновение сингулярностей ЧД) изобразить наиболее наглядно.



▼ На самом деле две «связанных» черных дыры могут находиться в наблюдаемой Вселенной как угодно далеко друг от друга.



чин – было сделано Эйнштейном и Розеном, а авторами второго стали все трое, включая Подольского.

Это второе открытие напрямую относится к сфере применения квантовой механики. До сих пор все, о чем мы говорили, касалось исключительно гравитации и ОТО, объясняющей принцип ее действия. 21 апреля 1935 г. вышла статья Эйнштейна в газете The New York Times, приковавшая к себе внимание научного сообщества и широкой публики по всему миру. В ней автор утверждал, что с квантовой механикой что-то не в порядке. Он не оспаривал верность теории, но настаивал на ее незаконченности. По его мнению, странности квантовой механики свидетельствовали о том, что в ней не хватало каких-то элементов.

Я хочу подробнее разъяснить идеи, подвергнувшиеся критике великого ученого в этой статье. В частности, они касались явления, получившего название квантовой запутанности — свойства, характерного для субатомных частиц, которое в современной физике считается доказанным научным фактом. Эксперименты подтверждают, что теория все-таки не ошибается и природа реальности действительно такова.

Как многие из вас знают, квантовая ме-



▲ Слева направо: Альберт Эйнштейн, Борис Подольский, Натан Розен

ханика — это теория, описывающая микромир. Причина, по которой она кажется нам такой странной и контринтуитивной, заключается в том, что язык, использующийся в ее описании, совершенно неприменим к привычным объектам макромира. Например, в «обычном» мире, бросая мяч (или любой другой предмет), вы интуитивно понимаете, что существует единственная траектория, по которой он будет двигаться, и ее можно рассчитать, применив известные законы физики. Во всяком случае, так учат в школе. Квантовая же механика предполагает, что такой сценарий развития событий — не более чем приближенное и усредненное описание реальности. Эта странная теория утверждает, что вы не можете наверняка предсказать траекторию движения, и лучше, на что вы можете рассчитывать — это узнать вероятность, с которой частица окажется здесь или там, будет двигаться по тому или иному пути.

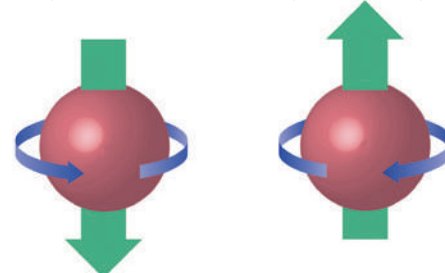
Возьмем, к примеру, электрон. Допустим, есть вероятность в 50%, что он находится в точке А, и 50% — что находится в точке В. Проведя наблюдение, вы сможете застать его либо в одной, либо в другой точке — но не в обеих сразу. Однако до того как вы произвели измерение, электрон, в определенном понимании, находится в состоянии квантового смешения положений в точке А и в точке В. Можно сказать, что он в равной степени находится в обоих местах одновременно. Именно такие особенности микромира, описанные квантовой механикой, делают ее удивительной и странной.

Теперь попробую объяснить, что такое квантовая запутанность. Для этого следует обратиться к присущей квантовым частицам характеристике, носящей название «спин». Можно представить себе частицу, вращающуюся, как юла. Если она вращается в одном направлении, то мы говорим, что ее спин направлен вверх, а если в противоположном — вниз. Однако, как и с местоположением, которое невозможно определить, не проведя измерение, спин частицы тоже можно считать направленным в обе стороны одновременно, просуммировав 50% вероятность «верхнего» спина и 50% «нижнего». Таким образом, с математической точки зрения, пока измерение не произведено, спин частицы описывается объединением «верхнего» и «нижнего», но в

момент наблюдения он окажется каким-либо из двух. Как только наблюдение прекратится, частица вернется в свое изначальное состояние размытой квантовой вероятности обладания одним или другим спином.

Именно такие особенности квантовой механики хуже всего сочетаются с нашим повседневным опытом макромира: на субатомном уровне частицы, из которых все состоит, постоянно пребывают в состоянии неоднозначности и неопределенности, объединяющем в себе все возможные состояния — до того момента, пока мы не произведем наблюдение и не «застанем» частицу только в одном из них. Это словно если бы я повернулся спиной к залу, и в этот момент все слушатели оказались в неопределенном блуждающем состоянии, с равной вероятностью занимая любое из мест, а когда я снова повернулся бы лицом, вы вдруг опять оказались бы каждый на своем месте. Такой принцип работы реальности кажется абсурдным... но квантовая механика утверждает, что в определенном смысле это так.

Насколько бы ни выглядели странными эти особенности квантового мира, давайте просто примем, что он работает по таким законам. Тем более, что квантовая запутанность все равно кажется куда более поразительным явлением. Основная идея в том, что если взять две частицы, находящиеся в «подвешенном», неопределенном состоянии, когда их спины состоят, скажем так, из



▲ Элементарную частицу можно представить вращающейся вокруг своей оси (на самом деле все выглядит несколько сложнее). Если частица вращается в одном направлении, то мы условно считаем, что ее спин направлен вверх, а если в противоположном — вниз.

«смеси» направленного вверх и направленного вниз, произвести с ними определенные манипуляции, а потом отнести далеко друг от друга — причем в данном случае неважно, насколько далеко, хоть бы даже на разные стороны обзримой Вселенной — то, как только будет произведено измерение спина одной из этих частиц, спин второй тотчас же станет противоположно направленным. При этом на вторую частицу никакого явного влияния не оказывается. Сформулирую немного иначе: смысл в том, что как только станет известен спин одной из двух запутанных частиц, спин второй в тот же миг станет противоположным, вне

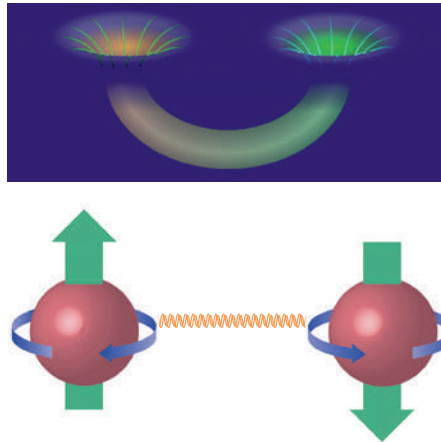
зависимости от того, насколько эти частицы удалены друг от друга.

Эйнштейн назвал квантовую запутанность «жутким действием на расстоянии». Он не мог смириться с настолько непостижимым характером реальности и был убежден, что мы явно что-то упустили из виду, что квантовая механика как теория не является полной. Тем не менее, вопреки сомнениям Эйнштейна, эксперименты подтверждают существование этого явления. Между запутанными частицами существует некая неочевидная связь, наподобие соединяющей их квантовой нити, обуславливающей принятие второй частицей спина, противоположного спину первой, установленному при экспериментальном наблюдении, причем эта связь сохраняется вне зависимости от того, какое расстояние их разделяет. Открытие этой связи и стало вторым важнейшим достижением.

Итак, первым значительным открытием 1935 г. стало формулирование Эйнштейном и Розеном концепции червоточин — пространственно-временных туннелей, образованных двумя «состыкованными» черными дырами. В том же году Эйнштейн, Розен и Подольский разработали понятие квантовой запутанности. Изначально они не предполагали, что между этими двумя открытиями может быть какая-либо глубинная связь: казалось бы, квантовая запутанность — характерная черта исключительно микромира элементарных частиц, а черные дыры — объекты макромира исполинского размера и массы.

Оставшееся время я хочу посвятить рассказу о современном исследовании, которое обнаружило неожиданную и глубокую связь этих двух открытий, касающихся совершенно различных уровней реальности. Характер этой связи проливает свет на один из самых волнующих вопросов, не дающих покоя человечеству с древних времен: какова же фундаментальная природа пространства?

▼ **Квантовая запутанность** — характерная черта исключительно микромира, проявляющаяся на уровне элементарных частиц, а черные дыры — объекты макромира, имеющие исполинские размеры и массы. Тем не менее, между двумя этими уровнями реальности обнаружилась неожиданно глубокая связь.



Чтобы пояснить новое представление о структуре пространства, необходимо ввести еще одно понятие — голографический принцип. Оно проистекает из нового подхода к объединению ОТО и квантовой механики, носящего название теории струн. Немало известных ученых вот уже более трех десятилетий занимаются разработками в данном направлении. Считается, что даже если отдельные положения теории струн частично или полностью окажутся неверны (лично я уверен, что они верны, но на публике не принято однозначно утверждать такие вещи) — голографический принцип все равно наверняка останется одной из неизменных точек опоры для нового витка развития этой теории.

Центральная идея принципа сводится к тому, что любое физическое пространство можно описать альтернативным способом. Например, возьмем зал, в котором мы находимся. Представим себе, что вся информация, описывающая этот зал, находится на тонкой оболочке, окружающей нас. Она может располагаться на границе обзори-

мой Вселенной — но такая оболочка хранит в себе информацию обо всех аспектах физической реальности, эквивалентную наблюдательным данным, получаемым нами в этом зале. Можно сказать, что поверхность этой оболочки играет роль двумерного зеркала: она тонкая и плоская, хотя мы — трехмерные и объемные.

Эта концепция названа голографической принципом по аналогии с привычными голограммами — плоскими пластиковыми карточками, которые при падении света под определенным углом обеспечивают эффект трехмерного изображения на своей поверхности. В определенном смысле оболочка, внутри которой мы находимся, освещается законами физики, как голограммы — светом, а мы — трехмерная проекция информации на ее поверхность. Такое описание делает нас самих в некотором роде голограммой.

Например, представим себе, как выглядела бы на такой поверхности наша Земля. Голографическая поверхность содержала бы абсолютно всю информацию о физических процессах, происходящих на планете, и описывала бы абсолютно ту же реальность, которую мы наблюдаем, но записана она была бы на совершенно другом языке.

Теперь я хотел бы связать изложенную выше идею с двумя ранее упомянутыми открытиями Эйнштейна и коллег — червоточинами и квантовой запутанностью. Представим себе черную дыру. Попытаемся дать голографическое описание этого объекта, используя поверхность, окружающую его. К сожалению, изобразить наглядно ее можно только в двух измерениях, но представьте, что речь идет о трехмерном объекте, окруженном двумерной поверхностью. Оказывается, эквивалентное описание ЧД на голографическом языке — это теплофизика этой самой поверхности вокруг нее. Это — универсальный «словарь», преобразующий

## ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП

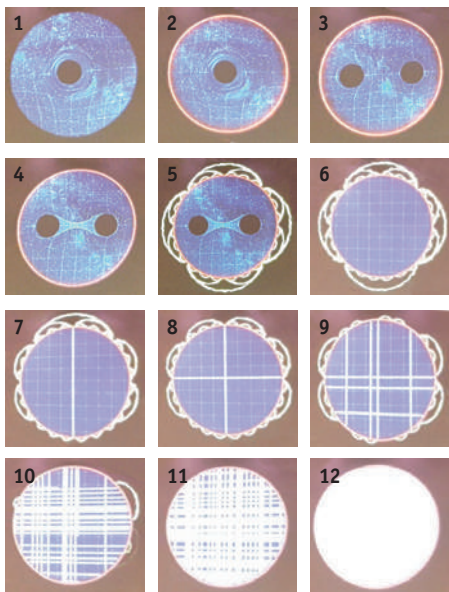
Якоб Бекенштейн (Jacob Bekenstein) — профессор теоретической физики Еврейского университета в Иерусалиме, член Израильской Академии естественных и гуманитарных наук, лауреат премии Ротшильда. Является одним из основателей термодинамики черных дыр, внес весомый вклад в изучение различных аспектов связи между информацией и тяготением. Ниже приведен отрывок статьи Бекенштейна о голографическом принципе, посвященной Джону Уилеру, который был руководителем его диссертации 30 лет назад.

*На вопрос «из чего состоит физический мир» вам, скорее всего, ответят: «из вещества и энергии». Однако образованный человек непременно упомянет и об информации, которая играет ключевую роль в живой и даже неживой природе. Согласно же теории Джона Уилера из Принстон-*

*ского университета (John Archibald Wheeler, Princeton University, New Jersey), физический мир состоит именно из информации, а вещество и энергия играют в нем второстепенную роль.*

*Такая точка зрения заставляет по-новому взглянуть на старые проблемы. Информационная емкость различных устройств — таких, как дисковые накопители — растет очень быстро. Когда этот процесс остановится? Каков предел информационной емкости прибора массой, скажем, в один грамм и объемом не более кубического сантиметра (размер микросхемы)? Какое количество информации необходимо для полного описания Вселенной? Может ли оно уместиться в памяти компьютера? Сможем ли мы, как писал когда-то Уильям Блейк (William Blake), «увидеть мир в песчинке», или это лишь поэтический образ? Новейшие успехи теоретической физики дают ответы*





▲ Голографическая поверхность (красная окружность) содержит информацию о черной дыре, которую она окружает (1). Если мы имеем дело с парой независимых ЧД (2), вид окружающей поверхности практически не изменится. Если же две ЧД оказываются объединены в червоточину (3) — это проявится как квантовая запутанность различных точек на голографической поверхности (4). В отсутствие ЧД точки поверхности остаются квантово запутанными (5). Если же каким-то образом разорвать одну из таких «запутанностей» (6) — все пространство внутри оболочки фактически разделится на два несвязанных «лоскута» (7). Продолжая рвать связи, мы придем к полному распаду пространства на бесчисленное множество неделимых элементов (8-12).

голографическое описание ЧД в язык физики окружающей ее поверхности.

Теперь представим, что внутри окружающей поверхности находятся две черные дыры. Оказывается, голографическое описание от этого принципиально не изменится — оно по-прежнему будет эквивалентно тепловым условиям на поверхности... Далее представим, что эти две ЧД соединены в червоточину. Теперь вопрос заключается в том, каким образом отобразится такое слияние черных дыр на голографическом описании, запечатленном на внешней по-

верхности? Так вот, описание этого явления на голографическом языке соответствует квантовой запутанности различных точек на внешней оболочке. Таким образом, обнаруживается, что червоточина и квантовая запутанность, по сути, описывают одну и ту же физику, являясь эквивалентными отображениями тех же явлений на двух различных языках.

Это потрясающий вывод, но давайте углубимся еще дальше. Представим, что мы избавились от черных дыр, заключенных внутри оболочки. Результатом такой манипуляции при переводе на эквивалентный язык стало бы исчезновение некоторых связей квантовой запутанности между определенными точками поверхности, но остальные точки так и остались бы запутанными.

А теперь зайдем еще дальше. Конечно, в реальной жизни проделать такое сложно, но с помощью математики мы можем считать, что случилось бы с нашим объектом, если бы мы постарались разорвать эти связи между точками на поверхности внешней оболочки. Оказалось, что разрыв, например, одной из таких связей привел бы к разрыву самой ткани пространства внутри напополам — она распалась бы на два отдельных, не связанных между собой лоскута! Если продолжить разрывать связи, то можно обнаружить, что каждый разрыв квантовой запутанности приводит к разделению пространства на все большее количество изолированных частей.

Чем же закончится разрыв абсолютно всех связей между ранее запутанными точками на поверхности оболочки? Пространство внутри окажется разрезанным на огромное количество малых ячеек наподобие компьютерных пикселей, являющихся, в определенном смысле, элементарными и неделимыми составными частями пространства.

Но как будет выглядеть результат проделанных нами действий? Что же такое

▼ Встреча членов редакции ВПВ с Брайаном Грином (в центре)



ткань пространства? Очевидно, что само пространство — это совокупность элементарных составляющих, удерживаемых вместе квантовой запутанностью. Похоже, что метафора «ткань пространства», которую мы так долго использовали, на самом деле очень точно описывает его природу. Оно как бы соткано из мельчайших отдельных лоскутков, прошитых нитями квантовой запутанности.

Когда я был еще студентом, то, как и многие другие, мечтал внести свой вклад в объединение ОТО и квантовой механики. Каждый из нас долгие годы задавался основополагающим вопросом, от решения которого зависел исход нашего большого предприятия: какова же истинная природа пространства? Из какой материи состоит космос, в котором взвешено все, что нас окружает? Наверняка многие осознанно или неосознанно боялись, что ответ мы так никогда и не узнаем — вопрос слишком глубок и фундаментален. На мой взгляд, удивительно то, насколько быстро мы смогли получить свидетельства того, что вплотную подоברались к раскрытию природы пространства, а поскольку оно неразрывно связано со временем — значит, и времени тоже. Мы нащупали путь, и курс уже проложен. Спасибо за внимание!

на некоторые из этих вопросов и помогают создавать теорию реальности. Изучая таинственные свойства черных дыр, физики вывели абсолютный предел объема информации, которую может хранить данная область пространства или данное количество вещества и энергии. Результаты исследований заставляют задуматься о том, что наша Вселенная, воспринимаемая нами как трехмерная, в действительности может быть «написана» на двумерной поверхности, подобно голограмме. При этом наше восприятие пространства как трехмерного следует считать либо заблуждением, либо одним из альтернативных способов видения реальности. Песчинка не способна заключать в себе весь наш мир, а плоский экран — вполне. Теория, называемая голографическим принципом, утверждает, что Вселенная подобна голограмме: аналогично тому, как луч света позволяет «записать» трехмерное

изображение на плоской пленке, воспринимаемое нами трехмерное пространство может быть эквивалентно иной системе квантовых полей и законов, «нарисованной» на огромной далекой поверхности.

Физика черных дыр дает основания полагать, что голографический принцип верен. Их изучение показывает, что максимальное информационное содержание любой области пространства определяется не ее объемом, а площадью ограничивающей ее поверхности — как бы это ни противоречило здравому смыслу. Ученые надеются, что голографический подход даст ключ к построению окончательной теории реального мира. Несмотря на то, что он осмыслен еще не до конца, от него, похоже, уже невозможно отказаться, а господствовавшее на протяжении полувекa представление, будто теория поля является последним словом физики, придется пересмотреть...



# ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ МИКРОСКОПЫ. БИНОКЛИ. ТЕЛЕСКОПЫ.

**levenhuk**  
Zoom&Joy



**ПОДАРОК К ТЕЛЕСКОПАМ LEVENHUK.** Каждый покупатель получает в подарок познавательную книгу для школьников «Космос. Непустая пустота»

**ПОДАРОК К МИКРОСКОПАМ LEVENHUK.** Каждому покупателю дарим красочную книгу для школьников «Невидимый мир»



**levenhuk**  
Zoom&Joy



Подробнее об условиях акции — на сайте [www.levenhuk.ua](http://www.levenhuk.ua) и в магазине «Третья Планета» по адресу: Киев, ул. Нижний Вал, 3-7. Телефоны: (067) 215-00-22, (044) 295-00-22





**МАГАЗИН «ТРЕТЬЯ ПЛАНЕТА»**  
Профессиональный подбор телескопов,  
консультации специалистов,  
пожизненная гарантия и сервис.

[www.3planeta.com.ua](http://www.3planeta.com.ua)  
Киев, ул. Нижний Вал, 3-7  
тел. (044) 295-00-22, (067) 215-00-22