

Вселенная

пространство * время

ВСЕЛЕННАЯ: пространство * время №8 август 2017



БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

*Путь наш лежит туда,
где никто еще не бывал*

Знаменитый британский физик и космолог Стивен Хокинг в последнее время сделал несколько пессимистических прогнозов касательно будущего нашей цивилизации. Оптимальным способом решения многих проблем человечества ученый называет космическую экспансию.

Большой и маленький мир как увидеть невидимое



Что
«услышал»
Арсибо?

Организм,
который
переживает всех

Полет над
гигантским
вихрем



AUTO
Standard
Group

www.universemagazine.com



4 182009 412000 101 00157



ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ БИНОКЛЕЙ
WWW.3PLANETA.COM.UA

levenhuk
Zoom&Joy®

B BRESSER®



Высококачественные бинокляры для повседневных наблюдений и профессиональной деятельности: для туризма и путешествий, для любительской астрономии, влагозащищенные модели для охоты и рыбалки, компактные театральные и мощные полевые бинокли. Благодаря широкому ассортименту вы легко сможете выбрать инструменты для любых задач.

Подробная информация обо всех товарах на сайте WWW.3PLANETA.COM.UA
и в магазине «Третья Планета» по адресу: Киев, ул. Нижний Вал, 3-7.
Телефоны: (067) 215-00-22, (044) 295-00-22

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

8 сентября

18:30



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

ВЕНД УКРАИНЫ ЖИВОЕ ПРОШЛОЕ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

Вход по абонеентам.
Стоимость годового
абонеента Дома
ученых – 50 грн.
Количество мест
ограничено!

www.universemagazine.com

Владимир Гриценко

доктор геологических наук, директор
Геологического музея НАН Украины

Содокладчик:

Юрий Шевела

заведующий фондом Геологического
музея НАН Украины

www.universemagazine.com

СОДЕРЖАНИЕ

Август 2017



стр. 4

ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ

Будущее человечества

Стивен Хокинг

4

ВСЕЛЕННАЯ

Новости

Найдем ли мы иной разум... до того, как вымрем?

12

Ресурсы исчерпываются все быстрее...

13

Сколько воды нужно планете

13

Звездные «штормы»

и обитаемость экзопланет

14

Что «услышал» Аресибо?

14

Трудности жизни

у звезды TRAPPIST-1

15

Органика

в «звездных яслях»

16

Большой и маленький мир

Роль телескопов и микроскопов

в нашем понимании себя

и Вселенной

Эрик Бетциг

18

Загадочный орган,

управляющий старением

25

Организм, который

переживает всех

25

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Новости

Что деформировало Марс?

26

Зимний пейзаж кратера с оврагами

27

Полет над гигантским вихрем

28

Комет в Облаке Оорта оказалось в 7 раз больше

29

Топография кратера Хаулаи

29

Cassini: последний взгляд на Эпиметей

30

В морях Титана все спокойно

30

Кольца Сатурна: вид «изнутри»

31

НОВОСТИ КОСМОНАВТИКИ

Новости

NASA не может отправить людей на Марс

32

Dragon впервые приземлился вторично

32

На МКС прибыло пополнение

33

Перспективы космолана

33

Dream Chaser

33

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Небесные события октября

34

Редакционный обзор книг

38



На обложке: кадр из фильма «Марсианин»

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).

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

Распространяется по Украине и странам СНГ
В рознице цена свободная
Подписные индексы
Украина: 91147
Россия: 12908 - в каталоге «Пресса России»
24524 - в каталоге «Почта России»
12908 - в каталоге «Урал-Пресс»
Учредитель и издатель ЧП «Третья планета»
Зарегистрировано Государственным комитетом телевидения и радиовещания Украины.
Свидетельство КВ 7947 от 06.10.2003 г.
© ВСЕЛЕННАЯ, пространство, время — №8 август 2017

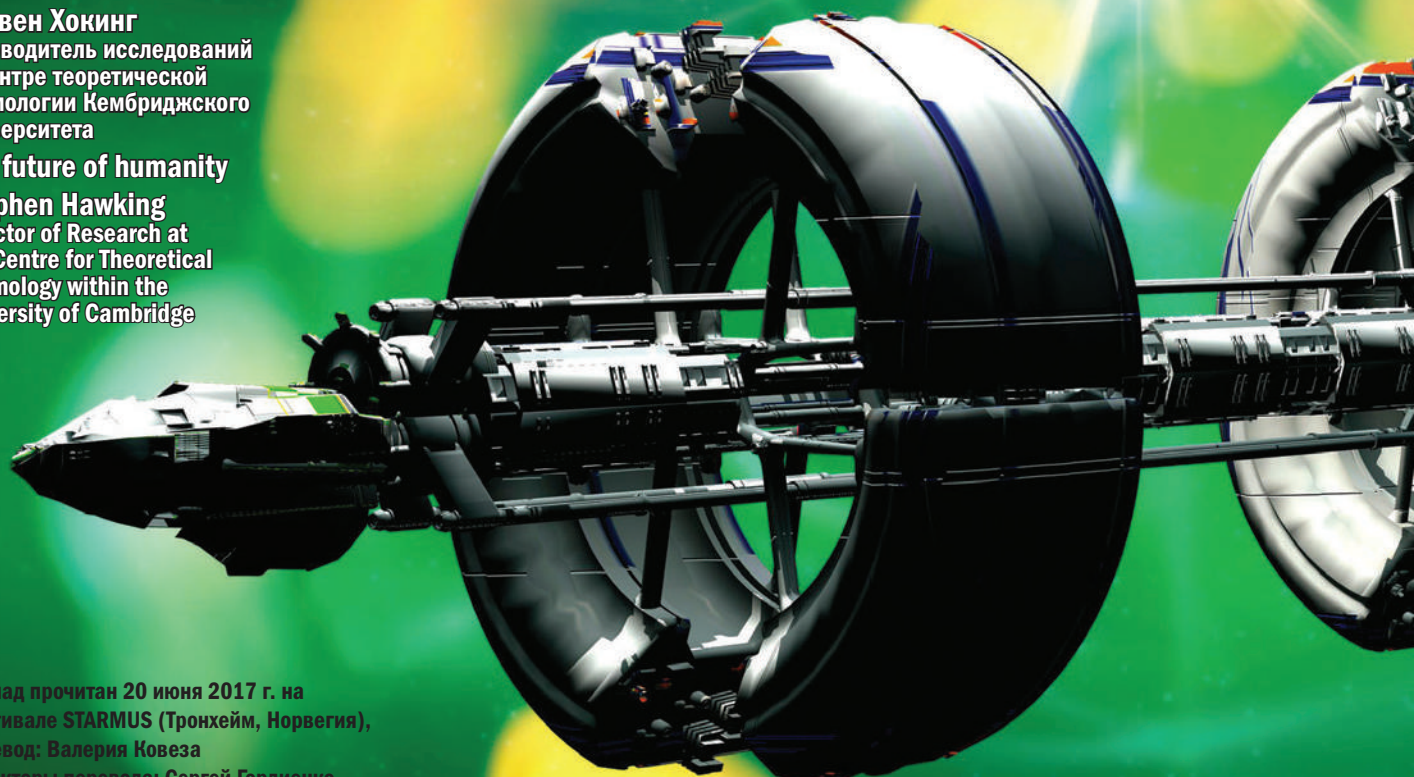
Тираж 8000 экз.
Ответственность за достоверность фактов в публикуемых материалах несут авторы статей
Ответственность за достоверность информации в рекламе несут рекламодатели
Перепечатка или иное использование материалов допускается только с письменного согласия редакции.
При цитировании ссылка на журнал обязательна.
Формат — 60x90/8
Отпечатано в типографии ООО «Прайм-принт», Киев, ул. Малинская, 20.
т. (044) 592-35-06

БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Стивен Хокинг
Руководитель исследований
в Центре теоретической
космологии Кембриджского
университета

The future of humanity

Stephen Hawking
Director of Research at
the Centre for Theoretical
Cosmology within the
University of Cambridge



Доклад прочитан 20 июня 2017 г. на
фестивале STARMUS (Тронхейм, Норвегия),
Перевод: Валерия Ковеза
Редакторы перевода: Сергей Гордиенко,
Владимир Манько

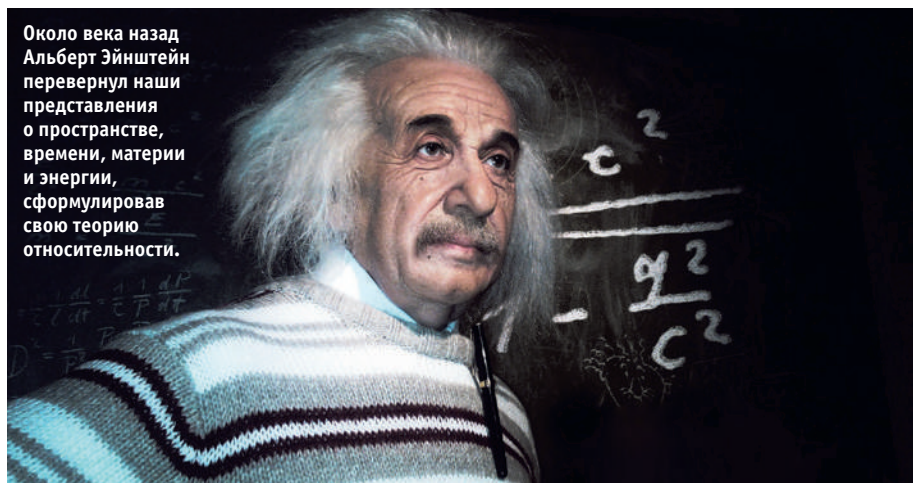
Не так давно я общался с прессой, и меня попросили поделиться своими соображениями по поводу будущего человечества, необходимости основания колоний в космосе уже при жизни нашего поколения. Я уверен, что именно так нам и следует поступить. Позвольте объяснить мою позицию по этому вопросу.

Около века назад Эйнштейн перевернул наши представления о пространстве, времени, материи и энергии. Даже сегодня мы все еще продолжаем получать свидетельства правильности его теории. Как всем нам известно, в 2016 г. эксперимент LIGO зарегистрировал первые отчетливые данные о прохождении через Землю гравитационных волн, порожденных слиянием пары черных дыр около полутора миллиардов лет назад.¹ Гений Эйнштейна заключался в его умении зреть в корень, бросать вызов существующим устоям и выходить за рамки того, что подсказывает здравый смысл. Когда ему бы-

ло 16, он представлял, что оседлал луч света, похожий на застывшую волну. Углубляясь все больше в эти размышления и отбросив бытовавшие на тот момент представления о природе света, он следовал за выводами из своего мысленного эксперимента, которые позже привели его к формулировке Специальной теории относительности.

Современные физики знают о Вселенной намного больше, чем знал Эйнштейн. Нам доступны значительно более совершенные инструменты для изучения окружающего мира: ускорители частиц, суперкомпьютеры, космические обсерватории, позволяющие осуществлять постоянные экспериментальные проверки

Около века назад
Альберт Эйнштейн
перевернул наши
представления
о пространстве,
времени, материи
и энергии,
сформулировав
свою теорию
относительности.



¹ ВПВ №6, 2015, стр. 10; №2, 2016, стр. 16



Путь наш лежит туда, где никто еще не бывал. Раньше или позже, но мы двинемся к звездам!
(Стивен Хокинг)

наших теорий. Наступило потрясающее время для того, чтобы быть ученым. Теперь мы можем прокатиться на луче света, как мечтал юный Эйнштейн.

Не изменилось одно: человеческое воображение — по-прежнему самая могущественная отличительная черта, присущая нашему виду. С его помощью мы можем отправиться куда угодно сквозь необъятное пространство и время. Мы можем представлять себе самые невообразимые и потрясающие события во Вселенной за рулем автомобиля, засыпая в своей постели, или когда притворяемся, что слушаем какого-то зануду на вечеринке. Именно так я и делаю.

Большую часть своей карьеры я посвятил изучению черных дыр — их геометрии, эволюции и печальной участи тех, кого безжалостная судьба забросила бы внутрь их горизонта событий. Черные дыры до сих пор продолжают потрясать мое воображение. В прошлом году мы с коллегами во многом пересмотрели наши представления о них, изучая энергетическое состоя-

ние вакуума и информацию, хранящуюся на их границах. Это исследование может иметь важные следствия для физики в целом. Но как же оно связано с будущим человечества?

Перед тем, как я отвечу, позвольте задать вам вопрос. Если, вооружившись данными, полученными из всех доступных современных источников, наше воображение может доставить нас в любую точку Вселенной, по пути делая новые открытия — зачем вообще отправляться куда-либо физически? Не лучше ли нам стать «космическими ленивцами», которые будут наслаждаться углубляющимися знаниями о мире, при этом нежась в комфорте родной планеты? Ответ: нет.

Земля настолько уязвима для множества угроз, что мне сложно сохранять оптимизм. Опасности слишком велики и многочисленны. Главных из них, по моему мнению, две. Во-первых, Земля становится слишком маленькой для человечества. Наши физические ресурсы исчерпываются с вызывающей беспокойство скоростью. Мы подарили



▲ Земля становится слишком тесной для всех людей. Наши физические ресурсы исчерпываются с вызывающей беспокойство скоростью.

своей планете катастрофический презент в виде изменения климата. Нашей реальностью стали возрастающая температура и таяние полярных ледников, вырубка лесов и вымирание многих видов животных.

Обычно, когда люди в прошлом сталкивались с подобным, появлялись новые земли, доступные для колонизации. Например,

Колумб решил эту проблему, открыв Новый Свет в 1492 г. А теперь нового Нового Света не будет. За углом нас не ждет утопия. Нам не хватает пространства: единственное место, куда мы можем отправиться, не покидая планеты — это преисподняя. Пришло время расселяться по Солнечной системе. Возможно, это единственное, что может спасти нас от самих себя. Я абсолютно уверен, что человечеству необходимо выйти за пределы Земли.

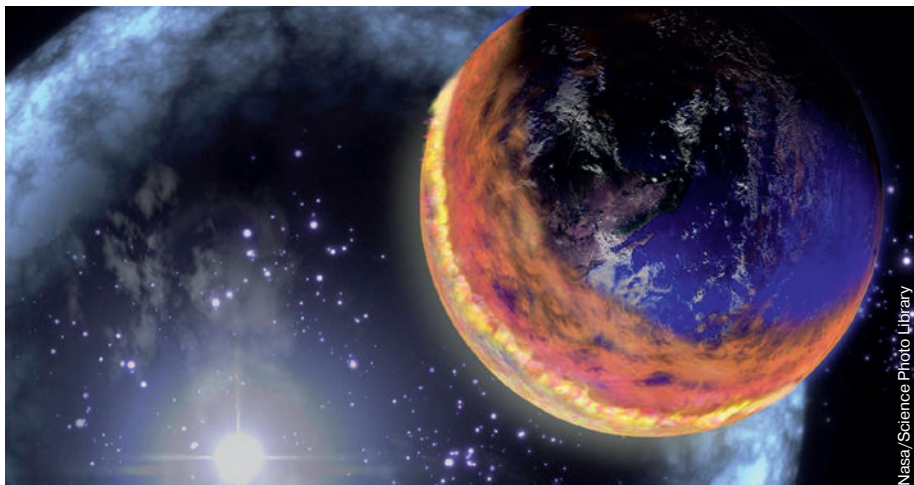
Вторая угроза — это неистовая и враждебная природа Вселенной. Звезды поглощают планеты, сверхновые сметают все вокруг себя колоссальными взрывами, сливаются черные дыры, астероиды грозят столкновением на скорости в десятки километров в секунду. Неудивительно, что все эти события не добавляют космосу гостеприимности. Но именно они и есть те самые весомые аргументы в пользу того, что нам стоит отправиться дальше, а не оставаться пришвартованными в родной гавани. Ведь если мы будем дожидаться их тут, то рано или поздно дождемся. И это — не научная фантастика, а факт, основанный на законах физики и теории вероятности.

Но есть и еще одна причина, почему мы должны двигаться в космос — наша врожденная жажда открытий. Эта черта, основанная на присущей нам любознательности — отличительная особенность человека. Именно любопытство заставило исследователей отправиться в путешествие, чтобы доказать, что Земля — не плоская. Теперь тот же инстинкт уносит нас к звездам со скоростью мысли и подогревает наше желание отправиться туда физически. В тот момент, когда мы совершим очередной огромный скачок для человечества, подобный высадке людей на Луну, мы достигнем нового уровня самосознания и успешно объединим усилия разных народов во имя новых открытий и создания новых технологий.

Чтобы покинуть Землю, нам потребуются совершенно новый глобальный поход, и все должны принять в этом посильное участие. Необходимо возродить дух космической эйфории, витавший в 1960-е годы в преддверии покорения космоса. Нужный уровень технологического развития уже в пределах досягаемости.



▲ В космосе постоянно происходят катастрофические события: сталкиваются черные дыры, звезды поглощают свои спутники, взрывы сверхновых уничтожают все в радиусе десятков световых лет, на планеты падают гигантские астероиды...



▲ Близкая гамма-вспышка может стать причиной полного вымирания всего живого на планете.

Основание колоний в космосе кардинально изменит перспективы будущего человечества. Вполне возможно, что их наличие и вовсе определит, будет ли у нас вообще хоть какое-то будущее. Это не решит всех наших земных проблем, но позволит взглянуть на них под другим углом с позиции открытости и не оставаться внутри замкнутой на саму себя системы. Я уверен, что освоение и колонизация космоса станут поводом для объединения усилий народов, ранее соперничавших друг с другом, чтобы ответить на вызовы, стоящие перед всем нашим видом.

Мы уже отправляли людей на Луну и исследовательские модули на Марс, осуществили посадку аппарата на поверхность Титана, а команды астронавтов и космонавтов из разных стран в течение многих месяцев работают на Международной космической станции.² Однако для того, чтобы

двигаться дальше, нам следует строить планы на долгосрочную перспективу. Под долгосрочной я подразумеваю сотни и тысячи лет. И это будет нелегко.

Куда бы мы ни отправились, нам нужно будет воссоздать там свою цивилизацию. Колонизаторам придется обеспечить наличие всех необходимых материалов для создания новой экосистемы, способной самоподдерживаться в условиях окружающей среды, о которых нам почти ничего не известно.³ И, конечно же, нам предстоит разработать способы транспортировки тысяч людей, животных, растений, грибов, бактерий и насекомых. Возможно, мы обнаружим, что нам не хватает жизненно важных ресурсов, когда уже отправимся в путешествие в один конец.

Так где же нам сосредоточить основной потенциал? Самое очевидное место

² ВПВ №2, 2005, стр. 2; №12, 2008, стр. 4

³ ВПВ №3, 2014, стр. 4

Телескопы, бинокли, подзорные трубы, микроскопы и аксессуары к оптике вы можете приобрести в нашем Интернет-магазине www.3planeta.com.ua



▼ Один из предложенных проектов «Лунной деревни» — постоянной обитаемой базы на поверхности естественного спутника Земли, которая может быть построена уже в течение ближайших 30 лет. Это грандиозное предприятие способно дать новый толчок международному сотрудничеству в деле освоения космоса и стать плацдармом для дальнейшего освоения Солнечной системы.



▲ Условия на Марсе можно назвать потенциально пригодными для поддержания жизни. Люди могли бы основать там поселение в течение ближайших 50 лет.

назначения — Луна. Основать поселение там можно уже в течение ближайших 30 лет. Она находится недалеко и дорога к ней относительно проста. Мы уже летали туда и изучали ее с помощью луноходов. С другой стороны, размер Луны невелик; в отличие от Земли, у нее нет атмосферы или магнитного поля, способных защитить нас от смертоносной солнечной радиации. Там нет жидкой воды, однако предположительно в кратерах у южного и северного полюсов существуют запа-

сы водяного льда. Поселенцы могли бы использовать его для добычи кислорода, а энергию для своих потребностей получать, например, с помощью ядерного реактора или солнечных батарей. Можно сказать с уверенностью, что Луна имеет все шансы стать трамплином на пути к другим объектам Солнечной системы.⁴

Следующая достижимая цель для колонизации — Марс. Мы могли бы основать там

поселение в течение ближайших 50 лет. Около 4 млрд лет назад у Красной планеты, очевидно, тоже было магнитное поле, но потом оно иссякло, оставив ее беззащитной перед частицами солнечного ветра, которые, в свою очередь, сорвали с нее почти всю атмосферу, и теперь ее плотность составляет всего 1% земной. Поэтому, несмотря на то, что сейчас жидкой воды на Марсе нет, мы наблюдаем многочисленные остатки высохших озер и пустыие русла некогда текших по его поверхности рек.⁵ Кроме того, на соседней планете обнаружены пещеры с залежами твердой углекислоты, накопившимися многие годы.

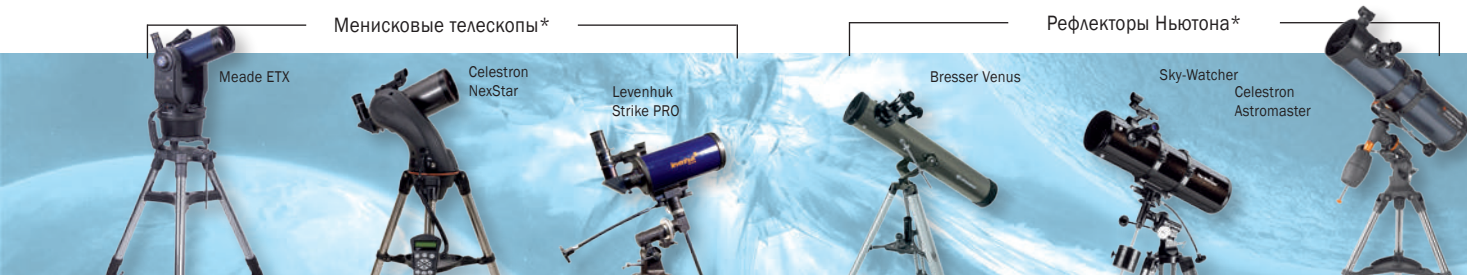
Несомненно, условия на Марсе можно назвать потенциально пригодными для поддержания жизни. И если однажды мы обнаружим признаки того, что она некогда там существовала, это станет основанием считать, что вероятность ее зарождения на планетах с соответствующими условиями достаточно высока.

Конечно, Луна и Марс вполне могли бы стать объектами колонизации, но что, если мы сразу отправимся за пределы Солнечной Системы? Например, возьмите недавно открытую планету у ближайшей к нам звезды — Проксиму b. Эта экзопланета, хоть и находится к нам ближе всех, но все же удалена почти на 4,5 световых года, обращаясь вокруг звезды Проксимы Центавра.⁶ Последние исследования подтвердили ее схожесть с Землей по некоторым параметрам. Наши самые совершенные инструменты предоставляют основания считать, что планеты имеются на орбитах вокруг значительного количества звезд. Пока мы можем уверенно определить присутствие только гигантских планет, сопоставимых по размеру с Юпитером и Сатурном, но логично предположить, что по соседству с ними могут обращаться и меньшие каменистые землеподобные тела. Некоторые из них наверняка будут располагаться в «зоне жизни» — на расстоянии от материнского светила, допускающем существование на поверхности жидкой воды.

В пределах 30 световых лет от Солнца находится около тысячи звезд. Даже

⁵ ВПВ №10, 2005, стр. 16; № 7, 2007, стр. 14

⁶ ВПВ №12, 2006, стр. 17; №9, 2016, стр. 15; №3, 2017, стр. 6



* Цена зависит от модели

если только 1% из них имеют в своих системах земледобные планеты, это уже дает нам 10 потенциальных новых миров. При нынешнем уровне технологического развития, к сожалению, мы не можем отправиться с ним иначе, как с помощью нашего вездесущего воображения. Однако при желании в течение ближайших 200-500 лет эта цель может стать достижимой.

Скорость, доступная нашим ракетам, определяется двумя факторами: скоростью реактивной струи и относительной долей массы, которую ракета теряет по мере разгона. Скорость истечения продуктов сгорания

▼ **Возможный вид поверхности Проксимы b — ближайшей к Солнцу экзопланеты, обращающейся вокруг красного карлика Проксимы Центавра. От этой звезды нас отделяет 4,24 световых года, однако даже с такого расстояния ее можно увидеть только с достаточно мощных телескопов.**



ESO/M. Kommissar

двигателей на химическом топливе — таких, какие мы до сих пор используем — составляет около 3 км/сек. Избавившись от 30% своей массы, аппараты с реактивными двигателями могут разогнаться до скорости в полкилометра в секунду, а потом снова замедлиться. По словам специалистов NASA, на полет к Марсу им потребуется около 260, а возможно — всего 130 дней. Однако при такой скорости путь до ближайшей звездной системы займет три миллиона лет. Для того, чтобы добраться туда быстрее, потребуется скорость истечения, намного превосходящая возможности химических ракет, в идеале — близкая к скорости света.

Для разгона космического корабля можно было бы использовать световой поток, излучаемый лазером огромной мощности. Термоядерный синтез позволил бы достичь примерно 1/10 скорости света. Чтобы лететь еще быстрее, нам потребуется двигатель, использующий энергию аннигиляции материи и антиматерии, или же вовсе какой-то новый, неизвестный пока вид энергии.

На самом деле даже ближайшая звездная система — α Центавра — так далека от нас, что, пожелай мы добраться туда в течение одной человеческой жизни, химического топлива для нашего корабля потребовалось бы ненамного меньше, чем весят все звезды Галактики. Иными словами, при существующих технологиях межзвездные перелеты

не представляются возможными. К сожалению, α Центавра вряд ли скоро станет популярным туристическим объектом, но мы можем изменить это с помощью своего воображения и силы мысли.

В прошлом году я объединил усилия с бизнесменом Юрием Мильнером для работы над проектом Breakthrough Starshot — долгосрочной программой научных разработок, призванных сделать межзвездные перелеты реальностью.⁷ Если проект будет успешным, он обеспечит возможность отправить исследовательские аппараты к α Центавра уже при жизни некоторых из нас. Но я вернусь к этому позже.

Так с чего же начнется наше путешествие? До сих пор все, что мы исследовали, располагалось в пределах наших ближайших космических окрестностей. За почти 40 лет с момента запуска наш самый удаленный аппарат — Voyager 1 — едва успел выйти в межзвездное пространство.⁸ Учитывая его скорость в 11 миль в секунду, подобному аппарату потребовалось бы около 70 тыс. лет, чтобы достичь α Центавра. Эта двойная система удалена от нас на 4,37 световых года, или 25 триллионов миль. Если на одной из планет системы есть живые существа, они все еще пребывают в счастливом неведении по по-

⁷ ВПВ №5, 2016, стр. 11; №5, 2017, стр. 19
⁸ ВПВ №3, 2006, стр. 30; №10, 2013, стр. 18

Стивен Хокинг — самый знаменитый ученый современности, известный не только благодаря своим незаурядным работам в области физики и космологии, но и как автор нескольких научно-популярных книг, в увлекательной форме рассказывающих о сложнейших вопросах происхождения и эволюции Вселенной. Среди журналистов за ним закрепилось прозвище «Абсолютный мозг».

Родился будущий ученый 8 января 1942 г. в Оксфорде, куда его мать уехала из Лондона, спасаясь от нацистских бомбардировок (во время войны немцы не бомбили английские университетские города Оксфорд и Кембридж, а пилоты британских королевских ВВС — немецкие научные центры Хайдельберг и Геттинген). Оба родителя Стивена занимались наукой: отец — медициной, мать — экономикой и философией. В школу он пошел в лон-



донском районе Хайгейт, где тогда жила его семья и где он поначалу не демон-

стрировал особых успехов в учебе. В 1950 г. Хокинги переехали в городок Рэдлетт

в северных пригородах Лондона, а позже — в Сент-Олбанс, где родились две младших сестры Стивена. Там же он успешно окончил школу, проявив особый интерес к математике.

Дальнейшая учеба в оксфордском Университетском колледже вначале не особо увлекала молодого Хокинга, хоть и не была для него сложной. Со второго курса он активно включился в студенческую жизнь; примерно тогда же окончательно сформировалось его увлечение теоретической физикой. Свою дипломную работу он написал и защитил в Кембриджском университете, где остался для получения докторской степени. В Кембридже ученый познакомился с выдающимися деятелями науки того времени — Деннисом Сиамой и Фредом Хойлом (Dennis Sciama, Fred Hoyle); там же началось его многолетнее сотрудничество с Роджером Пенроузом (Roger Penrose) —

воду прихода к власти Дональда Трампа.⁹

Президент Кеннеди объявил о подготовке высадки человека на Луну до конца 60-х годов прошлого века, и многие из присутствующих помнят эйфорию, витавшую в воздухе во время этого исторического события, которое состоялось в 1969 г. Новая пилотируемая космическая миссия могла бы подстегнуть аналогичный энтузиазм у нынешнего молодого поколения, не понаслышке знакомого с последними достижениями научного прогресса и пользой, принесенной им человечеству. Нет сомнений в том, что светлое будущее цивилизации неразрывно связано с пилотируемыми космическими полетами.

Я всегда хотел отправиться в космос. Однако в то же время я понимал, что из-за моих ограниченных физических возможностей это навсегда останется мечтой, и я никогда не смогу прикоснуться к космическим чудесам иначе, кроме как благодаря своей работе в теоретической физике и воображению. Но я недооценил предприим-

⁹ Если бы гипотетические обитатели планет иных звезд могли каким-то образом наблюдать события, происходящие на Земле, из-за конечности скорости света они бы видели их с некоторым запаздыванием (тем более значительным, чем дальше от нас находится экзопланета). Даже жители системы Проксимы Центавра в данный момент наблюдали бы события, произошедшие на нашей планете 4 года и 135 суток назад — это значит, что о вступлении Дональда Трампа в должность Президента США им бы стало известно через четыре с половиной месяца после окончания его первого президентского срока.



▲ Стивен Хокинг всегда мечтал побывать в космосе. В 2007 г. ему посчастливилось испытать четыре минуты полной невесомости и продемонстрировать, что отправиться в космическое путешествие может фактически кто угодно.

чивость и энтузиазм тех, кто решительно настроен вывести человечество за рамки существования в пределах родной планеты. В 2007 г. мне посчастливилось испытать 4 минуты полной невесомости.¹⁰ Довольно часто можно встретить мою цитату десятилетней давности о том, что у людей не может быть будущего без полетов в космос. Я думал так раньше, и до сих пор уверен в этом. Надеюсь, тогда мне удалось продемонстрировать, что отправиться в космическое путешествие может кто угодно.

¹⁰ ВПВ №5, 2007, стр. 25

По моему мнению, задача таких ученых, как я, заключается в том, чтобы совместными усилиями с частными предпринимателями делать все возможное для возрождения атмосферы восторга и предвкушения новых межпланетных миссий. Один из таких предпринимателей — Ричард Брэнсон. У него достаточно настойчивости и рвения, чтобы открыть дорогу в космос для каждого жителя Земли. Однажды я признался ему: моей самой большой мечтой был космический полет. Я боялся, что никто не воспримет всерьез такую

в 1966 г. за совместную работу, посвященную проблемам сингулярности, они получили престижную премию Адамса. Годом ранее Стивен женился на подруге своей сестры Джейн Уайлд, а в 1967 г. у них родился сын Роберт (еще двое их детей — дочь Люси и сын Тимоти — появились на свет в 1970 и 1979 гг.).

К сожалению, примерно в то же время у Стивена Хокинга диагностировали редкую нервную болезнь — амиотрофический склероз (болезнь Шарко), приводящую к постепенному параличу и последующей атрофии мышц. Вначале врачи давали ученому не больше двух лет жизни, но болезнь прогрессировала медленнее, чем предполагалось, а далее появились средства, позволяющие смягчить ее последствия. Хокинг продолжил заниматься наукой и в 1970 г. взялся за изучение черных дыр, благодаря которым

позже и получил всемирную известность. Его пригласили на должность профессора в Калифорнийский технологический институт, где он познакомился с другим своим знаменитым соавтором — Кипом Торном (Kip Thorne).

В 1975 г. Хокинг возвратился в Кембридж, в том же году за активную и плодотворную работу его удостоили главных британских научных наград (медалей Эддингтона и Хьюза), а позже — американских премий Максвелла, Хейнемана и медали Франклина. В 1981 г. ученый предложил свой механизм «испарения черных дыр» и начал работать в области теории космической инфляции — фазы сверхскоростного расширения пространства, наступающей сразу после Большого Взрыва. В 1985 г. он получил золотую медаль Королевского астрономического общества, в 1987 г. — медаль Поля Дира-

ка, а в 1988 г. ему совместно с Роджером Пенроузом вручили престижную международную премию Вольфа. Как ни странно, ни одно из его научных достижений так и не было признано достойным главной мировой научной награды — Нобелевской премии.

Также в 1988 г. вышла одна из наиболее известных научно-популярных книг Хокинга — «Краткая история времени» (A Brief History of Time). После этого он становится знаменитым за пределами научных кругов, часто дает интервью и появляется в телепрограммах, много путешествует и выступает с лекциями, несмотря на то, что в это время ученый уже испытывает серьезные проблемы с речью и вынужден пользоваться звуковым синтезатором. В 1995 г. Стивен Хокинг женился во второй раз — на одной из медсестер, ухаживавших за ним.

Острый ум ученого, позволивший ему сделать множество открытий и точных научных предвидений, впрочем, не гарантирует его от серьезных ошибок, которые довольно быстро становятся достоянием широкой общественности благодаря страсти Хокинга заключать пари. Его самым, пожалуй, известным «промахом» стало публичное заявление о том, что бозон Хиггса никогда не будет обнаружен (как известно, существование этой частицы смогли экспериментально доказать в ходе экспериментов на Большом адронном коллайдере в 2011–2013 гг.). Стивен Хокинг является одним из основателей и постоянным членом оргкомитета фестиваля STARMUS, а с 2016 г. он активно занят в проекте Breakthrough Starshot, предусматривающем отправку флотилии беспилотных нанозондов к ближайшей звезде.

затею. Не колеблясь ни секунды, он предложил мне место — и я, также не колеблясь, согласился. С тех пор я ни разу не сомневался в правильности своего решения.

Очевидно, что мы входим в новую космическую эру. Первые астронавты, работающие с коммерческими предприятиями, станут первопроходцами, а стоимость полетов поначалу будет огромной. Но я надеюсь, что со временем она снизится настолько, что большинство населения сможет позволить себе такое удовольствие. Чем больше людей побывает за пределами атмосферы, тем шире будет распространяться новое видение смысла нашего существования на Земле и ощущение ответственности за судьбу родной планеты. Это поможет нам понять свое место в космосе — ведь наша судьба, по моему убеждению, неотъемлемо связана с космическими путешествиями.

Наверняка многие станут возражать и отстаивать другую позицию: вместо того, чтобы тратить средства на потенциально безуспешный поиск другой планеты, лучше было бы расходовать их на решение более насущных земных проблем. Я абсолютно не отрицаю необходимости бороться с климатическим сдвигом и глобальным потеплением, в отличие от президента Трампа, не так давно принявшего решение по вопросу изменения климата, последствия которого могут стать куда серьезнее и печальнее, чем когда-либо ви-



Jenny Mochtar

▲ Вполне возможно, что вероятность возникновения даже примитивных форм жизни очень мала.



▲ Даже если вероятность появления примитивной жизни окажется сравнительно высокой, значительно ниже может быть вероятность ее развития до существ с уровнем интеллекта, сопоставимым с нашим.

дывал мир.¹¹ Я выступаю за выработку и следование долгосрочной стратегии развития человечества. Планы строительства лунной базы к 2020 г. и высадки людей на Марсе к 2025-му обеспечили бы прилив интереса и энтузиазма, аналогичный захлестнувшему широкую общественность в 60-е годы прошлого века после заявления Кеннеди.

Одним из закономерных следствий стало бы возросшее общественное признание значения науки как таковой. Похоже, мы живем в век, когда ученые и наука находятся под угрозой снижения их значимости в глазах широкой публики. Это может привести к плачевным последствиям. Наше общество все сильнее полагается на достижения науки и техники, но в то же время все меньше молодых людей стремится стать учеными. Амбициозная космическая программа помогла бы вызвать у них живой интерес к таким областям, как астрофизика и космология.

Конечно, существуют и риски. Что мы обнаружим, отправившись в космос? Имеются ли там иные формы жизни, или же мы совсем одни во Вселенной? Если жизнь на Земле зародилась вследствие случайных процессов, это означает ненулевую вероятность аналогичного ее возникновения на других подходящих планетах. Но даже если эта вероятность исчезающе мала — в бескрайней Вселенной достаточно миров, чтобы она непременно возникла где-нибудь еще. Однако пока мы не имеем полного представления о том, как появилась жизнь на нашей планете. Возможно, это произошло вследствие случайного столкновения макромолекул, приведшего к образованию ДНК, или же благодаря панспермии — перене-

¹¹ Имеется в виду решение Дональда Трампа о выходе из Парижского климатического соглашения 2015 г.

▼ Не исключено, что вскоре после достижения некоего уровня технологического развития разумная жизнь сама уничтожает свою цивилизацию войнами или порожденной ею экологической катастрофой...



су простейших живых организмов от одной планеты к другой в результате обмена метеоритами.

Я настоятельно всем рекомендую быть аккуратными, встретив пришельца. Никто не знает, где он уже побывал. Если серьезно, по моему мнению, есть три причины, объясняющие, почему мы до сих пор не встретили инопланетян. Во-первых, вполне возможно, что вероятность зарождения даже примитивных форм жизни очень мала. Во-вторых, даже если эта вероятность сравнительно высока, низкой может быть вероятность развития таких организмов до уровня интеллекта, сопоставимого с нашим. И наконец, не исключено, что вскоре после достижения достаточного уровня технологического развития разумная жизнь, как правило, сама уничтожает свою цивилизацию войнами, болезнями и оружием массового поражения. Подозреваю, что именно по этой траектории мы и движемся.

Лично мне бы хотелось, чтобы правильным вариантом ответа оказался второй: жизнь как таковая была бы достаточно распространена, но развитие интеллекта происходило бы только в исключительных случаях. Некоторые даже считают, что и на Земле этого еще не произошло.

Еще одна преграда на пути к колонизации космоса человеком — отсутствие знаний о том, как долго мы сможем выжить вне привычных земных условий. Исследования на МКС показывают, что люди могут жить вдали от Земли в течение примерно полугода, однако длительное пребывание в условиях микрогравитации приводит к нежелательным физиологическим последствиям: истощению костной ткани, сбоям в работе печени и так далее. Стоит помнить о том, что колонисты отправятся в путешествие в один конец. Возврата на Землю после нескольких лет или даже месяцев

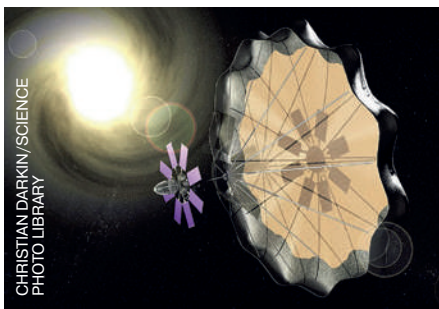
не будет. Тем не менее, возможные выходы есть.

Как я уже упоминал ранее, в стадии разработки находится проект Breakthrough Starshot, который сможет подготовить почву для дальнейшей колонизации космоса человеком, отправив миниатюрные исследовательские аппараты к далеким космическим объектам, представляющим особый интерес. Это испытательный проект для экспериментальной проверки трех основных концепций: релевантности космических нанозондов, возможности использования давления света для их разгона и пригодности синхронизированных лазеров для этой цели.

Предполагается, что в рамках проекта полноценный исследовательский модуль размером в несколько сантиметров будет прикреплен к световому парусу. Изготовленный из метаматериалов, этот парус должен весить не более нескольких грамм. Ожидается, что на орбиту выведет около тысячи таких аппаратов со сверхлегкими парусами. В то же время на Земле установят батарею лазеров длиной почти в километр, и потоки излучения от них объединят в один мощнейший лазерный луч. Этот луч мощностью в десятки гигаватт направят сквозь атмосферу на световые паруса. Главная идея проекта заключается в том, чтобы отправить мини-аппараты в путешествие так, как воображал юный Эйнштейн — верхом на луче света.

Конечно, развить околосветовую скорость им не удастся, но предполагается, что они смогут разогнаться до одной пятой абсолютного скоростного лимита, преодолевая около сотни миллионов миль в час. Такая система зондов могла бы долететь до Марса всего за полчаса, до Плутона — за считанные дни, менее чем за неделю обогнать аппарат Voyager и прибыть к системе α Центавра уже через 20 лет после старта. Добравшись до места назначения, мини-зонды сделали бы снимки и передали бы их на Землю вместе с другими данными о планетах системы, проведя исследование магнитных полей и поиск органических молекул. Эта информация могла бы быть принята той же установкой, которая обеспечивала изначальный лазерный «толчок» при запуске аппаратов.

Важно отметить, что траекторию «межзвездных парусников» можно проложить таким образом, чтобы обеспечить пролет мимо недавно открытой планеты Проксима b — землеподобного каменистого тела в «зоне жизни» своей родительской звезды. Уже в этом году проект Breakthrough Starshot объединит



▲ Главная идея проекта Breakthrough Starshot заключается в том, чтобы отправить мини-зонды в путешествие так, как воображал юный Эйнштейн — верхом на луче света.

усилия с Европейской Южной обсерваторией для поиска новых потенциально обитаемых планет в системе α Центавра.

У проекта есть и второстепенные задачи. По пути к соседним звездам зонды будут изучать Солнечную систему — в частности, заниматься поиском астероидов, представляющих потенциальную угрозу для нашей планеты. Кроме того, наши коллеги из Германии предложили использовать эту технологию для обнаружения биосфер, состоящих из одноклеточных организмов или вирусов, на поверхностях далеких экзопланет. Все эти цели в данный момент кажутся вполне достижимыми.

Тем не менее, в ходе реализации проекта предстоит преодолеть немало серьезных препятствий. Лазер мощностью в гигаватт сможет дать лишь небольшой толчок мини-зонду, но за счет малого веса последнего это придаст ему заметное ускорение. Проект представляет собой инженерную задачу колоссальной сложности. Флот мини-парусников должен выдержать суровые условия перелета: быстрое ускорение, холод и вакуум космоса, столкновения с протонами солнечного ветра и частицами космической пыли. Кроме того, из-за турбулентности земной атмосферы сфокусировать множество лазерных лучей общей мощностью 100 гигаватт в направлении световых парусов будет невообразимо трудно. Как же нам объединить лучи сотен лазеров и преодолеть атмосферные неоднородности? Как заставить аппараты развить огромную скорость, не разрушив их при этом? Как направить модули в нужную сторону? Справившись с этими испытаниями, нам придется придумать способ, как поддерживать работоспособность зондов в течение 20 лет и обеспечить отправку ими данных с расстояния в 4 световых года. Однако все это — лишь инженерные проблемы, которые, как правило, рано или поздно становятся решаемыми.

Когда необходимые для этого проекта технологии станут доступными, появится возможность реализации новых потрясающих воображение миссий. Используя ла-

зерную батарею, сооруженную для запуска мини-зондов, можно значительно сократить время, требуемое для полетов к объектам внутренней и внешней Солнечной Системы, а также к местам назначения в межзвездном пространстве. Конечно, таким способом едва ли можно осуществить пилотируемый межзвездный перелет. Даже если представить себе некий тип космического корабля, разгоняемого с помощью этого метода, то остановить его потом явно не получится. Тем не менее, успешная отправка исследовательских модулей к другой звезде станет моментом, с которого начнется наше освоение Галактики. Кроме того, если проекту Breakthrough Starshot удастся получить первые фотографии и данные о потенциально пригодных для жизни планетах на орбитах вокруг соседних звезд, это принесет огромную пользу космическому будущему человечества.

В заключение я хочу вернуться к Эйнштейну. Если хотя бы один из аппаратов упомянутого проекта сможет сделать фотографии экзопланет в системе α Центавра на одной пятой скорости света, изображения окажутся слегка искаженным из-за релятивистских эффектов. Но это станет первым в истории моментом, когда созданный человеком объект разгонится до скорости, позволяющей наблюдать эффекты ОТО. На самом деле эта теория лежит в самом сердце всей миссии. Без нее у нас не было бы ни лазеров, ни возможности произвести расчеты, необходимые для навигации, получения изображений и передачи данных на расстояние более 25 трлн миль на скорости $1/5$ световой. Теперь нам становится очевидной связь между мечтой того шестнадцатилетнего подростка, представлявшего себя верхом на луче света, и нашей собственной, вполне реализуемой мечтой верхом на луче отправиться к звездам.

Мы стоим на рубеже новой эры. Колонизация других планет людьми — больше не научная фантастика. Она вполне может стать реальным фактом. Человек как отдельный вид существует почти 2 млн лет. Первые цивилизации появились около 10 тыс. лет назад, и темпы технологического развития с тех пор неуклонно возрастают. И если человечеству суждено просуществовать еще миллион лет — нет сомнений, что путь наш ведет туда, где никто не бывал. Я надеюсь на лучшее. Кроме того, у нас просто нет другого выбора. Спасибо за внимание!

МЫ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ



Найдем ли мы иной разум... до того, как выйдем?

Только в нашей галактике Млечный Путь насчитывается от 100 до 400 млрд звезд, и примерно у половины из них потенциально имеются планетоподобные спутники. В наблюдаемой Вселенной, согласно последним данным, существуют, по крайней мере, 2 трлн галактик, подобных нашей, каждая из которых содержит триллионы экзопланет, обращающихся вокруг миллиардов и миллиардов звезд. Даже если планеты, способные поддерживать жизнь, чрезвычайно редки, хотя бы на небольшой части из них где-то во Вселенной должна быть разумная жизнь. Например, согласно данным Business Insider, если бы в нашей Галактике доля планет, пригодных для жизни, составляла всего 0,1% — это означало бы, что их общее число на самом деле может достигать миллиона.



▲ Основная часть экономического потенциала человечества сосредоточена в научных и культурных центрах, находящихся в пределах 100 км от морей и океанов. Если в результате климатических изменений растают все ледники на суше — уровень Мирового океана поднимется на 170 м, вследствие чего произойдет затопление огромных территорий (при этом наивысшая точка статуи Свободы окажется на глубине почти 80 м). Это весьма неблагоприятно скажется на темпах и направлении развития человеческой цивилизации.

Эти соображения побудили нобелевского лауреата итальянского физика Энрико Ферми (Enrico Fermi) сформулировать относительно чужих форм жизни закономерный вопрос: «Где же они?» Он позже стал известен как «Парадокс Ферми»,¹ и наиболее существенные ответы на него, как ни странно, касаются людей.

Наш журнал уже не раз обращался к этой теме и писал про гипотезу «Великого фильтра», утверждающую, что до того, как разумная жизнь получит возможность покинуть свою родную планету, ее эволюция по каким-либо причинам прекращается.² В истории любого землеподобного тела существуют переломные моменты, которые в обязательном порядке необходимо преодолеть, прежде чем начать налаживать контакты с другими мирами. Часть таких моментов наступает на ранних этапах развития жизни, а с частью мы имеем шансы столкнуться на текущем этапе нашей эволюции, и, будем надеяться, успешно выдержим эти испытания.

¹ ВПВ №5, 2007, стр. 4

² ВПВ №5, 2014, стр. 14; №9, 2015, стр. 24; №2, 2016, стр. 4

Первой и наиболее очевидной угрозой, конечно же, остается изменение климата. Если оно продолжится теми же темпами, в конечном итоге большая часть известных нам земных биологических видов просто вымрет. Последние 12 тыс. лет на Земле царили удивительно стабильные условия, что позволило человеческой цивилизации процветать, извлекая выгоду из сельского хозяйства и, в конечном счете, привело к индустриализации — которая, по иронии судьбы, частично несет ответственность за климатический сдвиг.

Недавние исследования указывают на несколько характеристик, позволяющих определенным видам с большей вероятностью выжить в неблагоприятных условиях планеты, пострадавшей от изменения климата. Одна из самых важных — короткий репродуктивный цикл. Поэтому люди, у которых он равен 9 месяцам, в число потенциально выживших никак не попадают.

Хотя на разных планетах эволюция проходит различными путями, тем не менее, разумным существам на пути к «межзвездному виду» приходится преодолевать столько препятствий, что в итоге переселение к другим звездам и даже на другие тела своей собственной системы просто не успевает начаться. В результате, рассуждает нью-йоркский журналист Дэвид Уоллейс-Уэллс (David Wallace-Wells), во Вселенной, имеющей возраст свыше 13 млрд лет, звездные системы с обитаемыми планетами оказываются крайне редким явлением, при этом они вдобавок разделены как во времени, так и в пространстве — цивилизации могут появляться, развиваться и уничтожать себя слишком быстро, чтобы успеть найти себе подобных... Прогрессирующее исчезновение биологических видов, наблюдаемое на протяжении последней пары сотен лет — лишь начало большой эпохи массового вымирания.

Другие ученые предлагают свои варианты решения «Парадокса Ферми», иногда не столь пессимистичные. Оксфордский нейробиолог Андерс Сандберг (Anders Sandberg), сотрудник Белградской астрономической обсерватории Милан Сиркович и эксперт по искусственному интеллекту Стюарт Армстронг (Stuart Armstrong) утверждают, что инопланетяне не вымерли, а находятся в спячке, ожидая, пока Вселенная в достаточной мере остынет. Профессор Заза Османов из Свободного университета Тбилиси считает, что наши поиски признаков иного разума и чужеродных мегаструктур до сих пор не увенчались успехом, потому что мы ищем их не там, где следует: нам просто нужно уделить больше внимания окрестностям пульсаров³ с происходящими в них высокоэнергетическими процессами, а не сосредотачивать усилия исключительно на звездах.

Английский физик Брайан Кокс (Brian Cox) высказывает совсем радикальную точку зрения — по сути, своеобразное предостережение и для нашей цивилизации, и для других: «Возможно, развитие науки и техники неизбежно опережает темпы политического осознания своего цивилизационного статуса, что чревато катастрофическими последствиями — заявил он в одном из интервью. — Если разумная жизнь склонна к самоуничтожению, едва достигнув достаточно высокой ступени развития, то наша цивилизация вполне может приближаться к этой точке». В унисон с его мыслями звучат и недавние выступления таких известных деятелей науки, как Стивен Хокинг и Нил Деграсс Тайсон, предупреждающих нас об уменьшении роли ученых в современном мире как о весьма опасной тенденции.⁴

³ ВПВ №12, 2007, стр. 4; №2, 2015, стр. 20

⁴ ВПВ №7, 2017, стр. 27

Ресурсы исчерпываются все быстрее...

Согласно докладу Всемирного фонда дикой природы (WWF) и экологической организации Global Footprint Network, в 2017 г. «день перерасхода» — момент, когда человечество исчерпало ресурсы планеты, рассчитанные на целый год — наступил 2 августа. В минувшем году, напоминают экологи, мы «продержались» на годовых ресурсах на 6 суток больше.

«День перерасхода» (Earth Overshoot Day) вычисляется на основании того, какой ущерб, нанесенный планете антропогенной активностью, она способна восстановить на протя-

жении года. Согласно докладу, это значит, что люди за 7 месяцев израсходовали столько воды, воздуха и плодородных почв, сколько без особого ущерба для земных экосистем можно было бы употребить за 12 месяцев. «Мы выбросили больше диоксида углерода, чем океаны и леса способны поглотить за год, мы поймали больше рыбы, повалили больше деревьев, собрали больше урожая и потребили больше воды, чем Земля способна произвести за этот период», — говорится в заявлении экологов. Для того, чтобы удовлетворить наш текущий глобальный уровень потребления,

нам понадобилось бы еще две трети такой планеты, как наша.

Приведенный в отчете показатель рассчитывается с 1986 г. Преодоление порога восстановления общепланетных ресурсов ежегодно наступает все раньше. В 1993 г. это произошло 21 октября, в 2003 г. — 22 сентября, а в 2015 г. — 13 августа. Все оставшееся до конца года время человечество живет фактически «в кредит» — за счет ресурсов, предназначенных для будущих поколений. Основной вклад в экологический ущерб, как сейчас принято считать, вносят парниковые агенты, в первую очередь — углекислый газ (диоксид углерода), образующийся в результате сжигания угля, нефти и природного газа. Его доля в настоящее время оценивается примерно в 60%, и именно поэтому такое большое внимание уделяется снижению его выбросов.

Единственная хорошая новость, как отмечают экологи, заключается в том, что скорость «сдвига» критического момента за последнее время заметно снизилась, и есть шанс, что в следующем году он наступит как минимум не раньше, чем в текущем. В принципе, каждый из нас может внести в это свой посильный вклад: нужно просто есть меньше мяса, сжигать меньше топлива, тратить меньше электричества и расходовать меньше бумаги...



Сколько воды нужно планете

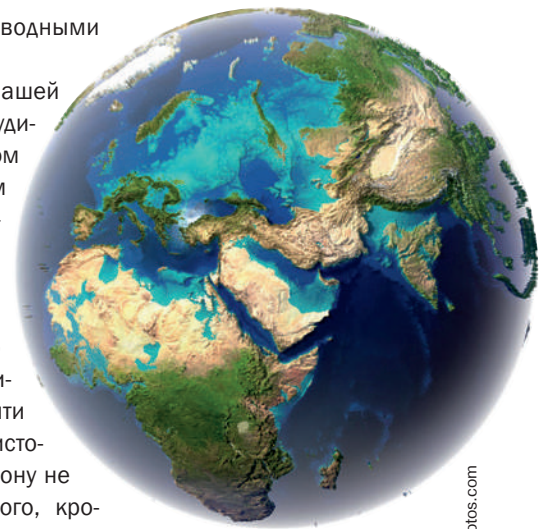
Наш мир представляет собой группу больших массивов суши, окруженных огромными океаническими просторами. Мы давно привыкли к этому образу и по умолчанию считаем, что все потенциально обитаемые экзопланеты должны выглядеть примерно так же. Но насколько справедливо это мнение? Баланс между водой и сушей определяется комбинацией множества параметров — таких, как размер планеты, ее рельеф, состав атмосферы, удаленность от звезды и т.д. Если изменить любой из них, можно получить мир, полностью покрытый водой, или планету без океанов.

Космолог и эксперт по статистике Фергюс Симпсон из Института космических наук при Университете Барселоны (Fergus Simpson, Institut

de Ciencias del Cosmos, Universidad de Barcelona) решил выяснить, какой вид потенциально обитаемых миров должен быть наиболее распространенным во Вселенной. Для этого он создал статистическую модель распределения различных типов планет. Результаты его исследования показали, что большинство из них представляют собой океанические миры, где водные пространства занимают свыше 90% поверхности. Это может объяснить, почему многие известные нам землеподобные экзопланеты имеют несколько меньшую плотность, чем ожидалось. С другой стороны, миры с небольшими океанами и доминирующими континентами подходят для жизни значительно хуже, поскольку там почти вся суша

будет покрыта безводными пустынями.

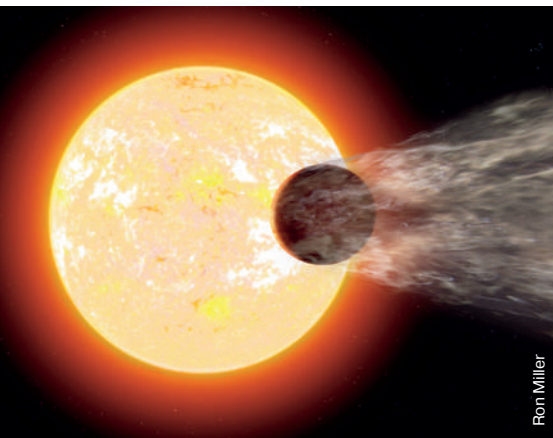
Что же касается нашей планеты, то она удивительным образом оказалась в узком интервале оптимального соотношения водной поверхности и твердой земли, причем она как-то «умудрилась» удерживаться в нем почти всю свою долгую историю. Поэтому Симпсону не осталось ничего иного, кроме как объяснить ее уникальность антропным принципом, суть которого в данном случае можно сформулировать следующим образом: Земля так хорошо подходит для жизни, поскольку лишь на такой Земле могла возникнуть и развиваться жизнь — по крайней мере, разумная.



▲ Соотношение площадей суши и Мирового океана на Земле в настоящее время близко к оптимальному. На этой иллюстрации показано, как выглядело бы восточное полушарие нашей планеты, если бы вода покрывала не 71% (как сейчас), а 80% ее поверхности. Вертикальный масштаб сильно преувеличен по сравнению с горизонтальным.

Звездные «штормы» и обитаемость экзопланет

Компьютерное моделирование процессов, происходящих в звездах, дает представление о дополнительных сложностях при рассмотрении вопроса пригодности для жизни их планетоподобных спутников. Модели, разработанные для нашего Солнца, группа исследователей под руководством Кристины Кей из Годдардского центра космических полетов NASA (Christina Kay, Goddard Space Flight Center) применила к сравнительно холодным красным карликам, которые сейчас привлекают особое внимание «охотников за экзопланетами». Результаты работы были представлены 3 июля на Национальном астрономическом симпозиуме в Университете Халла (University of Hull).



Ron Miller

▲ Возможный вид экзопланеты HD189733b, демонстрирующей ее атмосферу, «сдуваемую» корональным выбросом родительской звезды.

Мощные корональные выбросы массы (Coronal mass ejections — CME), которые представляют собой огромные облака плазмы, «увлекаемые» в окружающее пространство с поверхности Солн-

ца или других звезд силовыми линиями их магнитного поля, являются основополагающим фактором в так называемой космической погоде. Они способны нарушить работоспособность искусственных спутников Земли и даже электронного оборудования на поверхности планеты. Однако ученые показали, что космическая погода может также оказывать значительное влияние на потенциальную обитаемость планет, обращающихся вокруг «прохладных» звезд с низкой массой.

Традиционно экзопланета считается пригодной для жизни, если ее орбита расположена в так называемой «зоне обитаемости» — области околозвездного пространства, в которой температурный диапазон допускает наличие жидкой воды. Маломассивные звезды имеют более низкую температуру, поэтому такие зоны располагаются к ним значительно ближе, чем в нашей Солнечной системе. С другой стороны, их CME из-за более сильных магнитных полей должны быть намного мощнее.

Когда корональный выброс достигает планеты, он сжимает ее магнитосферу — своеобразный защитный «магнитный пузырь». Экстремально мощные CME могут оказывать давление, достаточное для ее весьма сильного сжатия, при котором планетная атмосфера входит в прямой контакт с веществом выбросов и даже может быть сметена ими в космическое пространство. При этом поверхность экзопланеты и любые потенциально присутствующие там формы жизни подвергаются губительному воздействию высокоэнергетического излучения (ультрафиолетового и рентгеновского) своего светила.

Команда исследователей использовала результаты недавней работы, проведенной в Бостонском университете, в которой содержится информация о CME в Солнечной системе, и применила их к системам красных карликов. Ученые предполагали, что в них выбросы будут более частыми, чем у Солнца, но неожиданным стало то, где они локализованы. В частности, при моделировании траектории CME от звезды V374 Пегаса выяснилось, что ее мощные магнитные поля вытесняют большинство выбросов до так называемого астрофизического токового листа (Astrophysical Current Sheet) — поверхности, соответствующей минимальной напряженности магнитного поля, где они остаются в ловушке, продолжая воздействовать на атмосферы возможных экзопланет.

Результаты исследования показывают, что в системах красных карликов планетам потребуется магнитное поле, в несколько тысяч раз превышающее по мощности земное, чтобы защитить их атмосферу от CME. Объекты, расположенные вблизи токового листа, могут «переживать» до пяти корональных выбросов в день; правда, эта частота уменьшается до одного в день для планет с наклонными орбитами.

Инициатор исследований профессор Мерав Офер (Merav Opher) так прокомментировал их результаты: «Эта работа — новаторская в том смысле, что мы начинаем изучать эффекты космической погоды, которые необходимо будет учитывать при оценке потенциальной обитаемости планет вблизи очень активных звезд».

Что «услышал» Аресибо?

Весной этого года сотрудники Лаборатории обитаемости планет (Planetary Habitability Laboratory) при Университете Пуэрто-Рико использовали 305-метровую антенну радиобсерватории Аресибо для наблюдений близких красных карликов. Ученых ждал небольшой сюрприз: во время исследований звезды Ross 128 — одного из ближайших «соседей» Солнца (от нее нас отделяет 11 световых лет) — они зарегистрировали не-

обычные сигналы, состоящие из «широкополосных квазипериодических неполяризованных импульсов с сильной дисперсией». Сигналы оказались характерными только для этого объекта: у других звезд они пока не наблюдались.

Специалисты достаточно быстро исключили версию радиопомех от земных электронных устройств и сосредоточились на трех основных объяснениях феномена:

1. Источником сигналов является сама звезда (похожие импульсы возникают во время солнечных вспышек II типа).

2. Источником может быть какой-то более близкий или далекий объект, видимое положение которого совпадает с красным карликом.

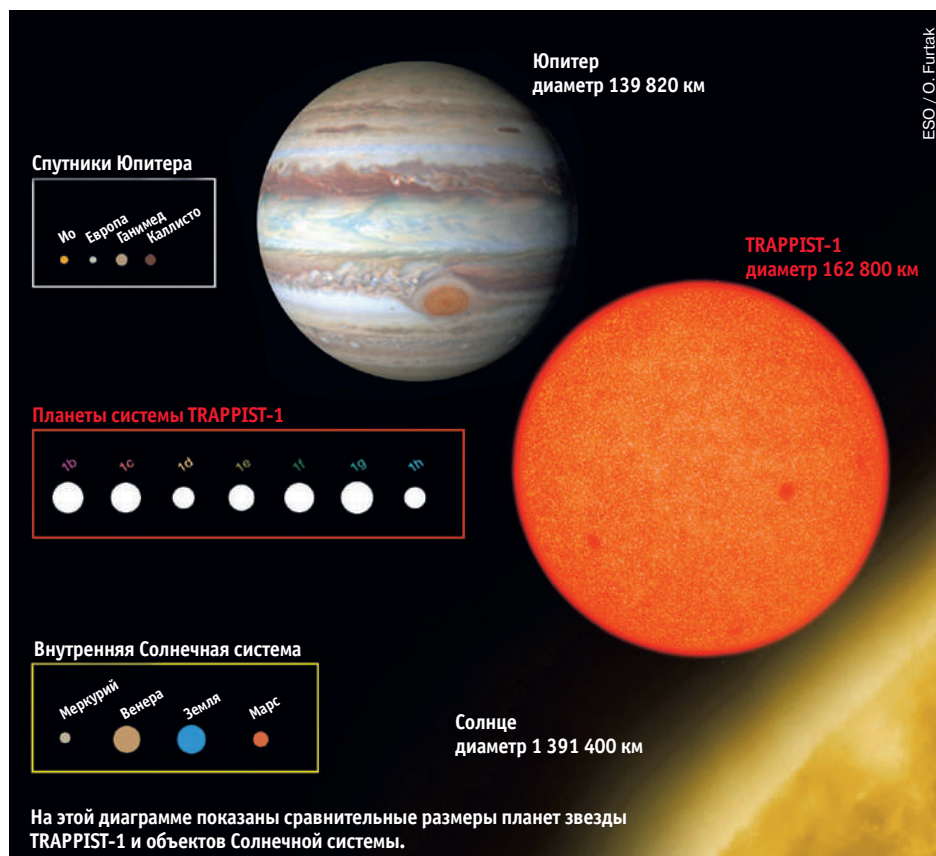
3. Радиотелескоп зарегистрировал передачу от высокоорбитального спутника.

У всех трех вариантов имеются слабые места. Структура

ра сигнала не была похожа на спутниковую передачу, солнечные вспышки II типа происходят в основном на гораздо более низких частотах, а рядом с исследованной звездой на небе находится не так уж и много «посторонних» объектов.

Новости о странном «поведении» Ross 128 вызвали практически неизбежный вопрос: а не может ли оно быть признаком наличия инопланетной цивилизации? Теоретически

Трудности жизни у звезды TRAPPIST-1



карлик, расположенный на расстоянии 38,8 световых лет от Солнца. По размерам он чуть больше Юпитера, а его масса оценивается в 8% солнечной. Эта звезда быстро вращается и сравнительно часто производит мощные вспышки ультрафиолетового излучения.

В своем исследовании теоретики Ави Леб и Манасви Лингам (Avi Loeb, Manasvi Lingam, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) рассмотрели множество факторов, которые могут повлиять на условия на планетах, обращающихся вокруг красных карликов. Для системы TRAPPIST-1 они учли влияние на экологию и эволюцию температуры, а также возможность разрушения атмосферы спутников звезды ее ультрафиолетовым излучением. Опасность такого развития событий очень велика, поскольку эти спутники движутся намного ближе к своему светилу, нежели Земля к Солнцу.

По оценкам исследователей, с учетом перечисленных факторов вероятность существования сложной жизни на любой из трех планет TRAPPIST-1, находящихся в «зоне обитаемости», составляет менее процента от аналогичного показателя в системе «Солнце-Земля». Статья об этом была опубликована в июльском номере журнала International Journal of Astrobiology.

По результатам работы ученые сделали вывод, что недавнее решение сконцентрировать поиски потенциально обитаемых планет на системах красных карликов оказалось несколько преждевременным, и в этом смысле нам следовало бы больше внимания уделять звездам, похожим на Солнце (несмотря на то, что они встречаются в Галактике заметно реже).

Согласно сведениям, полученным двумя отдельными группами астрофизиков из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики, а также Лоуэлловского центра космической науки и техники (Lowell Center for Space Science and Technology), характеристики центральной звезды в планетной системе TRAPPIST-1 делают ее гораздо менее вероятным, чем ранее считалось, кандидатом на место для поисков внеземной жизни.

В начале 2017 г. в окрестностях ничем не примечательной слабой звез-

ды, видимой в созвездии Водолея, было обнаружено не менее семи планет — TRAPPIST-1b, c, d, e, f, g и h. Все они похожи по размерам на Землю (или немного меньше нее) и имеют очень маленькие орбитальные периоды: 1,51, 2,42, 4,04, 6,06, 9,21, 12,35 и 20 суток. Три из этих планет находятся в «зоне обитаемости», то есть на их поверхности могут существовать условия, подходящие для жизни земного типа.¹ Центральное светило системы представляет собой красный

¹ ВПВ №3, 2017, стр. 14

такую возможность исключить нельзя. Но вся имеющаяся информация свидетельствует о том, что окрестности этой звезды — не самое удачное место для жизни. Как и многие другие красные карлики, она относится к т.н. вспыхивающим звездам, непредсказуемым образом меняющим свою яркость: за считанные минуты она способна увеличить светимость в несколько раз. Также Ross 128 характеризуется низким уровнем металличности (концентрацией химических

элементов тяжелее гелия), что говорит о ее солидном возрасте. Вдобавок у астрономов пока нет данных, указывающих на существование в этой системе каких-либо экзопланет.

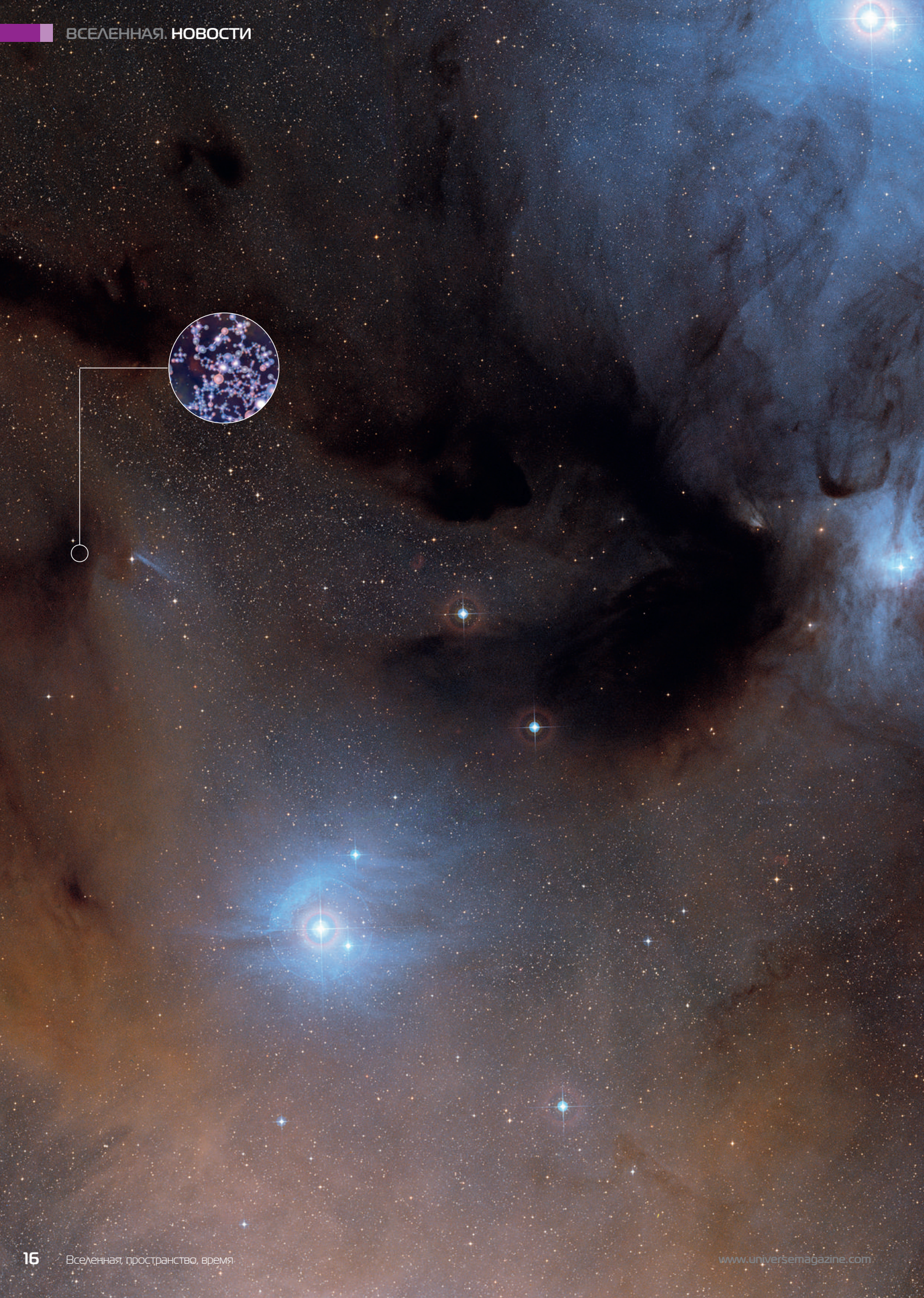
Поскольку сигналы были слишком слабы для других радиобсерваторий, а недавно введенный в строй полукилометровый китайский радиотелескоп FAST пока находится в стадии калибровки, исследователи решили еще раз нацелить на Ross 128 антенну Аресибо. В середине июля с ее помощью

провели повторные наблюдения красного карлика — и снова зарегистрировали странные радиоимпульсы.

После перепроверки всех данных Лаборатория обитаемости планет выпустила официальный пресс-релиз, где сообщила о наиболее вероятном происхождении феномена. Астрономы считают, что это была искаженная передача от какого-то геостационарного спутника. Такие аппараты находятся вблизи небесного экватора — там же,

где Ross 128 — и нередко используют частоты, на которых идет сигнал. Пока остается открытым вопрос о странной структуре импульсов, но ее можно объяснить переотражением от других искусственных околоземных объектов.

История радионаблюдений Ross 128 еще раз напомнила об одном из основополагающих принципов астрономии: «зеленые человечки» всегда должны рассматриваться в качестве возможного объяснения в самую последнюю очередь.



Органика В «ЗВЕЗДНЫХ ЯСЛЯХ»

Земля и другие планеты Солнечной системы образовались из вещества, оставшегося после формирования Солнца. Поэтому изучение зарождающихся звезд солнечного типа позволяет астрономам заглянуть в прошлое и наблюдать процессы, похожие на те, которые 4,5 млрд лет назад привели к возникновению нашей «планетной семьи».¹

Две группы европейских астрономов использовали возможности расположенного на чилийском плато Чакантор радиотелескопа ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)² для исследования системы IRAS 16293-2422, состоящей из двух молодых солнцеподобных звезд и удаленной от нас примерно на 400 световых лет. В результате им удалось выявить присутствие молекул метилизоцианата CH_3NCO — химического соединения, часто называемого «кирпичиком жизни». Несмотря на то, что в чистом виде оно является сильным ядом для человека и вообще большинства многоклеточных организмов, это вещество участвует в синтезе пептидов и аминокислот, которые в составе белков представляют собой биологическую основу известных нам жизненных форм. ALMA позволил наблюдать его молекулу в нескольких спектральных линиях микроволнового диапазона. Их зарегистрировали, в частности, в теплых сравнительно плотных внутренних областях газовой-пылевой оболочки окружающих молодые звезды.

Затем ученые дополнили наблюдения компьютерным моделированием и лабораторными экспериментами, показавшими, что метилизоцианат действительно может формироваться на ледяных частицах при очень низких температурах, близких к температуре межзвездной среды. Таким образом, можно сказать, что эта молекула — а следовательно, и пептидные связи (необходимый элемент структуры белков) — почти наверняка присутствует в окрестностях большинства молодых солнцеподобных светил.

Открытие стало первым случаем, когда пребиотические молекулы (предшественники соединений, являющихся основой живых организмов) были найдены вблизи звезд солнечного типа. Авторы одной из написанных по результатам исследования статей Рафаэль Мартин-Доменеч и Виктор Ривилья (Rafael Martín-Doménech, Víctor Rivilla) прокомментировали данные ALMA следующим образом: «Полученный результат особенно интересен, так как эти протозвезды очень похожи на наше Солнце в самом начале его истории. Условия вокруг них благоприятны для образования тел размером с Землю. Обнаружив там пребиотические молекулы, мы, возможно, отыскали еще один фрагмент мозаики, которую необходимо сложить, чтобы раскрыть тайну происхождения жизни на нашей планете».

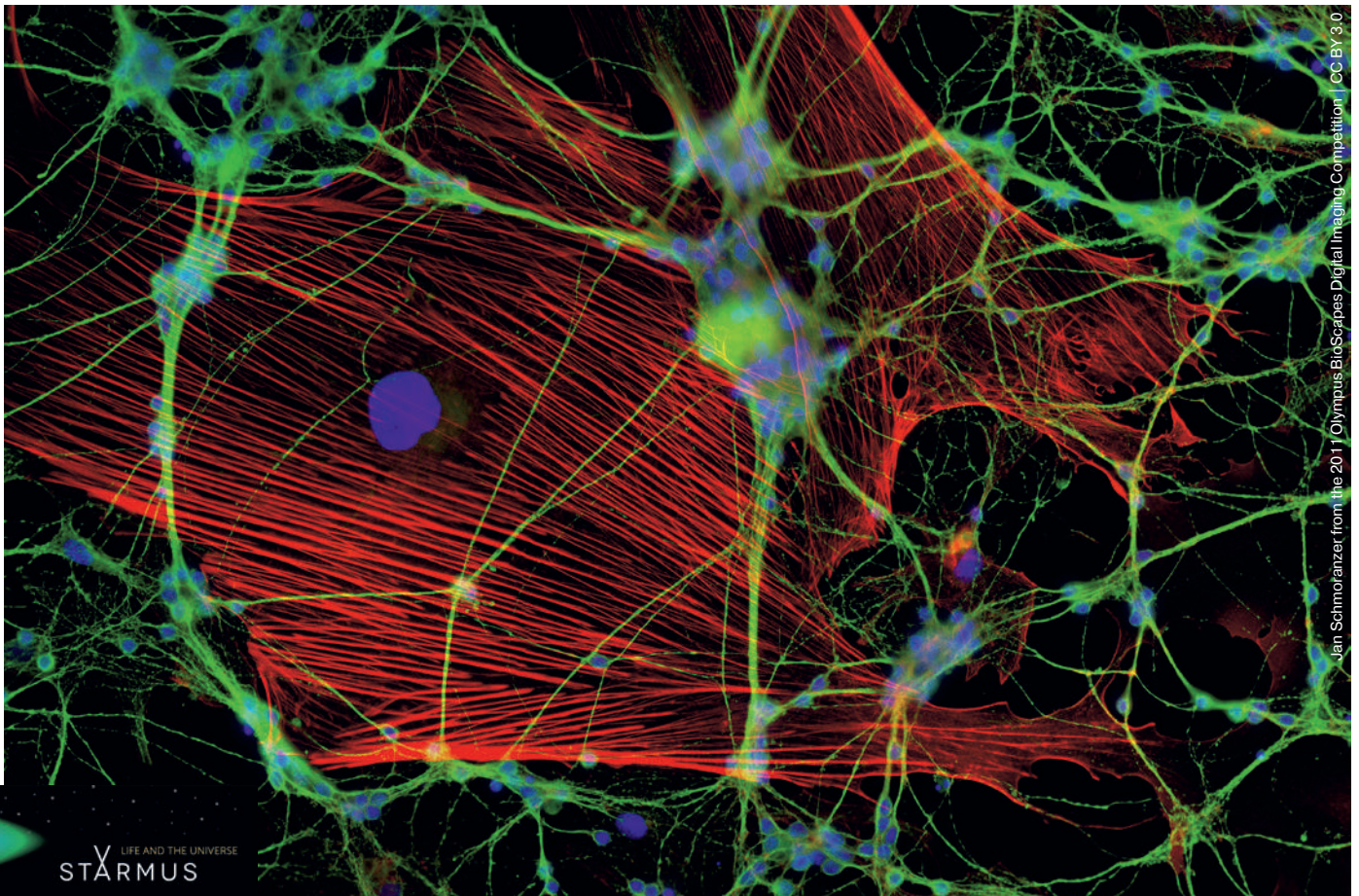
¹ ВПВ №8, 2012, стр. 4; №9, 2012, стр. 4; №9, 2015, стр. 4

² ВПВ №10, 2012, стр. 18; №8, 2014, стр. 10

◀ Живописное скопление темных и светлых газовой-пылевых облаков на этом снимке, охватывающем значительную часть небесной сферы, представляет собой обширную область звездообразования в созвездии Змееносца. Изображение составлено по данным цифрового обзора Digitized Sky Survey 2. На врезке условно показаны сложные органические молекулы.

БОЛЬШОЙ И МАЛЕНЬКИЙ МИР

Роль телескопов и микроскопов в нашем понимании себя и Вселенной



Jan Schimofanzer from the 2011 Olympus BioScapes Digital Imaging Competition | CC BY 3.0

Эрик Бетциг
Американский физик, лауреат
Нобелевской премии по
химии (2014 г.)
Медицинский институт
Говарда Хьюза, США

Eric Betzig
American physicist, Nobel
Laureate, Howard Hughes
Medical Institute, USA

All Things Great and Small:
The Role of Telescopes and
Microscopes in Understanding
Our Universe and Ourselves

Доклад прочитан 27 июня
2016 г. на фестивале STARMUS
(остров Тенерифе, Испания)

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

Одна из основных целей моей лекции — сформировать у вас представление о том, насколько мы незначительны и насколько крохотна, а потому бесценна Земля в масштабах космоса. Мы невероятно малы. Но как же мы это поняли? Изначально весь инструментарий, доступный нам для исследований окружающего мира, сводился к использованию собственных глаз. Наши глаза — несомненно, великолепные оптические приборы. Отчасти потому, что они способны видеть в широком диапазоне: фокусное расстояние хрусталика может меняться, позволяя нам разглядывать как объекты вблизи нас, так и удаленные на значительные расстояния. Ес-

▲ В нашем теле постоянно происходит множество событий, и биологи хотя и наблюдают их все в реальном времени. Сейчас с помощью новой техники флуоресцентной микроскопии они изучают поведение нейронов (на снимке). На очереди — процессы синтеза и распада белков...

ли произвести расчеты, станет понятно, что свойства глаза напрямую зависят от величины зрачка. Принимая во внимание диаметр последнего, мы можем различать объекты толщиной с волос, но в то же время возможности нашего зрения не позволяют нам увидеть диск Нептуна — для этого потребовалось бы в 50 раз более острое зрение.

Но как же тогда мы узнали о самых маленьких и самых больших объектах, о молекулах и галактиках — ведь размер нашего зрачка не позволяет нам рассмотреть их? Все дело в том, что человечество

давно уже не полагается исключительно на собственные глаза: теперь мы производим инструменты со зрачками, намного большими, чем наши. Те из них, которые позволяют изучать мелкие объекты, мы называем микроскопами, а те, с помощью которых можно увидеть самые крупные и далекие — телескопами. Современные микроскопы используют систему из множества линз, чтобы достичь абсолютного предела видимости. Однако в случае с телескопами такого предела нет: чем больше наш инструмент — тем лучше и детальнее удается разглядеть

с его помощью удаленные объекты. Но как же мы достигли таких успехов в строительстве оптических инструментов?

История оптики начинается еще в эпоху древности. Однако развитие инструментальной астрономии следует отсчитывать от того момента, когда ученые поняли, что использование двух линз оказывается эффективнее, чем одной. Как только первые изобретатели заметили это — произошел настоящий прорыв. Именно тогда простое увеличительное стекло превратилось в инструмент, который мы теперь называем телескопом. Одним из первых в Европе, кто успешно применил эту технику, стал Галилео Галилей (Galileo Galilei).

▼ Портрет Галилео Галилея авторства Юстуса Сустерманса (Justus Sustermans, 1636)



▼ Один из первых телескопов Галилея, дававший увеличение около 14 крат. В качестве объектива в нем использовалась двояковыпуклая линза диаметром 51 мм, в качестве окуляра — плоскогнутая линза вдвое меньшего диаметра.



Телескопы Галилея были одними из лучших на тот момент. Как только он решил ис-

пользовать свое изобретение для изучения ночного неба, последовала череда его великих открытий. Во-первых, Галилей установил, что Венера, как и Луна, имеет фазы, циклически сменяющие друг друга. Кроме того, он заметил, что форма Луны далека от идеальной сферы: на ее поверхности есть горы и кратеры. Посмотрев на Юпитер, ученый увидел четыре маленьких «звезды», движущихся вокруг гигантской планеты, и это стало очередным гвоздем, вбитым в гроб геоцентрической системы, которая ставила Землю в центр мироздания и доминировала в представлениях об устройстве Вселенной. Радикальные выводы Галилея, основанные на этих открытиях, привели к его конфликту с католической церковью, и остаток своих дней он провел под домашним арестом. Вот вам и прелести научного мировоззрения.

Я иногда называю микроскопию детищем астрономии, потому что открытия, совершаемые в последней, часто находят применение в первой спустя лет 50. Именно так случилось и с ее зарождением как науки. Титанами, с работ которых началось развитие дисциплины, стали Роберт Гук и Антони ван Левенгук (Robert Hooke, Anthonie van Leeuwenhoek). Гук был членом Лондонского королевского общества и работал на уникальном сложном микроскопе. Это совпало со временами распространения чумной блохи, и возможность рассмотреть эти организмы с большим увеличением помогла исследователям разобраться в происходящем. Книга ученого «Микрография», опубликованная в 1665 г., оказала большое влияние на общественность, нанесла Королевское общество на карту ведущих научных учреждений и дала основания широкой публике считать микробиологию важной и полезной наукой.

Левенгук же был галантейщиком — изначально он использовал сконструирован-

Эрик Бетциг родился 13 января 1960 г. в городе Энн-Арбор (штат Мичиган). После окончания школы поступил на отделение физики Калифорнийского технологического института, где в 1983 г. получил степень бакалавра, после чего перешел в Корнельский университет (Cornell University, Ithaca, New York) — там он защитил магистерскую работу и диссертацию доктора философии на тему оптики, позволяющей преодолеть дифракционный предел. В дальнейшем ученый занимался усовершенствованием этих технологий в лаборатории Белла корпорации AT&T (Murray Hill, New Jersey), где также разрабатывал множество направлений их практического использования — в частности, для полупроводниковой спектроскопии и создания хранилищ данных сверхвысокой емкости. В 1993 г. ему впервые удалось засечь положение одиночных флуоресцирующих молекул с точностью выше 1/40 длины световой волны. Он был удостоен премии Макмиллана (William McMillan Award, 1992 г.) и награды Национальной академии наук США за инициативу в исследовательской деятельности (National Academy of Sciences Award for Initiatives in Research, 1993 г.). На некоторое время Эрик Бетциг покинул научное сообщество и несколько лет проработал на фирме Ann Arbor Machine Company, принадлежавшей его отцу. Там он занимался гибридными электрогидравлическими приводами с адаптивным управлением, однако эта технология не имела коммерческого успеха, и ученый вернулся к занятиям оптикой, но уже базируясь на собственных ресурсах. Вершиной его научной деятельности стало изобретение вместе с бывшим сотрудником Bell Labs Харальдом Хессом (Harald Hess) техники сверхвысокого разрешения и ее успешная демонстрация.



В 2010 г. Бетциг был удостоен премии Делбрука (Max Delbruck Prize), но отказался от нее в пользу китайского биохимика Сяоюя Жуана. Наконец, в 2014 г. совместно со Стефаном Хеллом и Уильямом Мернером (Stefan Hell, William Moerner) он стал лауреатом Нобелевской премии по химии.

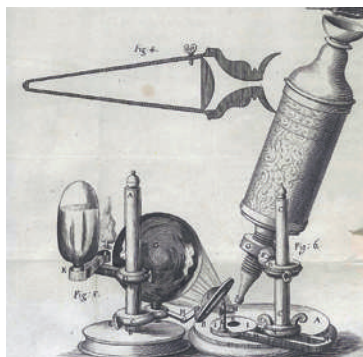
ные им микроскопы, чтобы разглядывать нити в тканях. Однако самым значительным его изобретением стал новый метод изготовления линз. Большинство производителей пользовались филигранной шлифовкой и полировкой, в то время как Левенгук брал стеклянную нить и разогревал ее на огне таким образом, что стекло плавилось и образовывало прозрачный шарик, служивший отменным увеличителем. С помощью таких линз ему удавалось рассмотреть отдельные клетки и бактерии. Вначале ученые из Королевского общества не поверили ему и прислали делегацию, чтобы официально удостовериться в беспрецедентной разрешающей способности его инструментов. После того, как сомнений в уникальности линз

Левенгука не осталось, его даже нарекли одним из отцов-основателей микроскопии. Тем не менее, каким бы гениальным изобретателем он ни был, я все равно на него в обиде: секрет изготовления своих непревзойденных инструментов он так и не раскрыл, забрав его с собой в могилу. Прошло около 150 лет, пока технологии производства микроскопов развились настолько, что позволили создавать приборы сопоставимого качества.

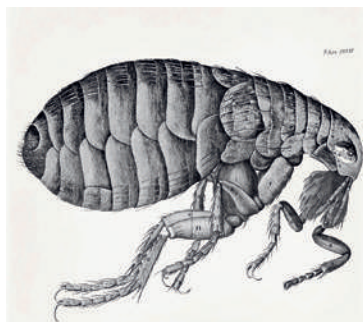
Одновременно развитие телескопов также шло полным ходом. Первая проблема, с которой столкнулись производители, заключалась в том, что с помощью линз не удавалось сфокусировать в одну точку световые лучи всех цветов. Поначалу эту проблему удалось решить, увеличив фокусное



▲ Портрет Роберта Гука. Современная реконструкция по описаниям его коллег (2006 г.)



▲ Инструменты, которыми пользовался Роберт Гук, на иллюстрациях к его книге (1665).



▲ Зарисовка блохи (*Ceratomyxus fasciatus*), выполненная Робертом Гуком с помощью его микроскопа. Тогда еще не было известно, что это насекомое является одним из главных переносчиков бубонной чумы, уничтожившей население Европы вплоть до XVIII века.

расстояние. Некоторые изобретатели — такие, как Христиан Гюйгенс (Christiaan Huygens) — создали так называемые воздушные телескопы. В их конструкции одна линза (объектив) крепилась на флажке, а вторая была привязана к ней и находилась в руках наблюдателя, стоящего на земле. Расстояние между двумя линзами иногда оказывалось достаточно велико и могло в два раза превосходить размеры сцены, с которой я читаю эту лекцию. Считается, что именно с помощью такого

▼ Так выглядит блоха на снимках, сделанных сканирующим электронным микроскопом. Сравнивая эти изображения с зарисовками Роберта Гука, мы можем только удивляться обилию деталей, подмеченных ученым...



приспособления Гюйгенс впервые наблюдал кольца Сатурна. Можете себе представить, насколько сложно было расположить и удерживать окулярную часть телескопа в положении, позволяющем рассмотреть интересный объект. Однако это было поразительное изобретение: разрешение, получаемое в результате, всего на порядок уступало последующим модификациям, появившимся вплоть до 90-х годов XX века. В Париже Кассини (Giovanni Domenico Cassini) использовал аналогичное устройство, когда впервые рассмотрел промежуток в сатурнианских кольцах, впоследствии названный в его честь «щелью Кассини».

Новой технологией в развитии телескопов стало изобретение инструментов отражательного типа, использующих вогнутое зеркало для фокусировки света от удаленных объектов. Одним из самых знаменитых первых пользователей такой технологии был увлеченный астрономией композитор Вильям Гершель (William Herschel). Он занимался созданием телескопов-рефлекторов и часто проводил совместно со своей сестрой до 18 часов в день за ручной шлифовкой и полировкой зеркал для них, а по ночам наблюдал небесные тела с помощью своих инструментов. Единично Гершель значительно раздвинул горизонты известной на тот момент Вселенной: он стал первым человеком со времен древности, открыв-

шим новую планету, а также обнаружил около 2400 диффузных туманностей и наблюдал множество двойных звезд.

В начале XX века 100-дюймовый рефлектор Хукера на обсерватории Маунт Вилсон сменил предыдущее поколение 40-дюймовых телескопов. Он стал тем самым инструментом, с помощью которого Эдвин Хаббл (Edwin Hubble) перевернул наше представление о масштабах Вселенной.

В те времена бывало убеждение, что наша галактика Млечный Путь и есть вся Вселенная. О природе размытых спиральных туманностей, как их тогда называли, практически ничего не было известно. Однако астрономы придумали способ измерять расстояния в космосе с помощью звезд с переменной светимостью — цефеид. Используя данные о такой звезде, рас-

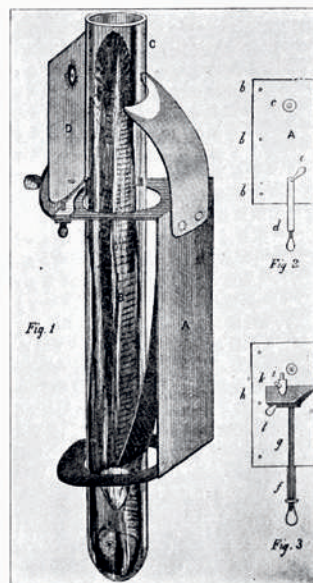
положенной в Туманности Андромеды, Хаббл сделал свое невероятное открытие. Могу себе представить, насколько шокирующим оно тогда выглядело: выяснилось, что цефеида находится почти в двух миллионах световых лет от нас — намного дальше, чем любой объект в пределах Млечного Пути. Таким образом, Вселенная внезапно расширилась от одной галактики до бесчисленного множества. Сложно переоценить значимость этого открытия для развития астрономии и космологии.

Следующим инструментом, удерживавшим безраздельное лидерство на протяжении почти полувека, стал 200-дюймовый телескоп Хейла. Я помню, какое неизгладимое впечатление на меня в детстве произвели снимки, сделанные с его помощью. Я даже украшал ими стены своей комнаты, мечтая стать астронавтом. Именно тогда я влюбился в науку о небе.

По сравнению с астрономией микроскопия развивалась медленно и оформилась как отдельная отрасль науки только в конце XIX века. Первым, кто начал негодовать по поводу сложности технологии массового производства микроскопов, стал немецкий инженер Карл Фридрих Цейс (Carl Friedrich Zeiss). Он решил нанять на работу физика-оптика Эрнста Аббе (Ernst Abbe), читавшего лекции в близлежащем Йенском университете, чтобы выяснить, в чем заключается принципиальная проблема их изготовления. Аббе сформулировал теорию о том, сколько и каких по составу линз необходимо использовать, чтобы добиться наилучшей разрешающей способности инструмента. Совместно они соорудили микроскоп согласно вновь сформулированной теории... но результат оказался разочаровывающим. Выяснилось, что свойства стекла, применяемого в производстве, не позволяют обеспечить желаемый уровень точности. Тогда они привлекли к своему проекту выдающегося химика, специализировавшегося



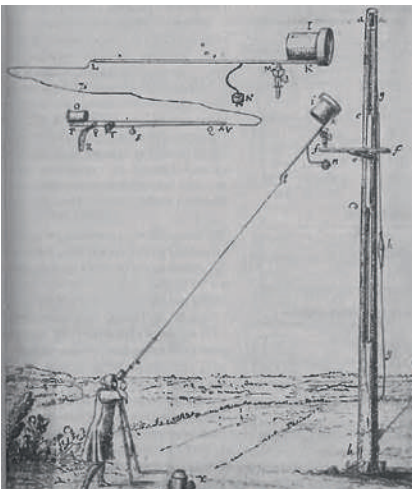
▲ Портрет Антони ван Левенгука (1632-1723)



▲ Зарисовки инструментов, сконструированных Левенгуком



▲ Портрет Христиана Гюйгенса (1629-1695).



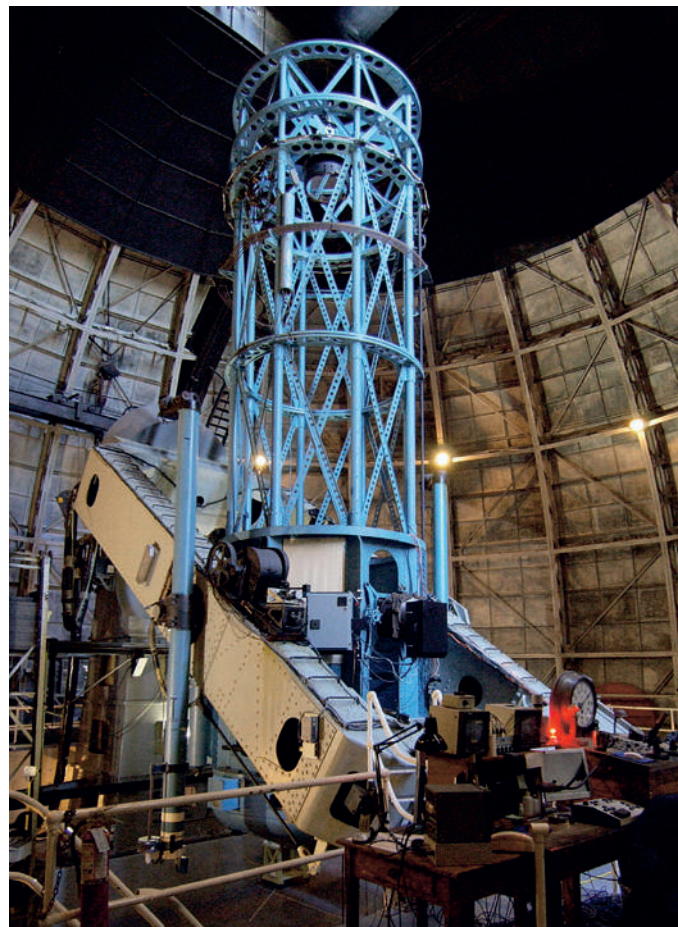
▲ Воздушный телескоп Гюйгенса. Отдельно показаны объектив и окуляр.



▲ В своей работе Systema Saturnium (1659 г.) Гюйгенс детально описал явления, наблюдаемые в системе «кольцеванной планеты».

ся на свойствах материалов — Отто Шотта (Friedrich Otto Schott), который по заказу Цейса создал новый тип оптического стекла. Этот материал, наконец, сделал возможным массовое производство микроскопов высокого качества.

▼ Телескоп Хукера (Hooker Telescope) с диаметром главного зеркала 2,54 м был установлен на обсерватории Маунт Вилсон недалеко от Лос-Анжелеса в 1917 г. и до 1949 г. оставался крупнейшим астрономическим инструментом планеты. С его помощью Эдвин Хаббл обнаружил, что за пределами Млечного Пути имеется множество других галактик, и практически все они удаляются от нас, указывая на постоянное расширение Вселенной.



▲ Строительство телескопа Хейла (Hale telescope) на обсерватории Маунт Паломар было завершено в 1949 г. Он до сих пор остается самым большим оптическим инструментом, установленным на экваториальной монтировке.

Кроме того, в процессе своего исследования Аббе обнаружил, что существует фундаментальный предел увеличения микроскопов. Сегодня это явление известно как «дифракционный предел Аббе», и, по сути, его наличие обусловлено длиной волны видимого света.

После нововведений Цейса и Аббе оптические микро-

скопы стали движущей силой многих наук, в первую очередь биологии.

Итак, на определенном этапе в микроскопии мы достигли дифракционного предела, ограничивающего ее дальнейшее развитие, и пытались построить телескопы все большего размера, однако обнаружили, что увеличивать его бесконеч-

но не получится. Несомненно, большой диаметр объектива позволял бы собирать больше света — однако его разрешающая способность ненамного превысила бы ту, которая была у незамысловатого устройства, имевшегося в распоряжении Гюйгенса. Причина этого — неоднородности и перемещения воздушных масс в земной атмосфере, в результате чего свет от далеких звезд невозможно идеально сфокусировать. Работа астрономов была бы намного легче, если бы атмосфера отсутствовала — но она есть, и это приводит к искажению траектории световых лучей, проходящих сквозь нее. Аналогично ведет себя и вода: камни на дне горной реки выглядят размытыми при взгляде на них сквозь бурный поток. Как следствие, мы получаем знакомое мерцание звезд, наблюдаемое нами также и невооруженным глазом. Именно поэтому лучшие наземные телескопы устанавливаются на высоких горах: отчасти для того, чтобы избежать светового загрязнения от ближайших населенных пунктов, но в основном — из-за стремления расположить инструмент над уровнем концентрации наибольшего количества атмосферных газов. Однако этого все равно недостаточно, чтобы видеть звезды так же четко, как из космоса. Так что же нам делать? К этому я вернусь немного позже.

Интересно, что с похожей проблемой столкнулась и микроскопия. Как уже говорилось, рассматривать объекты в микроскоп можно вплоть до предела Аббе — фундаментального ограничения, налагаемого длиной световой волны. Но когда мы пытаемся заглянуть внутрь образца, то обнаруживаем, что составляющие его материалы искажают свет аналогичным образом. Изображение, опять-таки, становится размытым, и разрешающая способность не может достичь теоретического максимума. Получается, что в микроскоп

удается увидеть отдельные клетки — но не их содержимое. Как же обойти эту проблему?

Выход из своего затруднительного положения астрономы нашли в использовании космических телескопов, работающих за пределами земной атмосферы — таких, как небезызвестный Hubble. Несмотря на то, что установленное на нем зеркало значительно меньше объектов лучших наземных инструментов, изображения, получаемые орбитальной обсерваторией, характеризуются намного лучшим разрешением, поскольку ей не приходится сталкиваться с атмосферным искажением световых лучей.

Тем не менее, внеатмосферные телескопы тоже имеют свои ограничения. Во-первых, мы пока не располагаем ракетами, способными доставить на орбиту цельное зеркало большого размера. Во-вторых, сами запуски космических обсерваторий обходятся невероятно дорого, и производить их только для научных целей нерентабельно.

Как бы там ни было, но, к счастью, у нас уже есть Hubble — непревзойденный инструмент. Однажды в 2003 г. ученые выбрали один из регионов неба, на котором в поле зрения обсерватории, как предполагалось, должно было попасть наименьшее воз-

можное количество объектов. Затем Hubble наблюдал этот крошечный, предположительно пустой участок в течение почти 10 суток. Вопреки ожиданиям, на фотографии оказались запечатлены бесчисленные галактики различных размеров и форм. По мере того, как совершенствуются доступные нам телескопы, мы все глубже заглядываем в необъятную бездну космоса и наблюдаем удаленные объекты все четче. На данный момент мы уже рассмотрели около сотни миллиардов галактик, и можно предположить, что в каждой из них в среднем содержится по 100 млрд звезд.

Аналогичный трюк мы можем проделать и в микроскопии, используя специальные химические вещества, помогающие улучшить разрешение, сохранив при этом структуру наблюдаемого объекта. С помощью этой технологии, например, был получен впечатляющий снимок мышиного мозга, на котором можно отчетливо разглядеть мельчайшие дендритные шипики. Составное изображение охватывает объем, равный приблизительно одной миллиардной доле объема человеческого мозга.

В мозге взрослого человека насчитывается около 100 млрд нейронов — примерно столько же, сколько галактик в наблюдаемой части Вселенной. Каждый



NASA, ESA, S. Beckwith (STScI) and the HUDF Team

▲ Небо, полное галактик... На этом крохотном кусочке небесной сферы, сфотографированном космическим телескопом Hubble в ходе 10-суточного обзора «Сверхглубокого поля» (Hubble Ultra Deep Field), видно не более десятка звезд, принадлежащих нашему Млечному Пути. Все остальные объекты общим числом почти десять тысяч — далекие галактики, расположенные на расстояниях от сотен миллионов до нескольких миллиардов световых лет. Они различаются по размеру, цвету и форме. Самые маленькие красноватые сгустки звезд, по-видимому, представляют собой древнейшие из всех известных галактик, сформировавшиеся тогда, когда возраст Вселенной составлял около 800 млн лет (что в 17 раз меньше ее нынешнего возраста).

из нейронов имеет порядка 10 тыс. синапсов — отростков, связывающих их с другими клетками. Можно не сомневаться, что разработчики искусственного интеллекта столкнутся со значительными трудностями, пытаясь симитировать такую конструкцию. Современное население Земли составляет более 7 млрд человек; несложно подсчитать, что суммарное число синапсов в мозгах всех людей планеты должно быть сопоставимо с количеством звезд во всей Вселенной.

Итак, на пути обеих наук возникли сложности: в случае с астрономией запуск космических телескопов — слишком дорогое удовольствие, а в микроскоп можно достаточно четко рассмотреть только мертвые ткани, пропитанные химикатами, в то время как наибольший интерес для биологов представляет функционирование живой материи. Решение этих проблем было найдено в технологии, получившей название «адаптивная оптика».

Когда астрономы обнаружили, что увеличение размера зеркала наземного телеско-

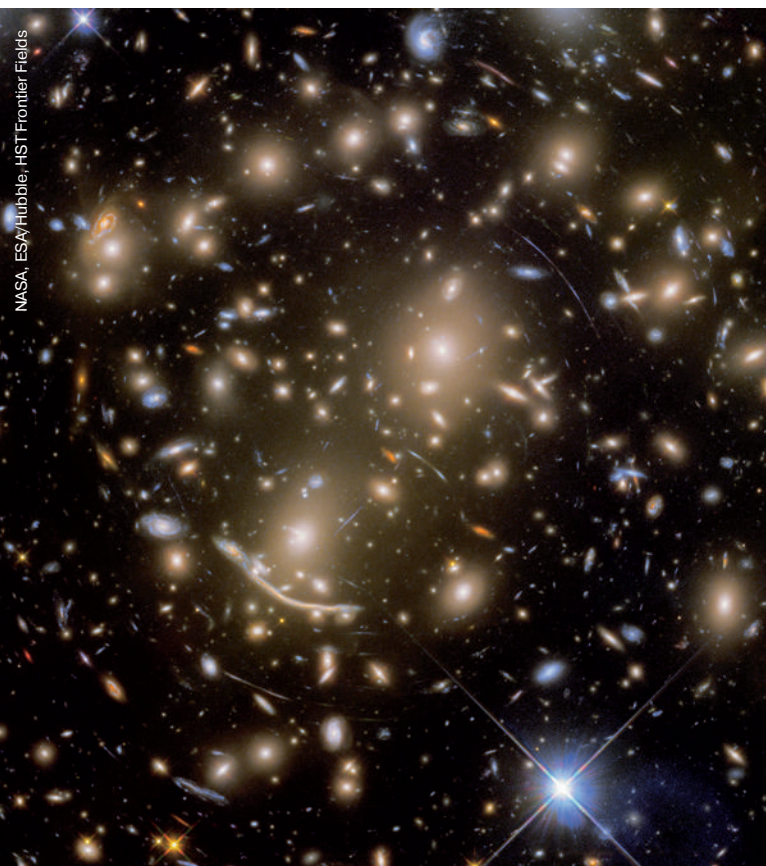
па не ведет к значительному улучшению разрешающей способности, они изобрели метод, который позволяет минимизировать помехи, обусловленные движением воздушных масс. Его суть заключается в том, что лазерный луч, направленный в стратосферу, служит для калибровки оборудования, создавая яркую «искусственную звезду», располагающуюся в непосредственной близости к тусклому объекту наблюдений. Свет, поступающий от нее, затем с помощью компьютерной программы преобразуется в корректирующие импульсы, позволяющие компенсировать мельчайшие возмущения в земной атмосфере. Таким образом, получаемое изображение оказывается отлично сфокусированным.

Именно эта технология использовалась для наблюдений поведения звезд вблизи сверхмассивной черной дыры в самом центре Галактики. Судя по итоговым снимкам, можно сказать, что на определенных длинах волн инструменты с адаптивной оптикой позволяют получить даже более четкие



▲ После завершения последней ремонтной миссии к телескопу Hubble в мае 2009 г. астронавты сфотографировали его на прощание — вероятно всего, больше никому из ныне живущих не удастся увидеть легендарную космическую обсерваторию так близко. Диаметр ее главного зеркала равен 2,4 м.

▼ Наблюдения галактического скопления Abell 370, расположенного на расстоянии более 5 млрд световых лет, стали последним этапом программы «Пограничных полей» (Frontier Fields), осуществляемой рабочей группой обсерватории Hubble. Это скопление примечательно тем, что еще в 1980-е годы среди его членов были обнаружены изображения более далеких галактик, искаженные и усиленные благодаря эффектам гравитационного линзирования, которые ранее предсказывались в рамках теории относительности Эйнштейна.



NASA, ESA/Hubble, HST Frontier Fields

изображения, чем космическая обсерватория Hubble.

Опять же, аналогичная техника нашла применение и в микроскопии. На исследуемый образец направляются одновременно два лазерных луча, а затем их свет используется для улучшения получаемых на выходе изображений. С помощью этого метода, например, были получены данные о работе митохондрий (органов клетки, ответственных за производство энергии), а также беспрецедентно четкие фотографии рыбьего мозга, демонстрирующие его структуру до глубины 250 мкм. Сравнивая их с изображениями, полученными ранее без использования адаптивной оптики, можно легко заметить, насколько разработка этой технологии способствовала развитию микробиологии, а перспективы ее применения в будущем сложно переоценить.

Несмотря на столь значительный прогресс, все равно остаются как чисто физические ограничения максимального размера телескопа, так и предел Аббе, препятствующий дальнейшему улучшению разрешения. Однако ученых не останавливают даже такие препятствия.

В астрономии отличным примером служат наблюдения за планетами далеких звезд. К сожалению, абсолютное большинство планетоподобных объектов вне нашей Солнечной системы слишком малы и тусклы, чтобы просто рассмотреть их в оптический телескоп. Один из способов их обнаружить заключается в наблюдении за поведением родительской звезды: гравитация экзопланеты, хоть и незначительно, но все-таки влияет на положение центрального светила, заставляя его по мере своего движения по орбите



▲ Пара снимков области неба в окрестностях направления на центр Млечного Пути, сделанная телескопами Кекс (обсерватория Мауна Кеа, Гавайские острова). Справа — изображение, полученное с использованием системы адаптивной оптики, слева — без нее. Положение центральной сверхмассивной черной дыры (радиоисточник Sgr A*) показано стрелкой.

слегка смещаться вперед-назад. Соответственно, из-за эффекта Доплера свет от звезды становится немного более голубым, когда она движется в направлении Земли, и немного более красным, когда она удаляется. Таким образом, наблюдая подобные «колебания», можно прийти к выводу о существовании планеты на орбите вокруг такой звезды.

Еще один способ найти экзопланету — напрямую регистрировать небольшие падения блеска, вызванные ее прохождением между центральным светилом и наблюдателем. Яркость звезды в это время немного снижается, и это уменьшение могут заметить такие инструменты, как, например, телескоп Kepler. В течение восьми лет он пристально наблюдает за многими сотнями тысяч звезд, и не напрасно: на его счету уже тысячи открытых экзопланет.

Но как же обстоят дела с обходом фундаментальных ограничений в микроскопии? Что же именно представляет собой пресловутый предел Аббе? Сквозь обычный микроскоп, например, молекула белка предстает перед нами в виде размытого пятнышка. На мой взгляд, это огромная проблема, ведь одна из главных задач науки — дать объяснение тому, как произошло превращение неживой материи в живые организмы. Как вышло, что простые молекулы смогли начать самостоятельно собираться в сложные структуры, способные вести жизне-

деятельность, передвигаться и воспроизводить себя? К ответу на эти сокровенные вопросы можно приблизиться, лишь сумев улучшить разрешающую способность наших микроскопов до молекулярного уровня.

Именно над решением этой проблемы я и работал совместно с коллегами. Мы обнаружили особый вид молекулы, которая могла бы быть использована во флуоресцентной микроскопии. Ее важное отличие от уже известных флуоресцентных молекул в том, что она не светится постоянно: ее можно «включить» или «выключить» по желанию в зависимости от того, каким лазером ее облучают. Мы поняли, что, включая и выключая по несколько молекул за один раз, мы получим возможность расположить световые пятна на достаточно большом расстоянии друг от друга, что позволило бы точнее определить их положение. В таком случае пятна не будут сливаться, и постепенно станет видна структура изучаемого объекта с намного лучшим разрешением. Мы назвали этот метод фотоактивируемой локализационной микроскопией — PALM (photoactivated localization microscopy).

Когда эта идея впервые посетила нас, она показалась нам настолько простой, что было просто удивительно, почему никто не додумался до этого раньше. Каждый день напряжение росло — ведь кто-то другой мог опередить нас

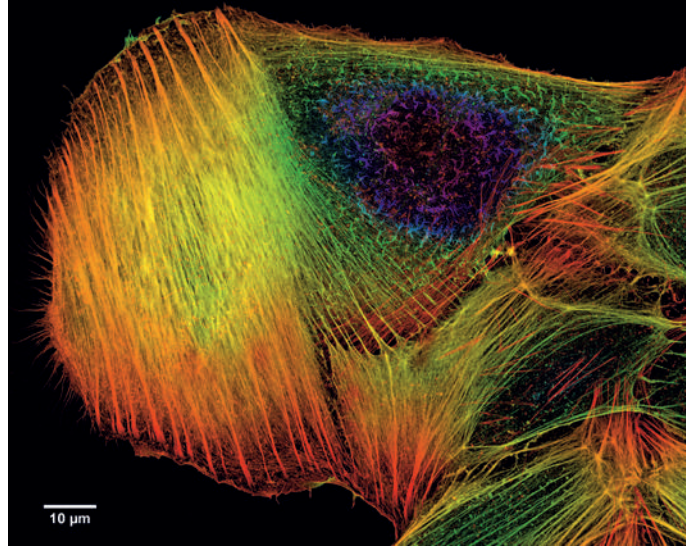
с этим открытием. Мы решили не откладывать работу и совместно с товарищем за собственные деньги соорудили микроскоп по новой технологии. Обычно такие вещи делаются в гараже, но мы работали в гостиной моего друга — он был холостяком, и против нашего предприятия никто не возражал. Через несколько месяцев мы получили первые результаты своего труда, и они нас не разочаровали: разрешение, достигнутое с помощью нашего метода, заметно превосходило доступное обычным микроскопам. Он позволял легко превысить предел Аббе в десять раз. А через несколько лет это открытие принесло мне Нобелевскую премию.

С использованием разработанной нами методики

были впервые составлены изображения аминокислот, живых клеток в процессе деления и процессов, вызванных патогенными мутациями. Для изучения природы многих заболеваний возможность исследований на молекулярном уровне является критически важной.

Напоследок хотелось бы отметить принципиальную разницу между астрономией и микроскопией: в отличие от предметов интереса последней, большинство астрономических объектов можно считать статическими. А вот для жизни во всех ее проявлениях характерно движение. Таким образом, единственная возможность приблизиться к разгадке ее тайн заключена в изучении живой материи во всех четырех

Активные волокна раковой клетки, сфотографированные конфокальным микроскопом и окрашенные в различные условные цвета с помощью технологии STED.



измерениях пространства-времени с как можно более высоким разрешением. Пару лет назад мы разработали микроскоп, позволяющий производить именно такие наблюдения. Этот инструмент использует тонкие полоски света для быстрого поэтапного сканирования срезов клетки, что позволяет увидеть ее в динамике во всех измерениях, не причиняя ей при этом никакого вреда.

Несомненно, получить Нобелевскую премию было огромной честью для меня, но намного важнее то чувство, которое, наверное, ис-

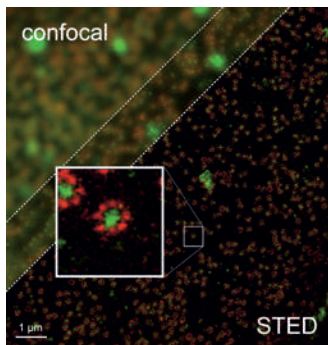
пытывал Галилей: на что бы ни посмотрели мои коллеги с использованием нового микроскопа — всюду их взору предстают невиданные ранее, невероятные картины.

Думаю, будущее микроскопии заключается в объединении технологий адаптивной оптики с методом, о котором я только что рассказал, для изучения как процессов в каждой отдельной клетке, так и на уровне всего организма в целом. В астрономии грядут не менее значимые события: в частности, запланированные на ближайшее десятилетие запуск космического телескопа James Webb и ввод в эксплуатацию Европейского чрезвычайно большого телескопа E-ELT значительно расширят наши знания о Вселенной. «Наследник» обсерватории Hubble получит огромное составное 6-метровое зеркало, а новое поколение наземных инструментов будет использовать усовершенствованную технологию адаптивной оптики, позволяющую калибровать их одновременно для целого участка неба. Оглядываясь на 400 лет назад, мы видим, какой тернистый и сложный путь прошла наука, и как многого мы достигли. Однако я уверен: все наши современные достижения вскоре окажутся в тени открытий, ожидающих нас в недалеком будущем.

▼ Слева направо: Стефан Хелл, Уильям Мернер, Эрик Бетциг — лауреаты Нобелевской премии по химии за 2014 г., присужденной им за усовершенствование методов оптической микроскопии.

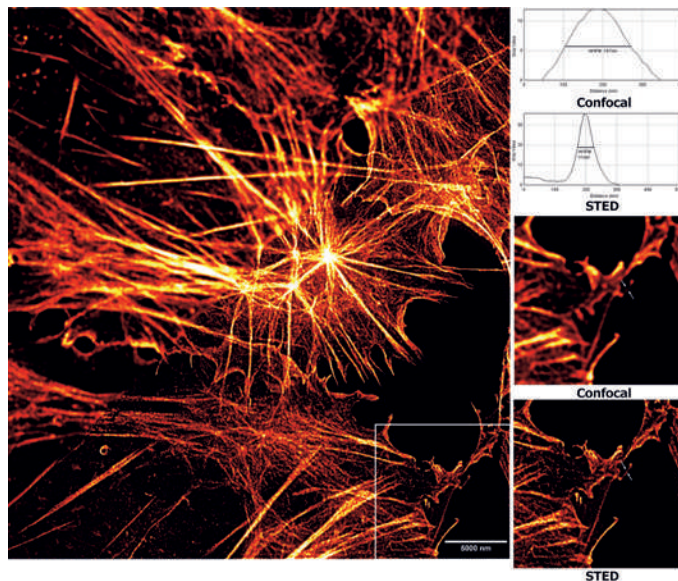


Photo: Ullike/DPA, via Agence France-Presse



▲ Сравнение снимков протеинов клеточного ядра, сделанных с помощью конфокального микроскопа — наилучшей оптической техники, доступной до недавнего времени — и технологии STED (stimulated emission depletion microscopy), разработанной группой Бетцига. Хорошо заметна более высокая разрешающая способность нового метода. Протеины (условный зеленый цвет) окружены красными флуоресцирующими молекулами.

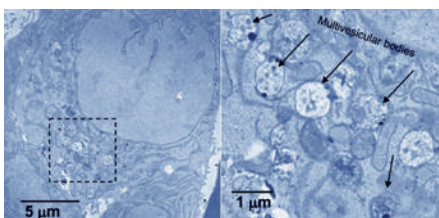
▼ Еще один хороший пример улучшения качества изображения, получаемого с помощью STED-микроскопии, по сравнению с «традиционной» конфокальной микроскопией. Для выделения актиновых волокон производилась окраска клеток 647-фаллоидином. Снимки были сделаны на микроскопе Leica SP5.



Загадочный орган, управляющий старением

Гипоталамус — это участок мозга, связанный практически со всеми отделами центральной нервной системы. Он регулирует эндокринную деятельность и гомеостаз организма, в том числе ощущения голода и жажды, терморегуляцию, половое поведение, сон и бодрствование. Ученые давно высказывали предположение, что его роль этим не ограничивается, и он также должен влиять на процессы старения. Но лишь недавно благодаря последним достижениям микроскопии появились данные, подтверждающие эту гипотезу.

Группа исследователей из Медицинского колледжа им. Альберта Эйнштейна в Нью-Йорке (Albert Einstein College of Medicine) установила, что в старении задействованы стволовые клетки гипоталамуса. Оказалось, что у мышей раннего и среднего возраста —



▲ Электронно-микроскопическое изображение стволовых нервных клеток гипоталамуса (цвета условные). Справа: на увеличенном фрагменте снимка стрелками показаны мультивезикулярные тельца, управляющие процессами старения.

от 11 до 16 месяцев — в этом органе присутствовали клетки, несущие специфические белковые маркеры, а у самых старых животных (22 и более месяцев) число этих клеток уменьшалось практически до нуля.

С помощью специального вируса ученые разрушили около 70% стволовых клеток

гипоталамуса у мышей среднего возраста. После этого животные начали стремительно стареть и умерли раньше положенного срока. У контрольной группы мышей, получавших инъекции других стволовых клеток, подобных изменений не произошло.

В ходе следующего эксперимента модифицированные клетки гипоталамуса новорожденных мышей вводились группе особей среднего возраста. Через полтора месяца они начали лучше справляться с тестами на реакцию и выносливость, а их общая продолжительность жизни выросла.

Ученые планируют продолжить исследование, чтобы лучше понять механизм действия клеток гипоталамуса и их роль в процессе старения. О проведении аналогичных экспериментов на людях пока не сообщалось.

Организм, который переживает всех

Человеку приятно рассуждать о самом себе как о «венце творения», но следует признать, что, если дело дойдет до реального выживания в тяжелых условиях окружающей среды, многие биологические виды запросто дадут нам фору. И речь идет не только об одноклеточных организмах (в частности, о так называемых экстремофилах, приспособленных для существования в средах, заведомо смертельных для человека) — некоторых «рекордсменов выживания» мы можем увидеть даже невооруженным глазом. Самый яркий их представитель — тихоходка (Tardigrade), открытая в 1773 г. немецким зоологом Йоханном Гёце (Johann August Ephraim Goeze). Отдельные экземпляры этого ничем не примечательного беспозвоночного, живущего в основном во мхах и лишайниках, могут достигать в длину полутора миллиметров. Однако более детальные исследования показали, что тихоходки встречаются и в горах на высоте до 6 тыс. м, и в океане на глубине около 4 км, а их ископаемые остатки были найдены в слоях, соответствующих меловому периоду, то есть этот вид существовал более 70 млн лет назад — во времена расцвета динозавров.

Дальнейшие эксперименты, которым лучше подходит название «издевательства», продемонстрировали, что тихоходки благополучно «оживают» и даже дают потомство после пребывания в течение 30 лет при температуре -20°C , выдерживают восьмичасовое охлаждение жидким гелием до -271°C , десятичасовой нагрев до $60-65^{\circ}\text{C}$, «купание» в кипящей воде на протяжении часа... Они могут десятилетиями обходиться без пищи и воды, в особо неблагоприятных условиях впадая в своеобразный «сухой» анабиоз, когда содержание влаги в их теле падает до 1-2% от нормальной. Кислорода для жизни им нужно совсем немного, а еще они почти нечувствительны ко многим соединениям, даже в небольших концентрациях считающимся ядовитыми. Смертельная доза радиации для тихоходок в тысячу раз превышает предельный уровень облучения для человека. Даже побывав в космическом вакууме, эти удивительные организмы на Земле снова возвращаются к нормальной жизни (заметно пострадала только популяция, подвергшаяся действию высокоэнергетического ультрафиолетового излучения). Кстати, живут они не так уж и мало — отдельные изученные экземпляры «дотягивали» до 60 с лишним лет.

Получается, что тихоходки способны пережить практически любой катаклизм, который только может случиться с Землей — глобальное потепление, извержение супервулкана, падение крупного астероида или близкая вспышка Сверхновой... лишь бы после этого катаклизма у планеты осталась хотя бы часть гидросферы и газовой оболочки, защищающей нас от опасного ультрафиолета. Таким образом, несмотря на то, что масштабные катастрофы могут сметать с лица планеты целые цивилизации, значительная часть живых организмов (даже многоклеточных) все равно продолжат жить и развиваться, постепенно формируя новую биосферу. Также вполне вероятно, что похожие «рекордсмены выживания» должны были возникнуть и на других планетах — например, на Марсе, где они, возможно, дожили до наших дней в условиях гипотетических глубинных «термальных оазисов». Еще один оптимистический вывод, неизбежно следующий из вышеприведенных фактов, заключается в том, что жизнь на Земле сохранится и через миллиарды лет после того, как из-за постепенного разогрева Солнца земная поверхность станет слишком горячей для человека: скорее всего, в новых условиях наступит расцвет каких-то других существ, лучше к ним приспособленных.



Снимок Тихоходки, полученный с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Diane Nelson, National Park Service, U.S. Department of the Interior

Что деформировало Марс?

В 2011 г. в пустыне Сахара был найден метеорит, получивший название «Черная красавица». Результаты изотопного анализа показали, что этот камень имеет марсианское происхождение — он был выбит с поверхности Красной планеты в результате мощного удара и набрал достаточную скорость, чтобы преодолеть ее притяжение и уйти в космос. В ходе дальнейших исследований выяснилось, что возраст метеорита составляет 4,4 млрд лет, то есть он всего на 130 млн лет моложе самого Марса.

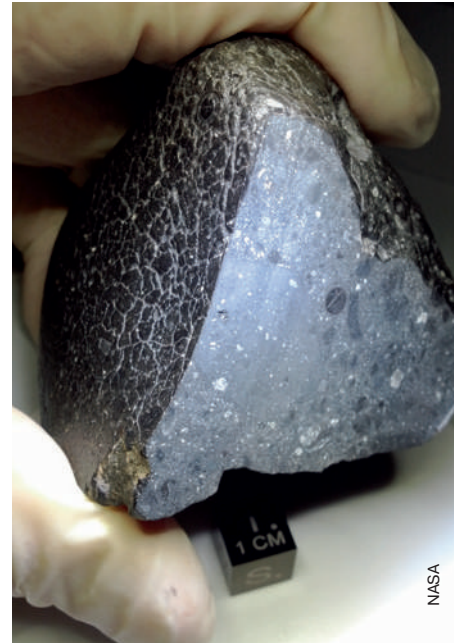
Химический анализ «Черной красавицы» показал, что в ней содержится большое количество сидерофильных элементов, к которым относят рутений, родий, палладий, осмий, иридий, молибден, платину и золото. Согласно современным представлениям, после образования планет (в том числе Земли) с дальнейшим расплавлением и дифференциацией их недр все подобные тяжелые элементы должны были опуститься к ядру. Тем не ме-

нее, их концентрация в метеорите оказалась намного выше ожидаемой. Похожее несоответствие наблюдается и на нашей планете. Здесь его объясняют с помощью получившей широкое признание «гипотезы Тейи» — так назвали крупное планетоподобное тело, столкнувшееся с Землей на ранних этапах ее эволюции, что привело, в частности, к появлению Луны.¹

В прошлом году исследователи из Токійского технологического института попытались объяснить химический состав «Черной красавицы» последствиями аналогичного катаклизма, пережитого Марсом вскоре после завершения его формирования. Недавно группа планетологов из Университета Колорадо в Боулдере (University of Colorado, Boulder) решила найти ответ на вопрос, какими могли быть размеры объекта-импактора. Для этого они прибегли к компьютерной симуляции. Ученые случайным образом сгенерировали вирту-

¹ ВПВ №5, 2009, стр. 27

▼ Метеорит, получивший неофициальное название «Черная красавица» и обозначение NWA 7034 (аббревиатура указывает на его происхождение из Северо-западной Африки), имеет массу около 320 г.

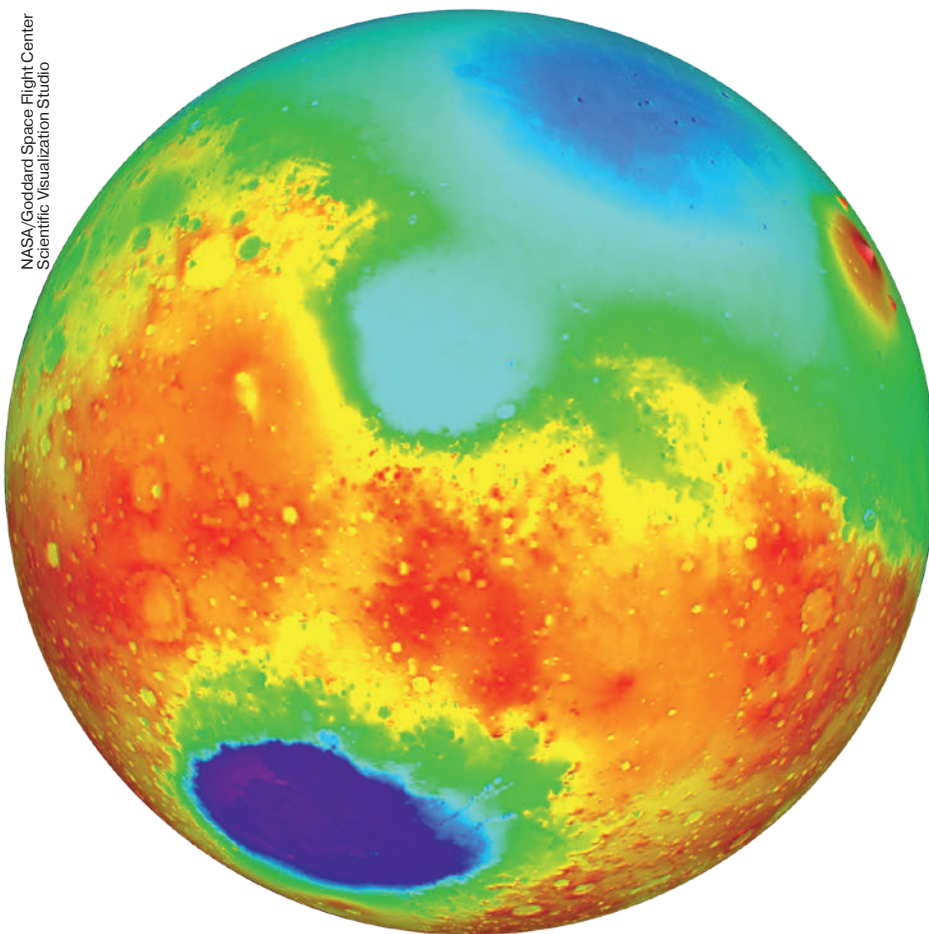


NASA

▼ Снимок Фобоса — крупнейшего марсианского спутника — на фоне горизонта Красной планеты, сделанный камерой HRSC (High Resolution Stereo Camera) европейского аппарата Mars Express.



NASA/Goddard Space Flight Center
Scientific Visualization Studio



▲ Гипсометрический глобус Марса. Разными цветами показана высота местности относительно среднего (зеленого) уровня: желтый, оранжевый и красный соответствуют возвышенностям, голубой, синий и фиолетовый — впадинам. Хорошо заметно, что северное полушарие планеты (вверху) почти полностью занимает обширная низменность. В южном полушарии видна сине-фиолетовая Равнина Эллады (Hellas Planitia), представляющая собой дно ударного кратера диаметром около 2300 км, который возник примерно 4 млрд лет назад при падении астероида размером порядка сотни километров.

альные планетезимали диаметром от 1 до 2000 км (соотношение крупных и мелких тел вычислялось на основе данных о Главном поясе астероидов) и проверили, как будет меняться состав мантии Земли, Луны и Марса при столкновениях с ними.

Результаты моделирования показали, что необходимое количество сидерофильных элементов должно было «подняться» в мантию при столкновении с телом поперечником около 1200 км. Это даже больше карликовой планеты Цереры (1 Ceres).² Подобное столкновение, разумеется, неизбежно оставило бы на марсианской поверхности грандиозный след. И у планетологов имеется отличный кандидат на его роль — Великая Северная равнина. Эта огромная низменность в северном полушарии Марса длиной 10 600 км

и шириной 8 500 км лежит на 4-5 км ниже среднего радиуса планеты и покрыта заметно меньшим количеством кратеров, нежели ее остальные регионы.

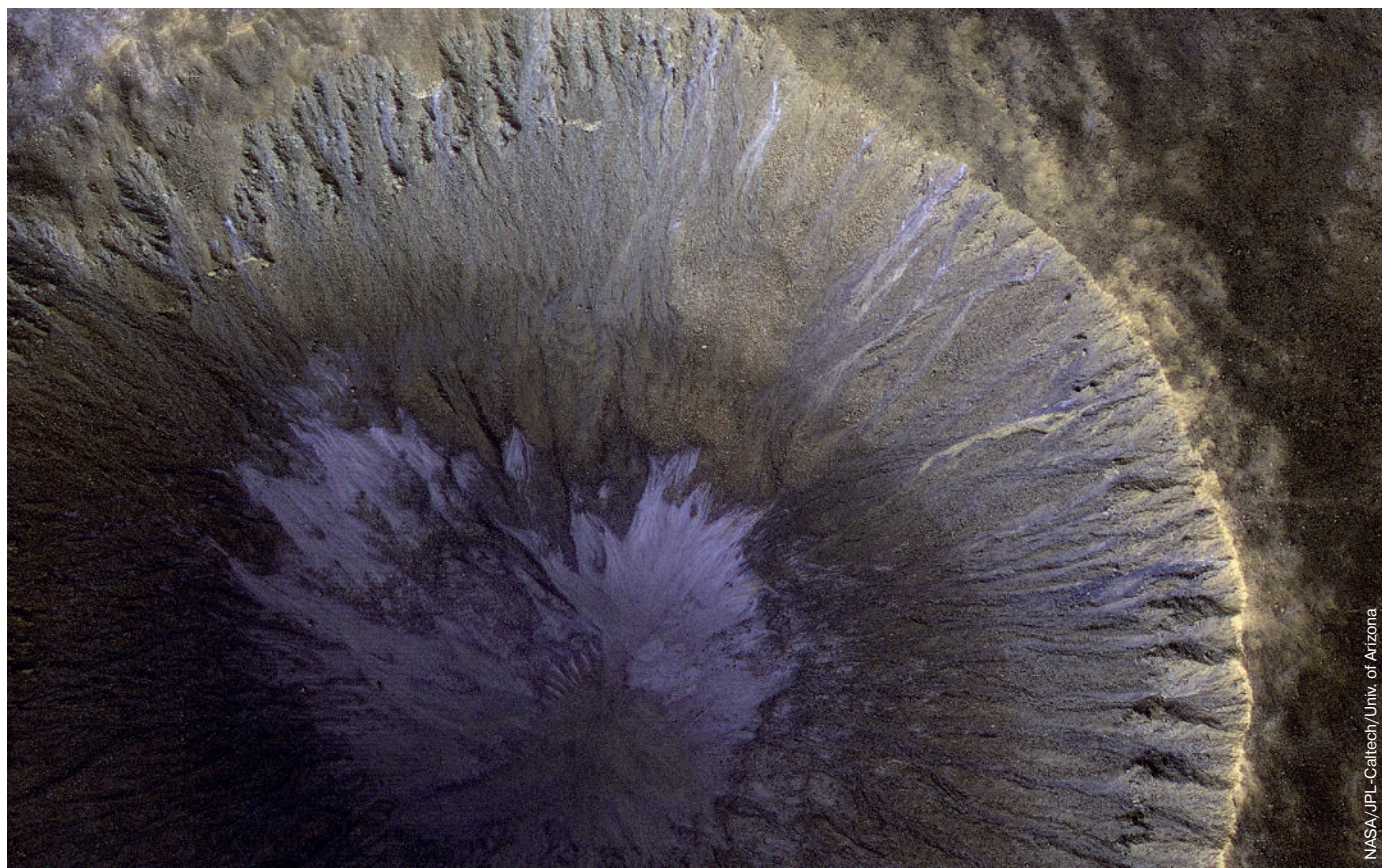
Среди возможных последствий астероидного удара также называют существование Фобоса и Деймоса.³ Эти объекты совершенно не вписываются в привычную классификацию спутников планет. Внешне они очень похожи на небольшие астероиды, захваченные гравитацией Марса, однако, если бы это действительно имело место, их орбиты не были бы близкими к круговым и не лежали бы в плоскости его экватора. В то же время структура и размеры этих лун говорят о том, что они не возникли одновременно с центральным телом. Наиболее вероятным объяснением всех упомяну-

тых несоответствий может быть тот факт, что оба спутника сформировались на ареоцентрической орбите из обломков, выброшенных после масштабного столкновения. Удар 1200-километрового планетоида вполне мог «выбить» достаточное количество вещества для образования Фобоса и Деймоса, а часть его должна была рассеяться в пространстве и выпастить на другие планеты.

Таким образом, теория большого столкновения способна вполне правдоподобно объяснить асимметрию полушарий Марса, химический состав «прибывших» с него метеоритов и происхождение марсианских спутников. Ее подтверждением мог бы стать анализ грунта Фобоса или Деймоса. Если теория верна, они должны частично состоять из вещества Красной планеты, а частично — из материала объекта-импактора.

² ВПВ №4, 2004, стр. 16; №9, 2006, стр. 20

³ ВПВ №5, 2014, стр. 4



NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona

Зимний пейзаж кратера с оврагами

На этом изображении, полученном камерой HiRISE космического аппарата Mars Reconnaissance Orbiter (MRO),¹ запечатлен известный своей эрозионной активностью регион оврагов в

северном полушарии Марса. Эрозия возникает, в частности, из-за суточных и сезонных перепадов температур, однако благодаря тому, что северные марсианские зимы короче и теплее, чем в южном полушарии планеты, скорость разрушительных процессов здесь

заметно меньше. С другой стороны, не исключено, что из крутых склонов достаточно длительное время может просачиваться рассол, содержащийся в глубинных слоях и также вносящий свой вклад в размывание пород на стенках оврагов.

Исходный масштаб сним-

ка составляет 62 см на пиксель. Хорошо различимы объекты размером порядка 185 см. После усиления цветов компьютерной обработкой становятся заметны сравнительно «свежие» овраги, имеющие более светлый оттенок. Север вверху.

¹ ВПВ №10, 2006, стр. 11; №10, 2011, стр. 9

Полет над гигантским вихрем

Американский космический аппарат Juno продолжает исследования крупнейшей планеты Солнечной системы.¹ 10 июля он прошел свой седьмой перийод. Это его сближение с Юпитером стало особенным — зонд пролетел прямо над знаменитым Большим Красным Пятном (БКП) на высоте менее 9 тыс. км и сделал ряд снимков грандиозного вихря, которые были опубликованы на официальном сайте миссии. На их основе любители астрономии создали множество весьма впечатляющих изображений одной из главных достопримечательностей газового гиганта.

Первые подтвержденные наблюдения БКП датированы 1830-м годом. В то же время еще в 1665 г. итальянский и французский астроном Джованни Кассини (Giovanni Cassini) заметил на поверхности Юпитера какое-то постоянное образование. Если речь идет об одном и том же объекте, это значит, что пятну уже как минимум 350 лет.

До второй половины XX века многие считали, что БКП имеет твердую структуру. Лишь после отправки к Юпитеру первых межпланетных станций было окончательно доказано, что оно представляет собой самый большой атмосферный вихрь в Солнечной системе. Позже выяснилось, что он имеет антициклонический характер: давление в его ядре заметно выше среднего на соответствующих высотах.

Знаменитый красный цвет пятна, скорее всего, является следствием фотохимических реакций в верхних слоях газовой оболочки Юпитера. Впрочем, не стоит забывать, что за годы наблюдений оно несколько раз изменяло окраску. Инфракрасные снимки показывают, что его температура заметно ниже средней температуры юпитерианской атмосферы. Верхушка вихря находится на 8 км выше уровня окружающих облаков. Широта, на которой расположено БКП, практически постоянна, зато по долготе оно немного отстает от вращения основной (экваториальной) облачной системы Юпитера и с начала XIX века «обежало» вокруг планеты, по крайней мере, десять раз. Газ внутри пятна вращается против часовой стрелки, скорость ветра у его краев превышает 430 км/ч.

За последнее столетие наиболее примечательная деталь атмосферы газового гиганта заметно уменьшилась. Некогда БКП имело ярко выраженную овальную форму, а его размеры достигали 41 тыс. км в широтном направлении и 14 тыс. км — в меридиональном. Ко времени визита зондов Voyager² наибольшая длина пятна составляла 23,3 тыс. км, в 1995 г. она сократилась до 21 тыс. км, а в 2009 г. — до 18 тыс. км. Сейчас гигантский антициклон имеет форму, близкую к округлой, а его диаметр равен примерно 16,3 тыс. км (но это все равно в 1,3 раза больше диаметра Земли). Возможно, информация, полученная аппаратом Juno, позволит исследователям выдвинуть обоснованные предположения о природе этого образования и причинах его «долгожительства».

¹ ВПВ №1, 2005, стр. 12; №7, 2016, стр. 28

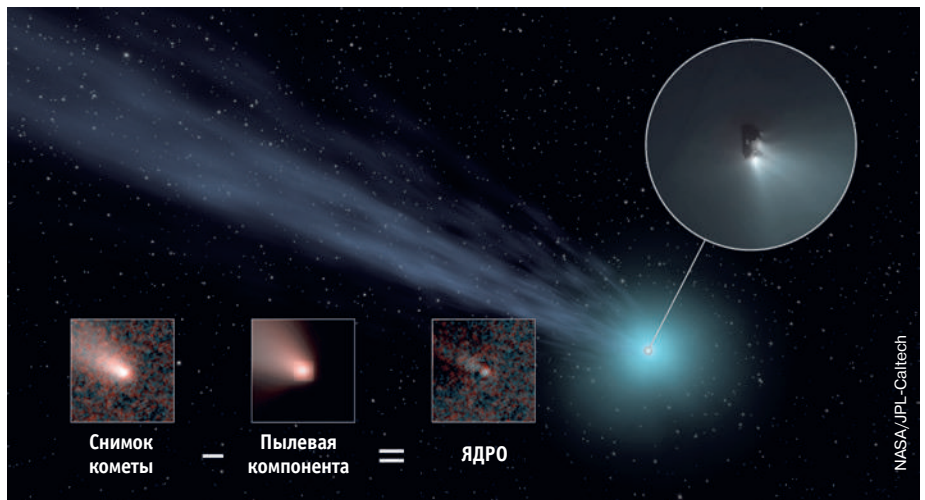
² ВПВ №3, 2006, стр. 30

◀ Изображение Большого Красного Пятна с усиленными цветами, полученное «гражданскими учеными» Геральдом Айхштедтом и Сеаном Дораном (Gerald Eichstaedt, Sean Doran) в результате компьютерной обработки снимков бортовой камеры зонда Juno, которые были сделаны в ходе недавнего сближения с Юпитером.

Комет в Облаке Оорта оказалось в 7 раз больше

Кометы, имеющие периоды обращения вокруг Солнца свыше 200 земных лет, называют долгопериодическими. Подобные объекты весьма сложны для изучения. Они движутся по очень вытянутым эллипсам, уходя далеко за орбиту Нептуна, а их орбитальные периоды составляют сотни тысяч и миллионы лет. Многие из них прилетают из облака Оорта — «хранилища» ледяных тел, оставшихся со времен формирования Солнечной системы. Его внутренняя граница расположена на расстоянии около 300 млрд км от нашего светила. Большинство комет облака Оорта ни разу не посетили область пространства, в которой движутся большие планеты.

Недавно рабочая группа миссии WISE (инфракрасной космической обсерватории NASA, запущенной в 2009 г.) опубликовала пресс-релиз, посвященный результатам исследований этой категории объектов Солнечной системы. Ученые взяли за основу данные, собранные на протяжении первых восьми месяцев работы телескопа. За это время он открыл 108 короткопериодических и 56 долгопериодических комет. Из общего числа короткопериодических 95 оказались принадлежащими к семейству Юпитера — их афелии (самые удаленные от Солнца точки орбит) расположены вблизи юпитерианской орбиты, а периоды обращения не превышают 20 лет.



▲ На этой иллюстрации показано, как сотрудники рабочей группы орбитального телескопа WISE по его снимкам определяют размеры кометных ядер, базируясь на моделях, которые описывают поведение пыли и газа в околоядерном сгущении (коме).

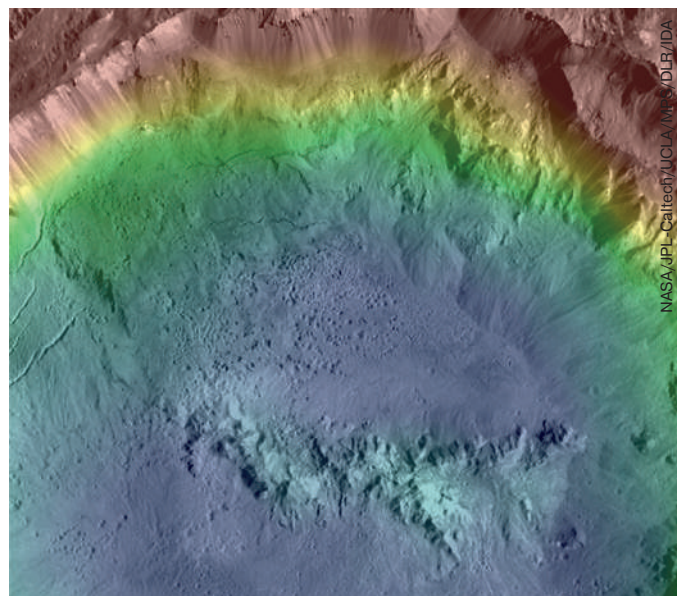
Проанализировав данные WISE, ученые пришли к выводу, что средняя комета Облака Оорта вдвое крупнее среднего представителя семейства Юпитера. Также они представили новую оценку общей численности долгопериодических комет в Солнечной системе. Согласно расчетам исследователей, подобных объектов с диаметром не менее километра в семь раз больше предыдущих оценок.

Анализ орбит восьми вновь открытых долгопериодических комет показал, что они относятся к одному и тому же кластеру, который предположительно мог

возникнуть после распада большого ледяного тела в результате близкого пролета «посторонней» звезды или под действием гравитации какого-то крупного неизвестного объекта на Облако Оорта. В целом данные, полученные обсерваторией WISE, свидетельствуют о том, что это облако значительно массивнее, чем предполагалось. Из этого, в свою очередь, можно сделать вывод, что столкновения долгопериодических комет с планетами Солнечной системы происходили (и будут происходить) значительно чаще, чем считалось ранее.

Топография кратера Хаулани

Кратер Хаулани (Haulani), имеющий диаметр 34 км и названный в честь гавайской богини растительности, представляет собой одну из самых молодых ударных структур на поверхности карликовой планеты Цереры (1 Ceres), о чем свидетельствуют острые края его вала и яркое голубоватое вещество на его дне. Все эти подробности прекрасно видны на композитных цветных изображениях, полученных бортовой камерой американского космического аппарата Dawn. Хаулани также является хорошим примером «мноугольного» кратера, а его дно — пожалуй, наиболее ярким представителем так



называемых ямочных ландшафтов, сформировавшихся, по-видимому, путем быстрого

испарения подповерхностной воды при ударе метеороида. Это лишний раз доказывает,

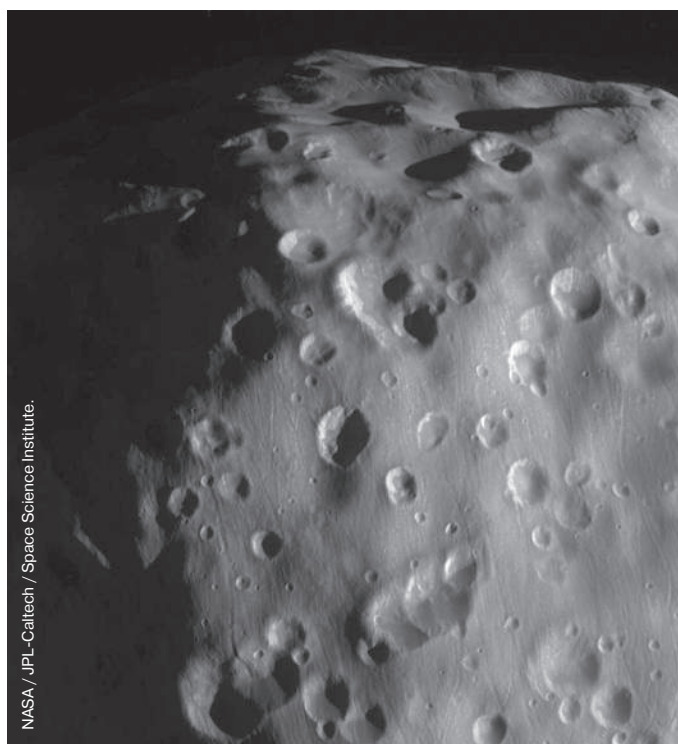
что в церерианской коре на сравнительно небольшой глубине имеются залежи водяного льда. Подобные структуры также обнаружены на Марсе и Весте (4 Vesta).

Приведенная топографическая карта кратера Хаулани является результатом компьютерной обработки изображений, полученных при разных углах освещения, когда Dawn находился на низкой рабочей орбите высотой около 385 км. Цветная маркировка соответствует диапазону высот от 1,2 км над средним уровнем поверхности (красный цвет) до 1,2 км ниже среднего уровня (синий цвет). Координаты центра кратера равны 5,8° с.ш. и 10,77° в.д.

Cassini: последний взгляд на Эпиметей

Эпиметей — небольшая ледяная луна размером $135 \times 108 \times 105$ км, орбита которой проходит у внешнего края основных колец Сатурна. На первый взгляд в этом «космическом айсберге» нет ничего необычного: он слишком мал, чтобы под действием собственной гравитации приобрести сферическую форму и уж тем более удержать хоть какую-то атмосферу. Его поверхность густо усеяна многочисленными ударными кратерами, а средняя плотность составляет всего $0,69 \text{ г/см}^3$, что свидетельствует о большом количестве внутренних пустот. Как и почти все остальные сатурнианские спутники, Эпиметей находится в приливном захвате по отношению к центральному телу: он постоянно повернут к планете одной и той же стороной.

Но все же у этой луны имеется своя уникальная особен-



NASA, JPL-Caltech / Space Science Institute.

ность. Раз в четыре года она меняется орбитами с другим спутником — Янусом. Из-за

этого их еще называют «сиамскими близнецами» Сатурна. По одной из версий, некогда

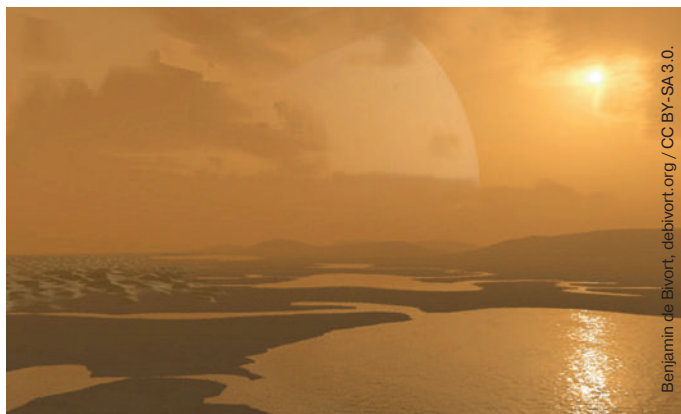
оба они были частями единого тела, который затем раскололся в ходе древней катастрофы. Пока это единственная известная нам пара объектов Солнечной системы, регулярно совершающих подобную «орбитальную рокировку».

21 февраля текущего года аппарат Cassini¹ совершил свое последнее сближение с Эпиметеем. Представленное изображение стало одним из наиболее детальных снимков поверхности этого спутника. Оно было получено узкоугольной камерой с расстояния 15 тыс. км через инфракрасный фильтр, центрированный на длину волны 939 нм. В кадр попало полушарие луны, обращенное в противоположную от Сатурна сторону. Разрешение снимка достигает 89 м на пиксель.

¹ ВПВ №4, 2004, стр. 22; №4, 2008, стр. 14

В морях Титана все спокойно

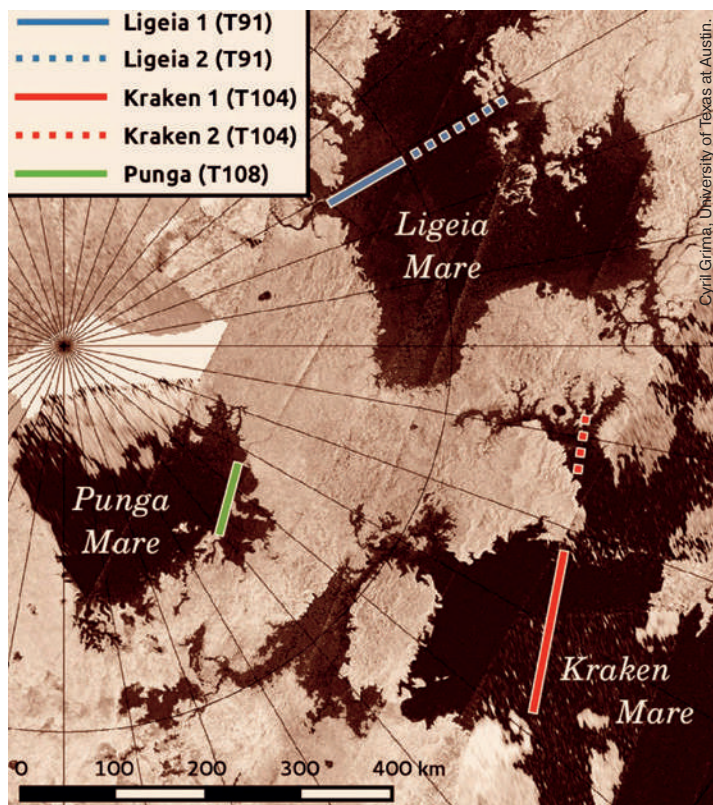
Сатурнианский спутник Титан является единственным (не считая Земли) телом Солнечной системы, на поверхности которого присутствуют обширные моря и озера. Правда, заполнены они не водой, а углеводородами — в основном жидким метаном с примесями этана, пропана и ацетилена. Существует несколько проектов исследований этих морей с помощью специального плавающего зонда или даже аналога подводной лодки. Но, прежде чем отправлять туда подобную миссию, необходимо ответить на один важный вопрос: насколько безопасны для «космических мореплавателей» титанианские моря?



Benjamin de Bivort, debivort.org / CC BY-SA 3.0.

▲ Возможный вид поверхности Титана, изображенный художником по данным посадочного аппарата Huygens. Часть диска Сатурна и Солнце показаны для наглядности (на самом деле их вряд ли удалось бы увидеть сквозь плотную дымку в титанианской атмосфере).

▼ Три крупнейших титанианских резервуара жидких углеводородов — море Кракена, море Лигеи и море Пунги — и их окрестности на снимках радара Cassini.



Cyril Grima, University of Texas at Austin.

Группа исследователей из Института геофизики Техасского университета (Institute for Geophysics, University of Texas) при поддержке коллег из Корнельского университета (Cornell University, Ithaca, New York), Лаборатории реактивного движения NASA (Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California) и Лаборатории прикладной физики университета Джона Хопкинса (Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland) попыталась найти ответ на этот вопрос. Они использовали технику статистического радарного осмотра (Radar Statistical Reconnaissance) для анализа данных, которые межпланетный аппарат Cassini получил во время пролетов Титана, выполненных в 2007-2015 гг. Аналогичная радарная техника ранее применялась при выборе места посадки спускаемого аппарата марсианской миссии InSight. Ученые сконцентрировали свое внимание на трех крупнейших «углеводородоносных» спутника — море Кракена, море Лигеи и море Пунги. Их суммарная площадь превышает 600 тыс. км², что больше Черного моря.¹

Результаты исследования, опубликованные в журнале Earth and Planetary Science Letters, вероятно, не очень обрадовали по-

клонников внеземного серфинга. Но зато они стали отличной новостью для инженеров, работающих над проектами зондов для исследования титанианских морей. По данным ученых, в середине местного лета — а на Титане оно длится больше 7 земных лет — в морях и озерах спутника царит весьма спокойная обстановка. Высота образующихся в них волн не превышает сантиметра, их длина составляет около 20 см, а максимальная крутизна — 5°. Человеческий глаз, вероятно, вообще бы не заметил подобных «возмущений» поверхности. Исходя из их характеристик, можно предположить, что ветра, дующие в приповерхностных слоях атмосферы Титана, не отличаются особой силой.

Авторы статьи объясняют такое спокойствие тем, что на спутнике отсутствуют достаточно мощные источники внутреннего тепла, а Солнце находится слишком далеко и потому слабо нагревает титанианскую газовую оболочку. Впрочем, исследователи предполагают, что при смене сезонов там все же могут возникать атмосферные течения, приводящие к образованию более сильных волн.² Поэтому самым подходящим временем года для посадки плавающего зонда на Титан является начало местного лета.

¹ ВПВ №12, 2012, стр. 4

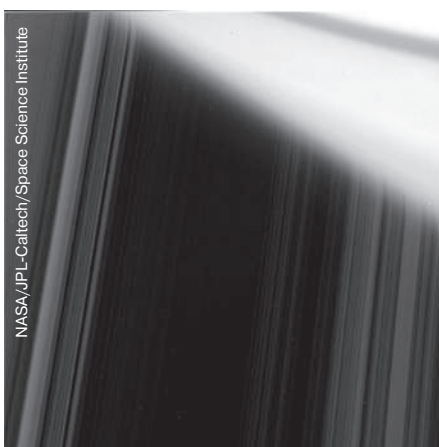
² ВПВ №10, 2009, стр. 25

Кольца Сатурна: вид «изнутри»

Американский космический аппарат Cassini 28 мая 2017 г. совершил один из самых сложных маневров за всю свою миссию: он прошел между верхними слоями сатурнианской атмосферы и внутренним краем кольца D, по возможности максимально приблизившись к нему. Чтобы зонд не пострадал от вероятного столкновения с ледяными частицами колец, инженеры NASA передали на его борт целый пакет программ, позволяющий в нужный момент оптимальным образом развернуть его главную антенну, превратив ее в своеобразный щит (впрочем, в ходе предыдущих подобных пролетов удалось выяснить, что концентрация опасных частиц в этой области пространства меньше, чем предполагалось). Одновременно Cassini должен был вести детальную фотосъемку кольцевой системы и сканировать ее своим радаром — такие эксперименты производились впервые в истории космонавтики.

Наибольшее сближение с Сатурном произошло в 14 часов 22 минуты по всемирному времени. Аппарат в тот момент не имел прямого радиоконтакта с Землей и управлялся исключительно бортовым компьютером. Через несколько часов связь с ним была восстановлена, а передача полученной информации началась уже 29 мая. Ее обработка будет продолжаться еще несколько месяцев.

«Сырые» изображения появились на сайте миссии уже в первые дни июня. Они демонстрируют невиданные ра-

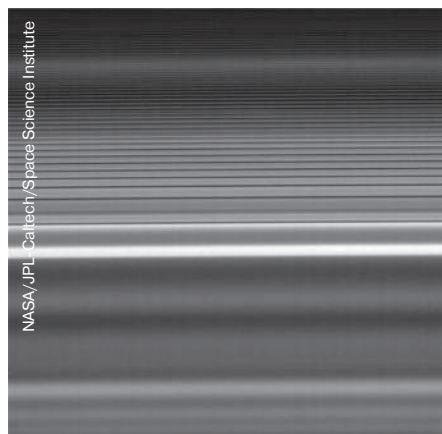


▲ На этом необработанном изображении, полученном камерой космического аппарата Cassini, вверху справа виден Сатурн и часть колец, преломленных атмосферой планеты.

нее крупномасштабные детали колец и их сложную структуру, в которой доминируют концентрические продольные уплотнения, издали похожие на борозды грампластины. Несмотря на то, что этот пролет сквозь «щель» между Сатурном и его кольцевой системой был уже шестым в практике Cassini, он оказался самым рискованным. Его благополучному завершению в немалой степени способствовало точно рассчитанное изменение орбиты зонда, осуществленное в ходе последнего сближения с крупнейшим сатурнианским спутником Титаном.

В баках двигательной установки космического аппарата уже практически не осталось топлива — его финальные витки вокруг Сатурна «корректируются» почти

▼ Это крупномасштабное изображение внутреннего края кольцевой системы Сатурна Cassini получил 28 мая при максимальном сближении с газовым гигантом. Необработанный снимок развернут для удобства просмотра.



исключительно гравитационным воздействием. В завершение своей миссии 15 сентября Cassini войдет в атмосферу планеты со скоростью около 31 км/с и будет передавать данные о ее верхних слоях, пока не разрушится.

Информация, полученная в ходе последней фазы научной программы зонда (завершающий этап его миссии получил название Grand Final), поможет исследователям больше узнать об атмосфере второй по величине планеты Солнечной системы, о ее внутреннем строении и магнитном поле. Важной целью пролетов вблизи сатурнианских колец является измерение их массы и оценка возраста, которые позволят сделать выводы о происхождении и динамике кольцевой системы.

NASA не может отправить людей на Марс

Американская национальная аэрокосмическая администрация (NASA) уже много лет заявляет о том, что собирается отправить экспедицию на Марс, и продолжает презентовать обновленные планы этого грандиозного мероприятия. Однако совсем недавно, к огорчению всех энтузиастов колонизации космоса, выяснилось, что в ближайшем будущем — по крайней мере, до 2030 г. — нога человека не сможет ступить на поверхность Красной планеты. Во всяком случае, если это историческое событие и состоится в пределах указанной даты, то не под эгидой NASA. И причина этого достаточно банальна: недостаточное финансирование космических программ.



▲ Возможный вид пилотируемого корабля Orion, разрабатываемого NASA с середины 2000-х годов в рамках программы Constellation. Предполагается, что этот аппарат будет частично многоразовым, сможет доставлять людей и грузы на Международную космическую станцию, позволит американским астронавтам вернуться на Луну, а в перспективе его задействуют для полетов к Марсу. Также рассматривался вариант отправки его с экипажем из двух человек к одному из околоземных астероидов.

«Я не могу сообщить точную дату отправки людей на Марс. Причина в том, что даже рост бюджета агентства на 2% не позволяет нам создать систему мягкой посадки на поверхность Красной планеты... что является одним из главных условий успешной миссии, — объяснил ситуацию руководитель директората пилотируемых космических полетов NASA Уильям Герстенмайер (William Gerstenmaier) во время обсуждения текущих проблем реализации межпланетных экспедиций на семинаре Американ-

ского института аэронавтики и астронавтики, состоявшемся 12 июля 2017 г. — Выход на орбиту, спуск и посадка — это огромный вызов для нас в марсианском проекте».

Разработка сверхтяжелой ракеты SLS и межпланетного пилотируемого корабля Orion¹ уже обошлись инженерам NASA в немалую сумму. В результате они даже не смогли приступить к проектированию аппаратов, способных совершить посадку на Марс и позже подняться с его поверхности. Очевидно, следующие шаги агентства будут зависеть от объема выделенных средств. Герстенмайер сказал, что оно может быть заинтересовано скорее не в полетах человека за пределы сферы притяжения Земли, а в пилотируемой миссии по разведке Луны, более обширной, чем текущий план создания «Глубокого космического шлюза» (Deep Space Gateway) на селеноцентрической орбите. Помимо обеспечения разнообразных лунных исследовательских программ, это могло бы стать надежной стартовой площадкой для дальнейшего освоения космоса.

Но есть и хорошая новость: теперь в реализации наших мечтаний о марсианской колонии мы можем полагаться не только на NASA. Отправка людей на Марс — это командная работа. Государственные космические агентства часто находятся во власти политических настроений и бюджетных ограничений, поэтому они испытывают трудности в плане привлечения ресурсов. Одним из способов преодоления этих проблем и более эффективного использования имеющихся средств является партнерство с частными компаниями.

Совсем недавно Илон Маск (Elon Musk) объявил, что в сентябре на Международном конгрессе по астронавтике в Австралии будет представлена обновленная информация об экспедиции на Марс, которую организует руководимая им компания SpaceX. Пока названы предельные сроки: 2018 г. — для беспилотной миссии и 2025 г. — для пилотируемой. Астронавтов на соседнюю планету также планируют доставлять аэрокосмический гигант Boeing и частная компания Blue Origin. После фактического отказа NASA от «марсианской гонки» можно сказать, что будущее колонизации космоса теперь находится в руках американских частных предпринимателей.

¹ ВПВ №11, 2009, стр. 4

Dragon впервые приземлился вторично

Спускаемый аппарат грузового космического корабля Dragon частной компании SpaceX, запущенный 5 июня 2017 г. с космодрома на мысе Канаверал в рамках миссии снабжения CRS-11, успешно вернулся из космоса, приводившись неподалеку от побережья Калифорнии 3 июля в 12:12 UTC. «Грузовик» доставил на Землю результаты ряда исследований и экспериментов, проводившихся на МКС, в том числе живой груз — подопытных мышей, на которых испытывали новый препарат, предназна-

ченный для борьбы с атрофией и остеопорозом.

Особенностью данной миссии стало то, что этот Dragon уже осуществлял транспортировку грузов на МКС в 2014 г. Таким образом, впервые в истории капсульный аппарат завершил два полноценных космических полета, полностью подтвердив возможности, заложенные в него инженерами SpaceX.

Согласно оригинальному контракту с NASA, для каждой миссии снабжения SpaceX была обязана строить абсолютно новый корабль. Однако официальные представители агентства



▲ Капсула космического корабля Dragon, дважды побывавшая в космосе, после приводнения была поднята на борт спасательного судна и доставлена в порт Лос-Анжелес (Калифорния).

согласились внести в него изменения, сделавшие возможным использование уже летавших аппаратов. Состоявшийся полет открывает дорогу для повторных запусков остальных капсул «грузовика». С другой стороны, 19 июля руководитель компании Илон Маск заявил о прекращении работ по программе Red Dragon, которая предусматривает конструирование межпланетной версии корабля для полетов на Марс. Скорректированы также планы создания пилотируемого аппарата Dragon V2 для доставки экипажей на МКС и возвращения их на Землю.

На МКС прибыло пополнение

На Международную космическую станцию отправился новый экипаж. 28 июля 2017 г. в 15:41 UTC (18 часов 41 минута по московскому времени) с космодрома Байконур стартовала ракета-носитель «Союз-ФГ» с транспортным кораблем «Союз МС-05», который пилотировали российский космонавт Сергей Рязанский, астронавт NASA Рэнди Брезник (Randy Bresnik) и представитель ESA итальянец Паоло Несполи (Paolo Angelo Nespoli), полетевший в космос уже в третий раз. Для его коллег этот полет стал вторым в их космической карьере.

Корабль осуществил сближение со станцией по короткой (четырёхвбитковой) схеме и пристыковался к надирному порту модуля «Рассвет» в тот же день в 21:54 UTC. После открытия переходных люков члены экипажа «Союза» присоединились к уже находившимся на МКС командиру орбитального комплекса Федору Юрчихину, а также бортинженерам Пегги Уитсон и Джеку Фишеру (Peggy Whitson, Jack Fischer),¹ совместно с которыми они проработают до сентября текущего года.

¹ ВПВ №11, 2016, стр. 32; №5, 2017, стр. 33

▼ Участники экспедиции МКС-52/53 Паоло Несполи (слева), Сергей Рязанский (в центре) и Рэнди Брезник 17 июля посетили монтажно-испытательный корпус космодрома Байконур и сфотографировались на фоне космического корабля «Союз МС-05», на котором они 28 июля поднялись на околоземную орбиту.



Перспективы космолана Dream Chaser

Корпорация Sierra Nevada подписала с компанией United Launch Alliance контракт на запуск двух ракет Atlas V, которые выведут на околоземную орбиту многоразовый космический корабль Dream Chaser с грузами для МКС. Согласно сообщению пресс-службы корпорации, первый полет намечен на 2020 г. (перед этим называлась более ранняя дата — 2019 г.).

На протяжении как минимум первых двух лет эксплуатации Dream Chaser задействуют в качестве беспилотного «космического грузовика», хотя изначально он разрабатывался для доставки на околоземную орбиту астронавтов. Общий вес аппарата достигает 18 тонн; в грузовом варианте к нему будет дополнительно пристыкован одноразовый внешний отсек. За счет этого грузоподъемность корабля удастся увеличить втрое — до 5,5 тонн. Перед возвращением на Землю отсек отделится и сгорит в атмосфере, а сам космолан совершит аэродинамический спуск и приземлится на взлетно-посадочную полосу Космического центра им. Кеннеди на мысе Канаверал, откуда перед этим стартует «верхом» на последней ступени ракеты Atlas V. Предполагается, что он доставит наземным специалистам 1750 кг различных грузов (главным образом результатов экспериментов на борту орбитального комплекса, предназначенных для дальнейших исследований). Ценность крылатого аппарата в данном случае заключается в том, что при атмосферном спуске перегрузки на его борту не превысят 2g, благодаря чему большинство образцов останутся неповрежденными.

Изначально NASA выбрала двух частных подрядчиков для обслуживания МКС — компанию SpaceX (оператора носителей серии Falcon и корабля Dragon) и Orbital ATK, осуществляющую запуски «грузовика» Cygnus с помощью ракеты Antares. Контракт с корпорацией Sierra Nevada был подписан только в январе 2016 г. — после того, как Dream Chaser прошел первые атмосферные летные испытания, в ходе которых прототип космолана сбрасывали с высоты около 3 км, куда его поднимали с помощью вертолета. В следующем году на авиабазе Эдвардс в штате Калифорния начнется тестирование аппарата, предназначенного для космических полетов.



Испытания прототипа космолана Dream Chaser на взлетно-посадочной полосе



▲ Предполагаемый вид корабля Dream Chaser, пристыкованного к МКС, без одноразового грузового модуля (с которым аппарат будет запускаться в первых полетах)

ТРЕТЬЯ ПЛАНЕТА

ТЕЛЕСКОПЫ
БИНОКЛИ
МИКРОСКОПЫ

Киев, ул. Нижний Вал, 3-7

www.3planeta.com.ua

Небесные события октября

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий весь месяц располагается недалеко от Солнца, вступая с ним в верхнее соединение, и даже когда в последних числах октября он удалится от светила к востоку более чем на 13° , из-за небольшого наклона эклиптики к горизонту осенними вечерами увидать самую маленькую планету в наших широтах будет невозможно. Похожие условия наблюдений в это время сложатся для **Юпитера** — с той разницей, что газовый гигант в начале октября будет непродолжительное время виден сразу после заката, быстро уходя за горизонт, однако уже к середине месяца он окончательно скроется в околосолнечном ореоле.

Интервал между восходом **Венеры** и Солнца для наблюдателей на 50° с.ш. в течение октября уменьшится примерно с 2 часов 20 минут до полутора часов. Самая яркая планета продолжит удаляться от Земли, но уже достаточно медленно; угловой диаметр ее диска за указанный период уменьшится незначительно — с 11 до 10,5 угловых секунд. Рассмотреть на нем какие-то детали в таких условиях невозможно даже в мощные любительские телескопы. 5-6 октября «Утренняя звезда» в своем движении по небу обгонит еще более далекий **Марс**, пройдя от него на минимальном расстоянии около 12 угловых минут. Диаметр марсианского диска весь месяц равен 3,7-3,8".

Сатурн виден по вечерам, кульминируя задолго до захода Солнца и прячась за горизонт через 2-3 часа после него (в зависимости от даты и широты местности). Легендарные кольца планеты по-прежнему хорошо видны даже в небольшие телескопы при увеличениях не менее 30 крат. Примерно такие же инструменты понадобятся, чтобы заметить крупнейший сатурнианский спутник Титан.

Уран с каждым годом приближается к перигелию (ближайшей к Солнцу точке своей орбиты) и одновременно все больше удаляется к северу от небесного экватора. В противостояние со светилом «самый легкий гигант» вступит 19 октября — его верхняя кульминация произойдет около местной полуночи. Благодаря попятному движению планеты ее склонение в начале месяца станет меньше 10° , но условия для ее наблюдений в наших широтах останутся вполне благоприятными. На достаточно темном небе — при отсутствии Луны и в местностях, удаленных от источников засветки — Уран можно по-

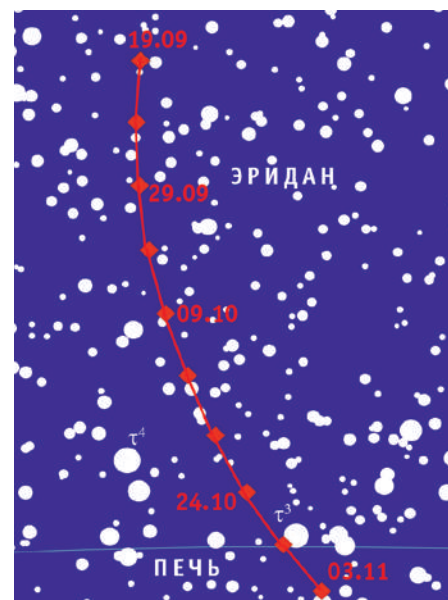
пытаться увидеть невооруженным глазом. Диаметр его диска будет почти таким же, как у Марса, поэтому рассмотреть на нем какие-то подробности не получится даже в крупные телескопы (с апертурами более 150 мм).

Нептун в октябре заметно удалится от точки противостояния, кульминируя за 2-3 часа до полуночи. Планета хорошо видна по вечерам, однако, чтобы отличить ее от окружающих звезд, сравнимых по блеску (к счастью, в созвездии Водолея таковых относительно немного), необходима детальная карта неба и астрономический инструмент с диаметром объектива как минимум 40 мм. Нептунианский диск можно разглядеть при увеличениях не менее 120 крат, технически доступных телескопом с апертурой 80 и более миллиметров.

ЯВЛЕНИЯ В ГЛАВНОМ ПОЯСЕ АСТЕРОИДОВ

Примечательная оккультация произойдет на территории Европы перед рассветом 19 октября: 15-километровый астероид Университас (905 Universitas) закроет звезду 9-й величины HIP 15588 в созвездии Овна. Полоса наиболее вероятного покрытия пройдет от запада Саратовской и юга Тамбовской области РФ, где явление будет видно уже на светлом небе, до южной части Псковской области и юго-запада Эстонии (включая остров Хиюмаа и северо-восток острова Сааремаа), а также приграничную с Россией и Эстонией часть Латвии. Максимальная длительность «исчезновения» звезды составит чуть меньше трех секунд.

Астероид Паллада (2 Pallas), имеющий средний диаметр более 500 км, согласно последним данным, является третьим по размеру и массе объектом, «обитающим»

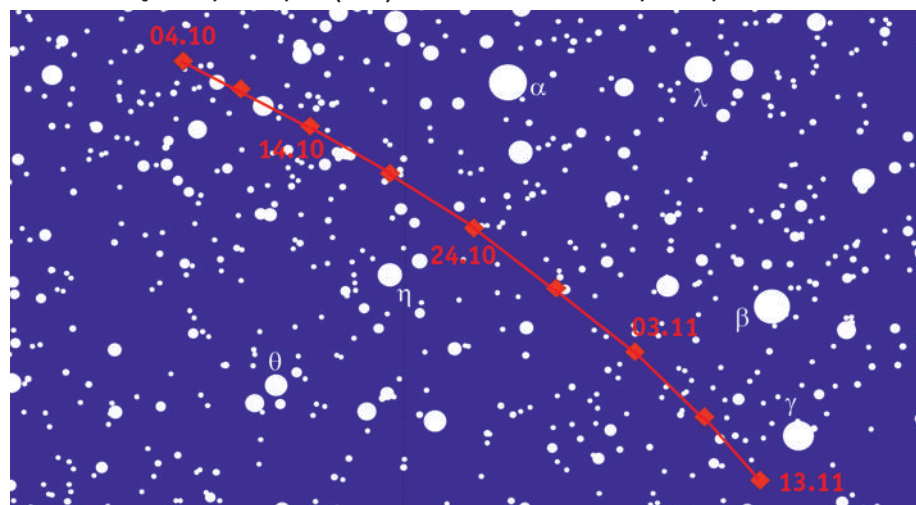


▲ Видимый путь астероида Паллада (2 Pallas) в сентябре-ноябре 2017 г.

между орбитами Марса и Юпитера. Благодаря большому наклонению орбиты он иногда сильно удаляется от эклиптики. Так случится и в текущем году: во время оппозиции, которая наступит 23 октября примерно на среднем расстоянии от Солнца, Паллада окажется в южной части созвездия Эридан (у его границы с созвездием Печи) и на широте Киева будет кульминировать на высоте немногим более 15° . Ее видимый блеск при этом составит около 7,5^m.

Значительно лучше сложатся условия для наблюдений 200-километровой Ириды (7 Iris), которая вступит в конфигурацию противостояния 29 октября, за 3 недели до прохождения перигелия, поэтому расстояние между ней и Землей в это время составит менее одной астрономической единицы. Яркость астероида при этом превысит 7-ю звездную величину, а двигаться

▼ Видимый путь астероида Ирида (7 Iris) по созвездию Овна в октябре-ноябре 2017 г.



он будет по созвездию Овна, более чем в 20° севернее небесного экватора — таким образом, нынешнее появление Ириды для наблюдателей наших широт окажется исключительно удачным.

ОКТАБРЬСКИЕ МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Короткопериодическая комета Джакобини-Циннера (21P/Giacobini-Zinner), с которой связан метеорный рой Драконид,¹ в следующем году в очередной раз сблизится с Солнцем и пролетит недалеко от Земли, поэтому астрономы ожидают увеличения активности потока уже этой осенью: возможно, в районе максимума его зенитное часовое число превысит

¹ ВПВ №9, 2005, стр. 39; №8, 2013, стр. 16

50. Сквозь шлейф выброшенных кометой пылевых частиц Земля ежегодно проходит между 7 и 11 октября. Пик активности Драконид в текущем году наступит через четверо суток после полнолуния, что заметно усложнит их наблюдения.

Регулярный поток Орионид, возникший в результате многочисленных пролетов через внутренние области Солнечной системы знаменитой кометы Галлея (1P/Halley),² активен почти весь октябрь и первую неделю ноября. Слабо выраженный максимум

² Второе прохождение нашей планеты через метеорный рой, связанный с кометой Галлея, происходит в конце апреля и начале мая, когда наблюдается поток η-Акварид — ВПВ №4, 2005, стр. 42; №11, 2006, стр. 22

приходится на 21-22 октября. В это время из радианта в созвездии Ориона может «вылетать» до 20 метеоров в час.





ПЕРЕХОД НА СТАНДАРТНОЕ ВРЕМЯ

Как обычно, в последнее воскресенье октября страны Европы (за исключением Беларуси и Российской Федерации) возвращаются с летнего на стандартное — «зимнее» — время путем перевода часов на один час назад. В этом году такой перевод будет осуществлен в 4 часа ночи 29 октября, после чего поясное время в Молдове, Украине и странах Балтии начнет опережать всемирное на 2 часа; разница между всемирным и московским временем останется равной трем часам.

КАЛЕНДАРЬ АСТРОНОМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ (ОКТАБРЬ 2017 Г.)

- 2 2^h Венера (Φ=−3,9^m) в 3′ южнее звезды γ Льва (4,6^m)
- 3 12^h Луна (Φ=0,94) в 1° южнее Нептуна (7,8^m)
- 4 22-24^h Луна (Φ=0,96) закрывает звезду χ Водолея (4,9^m) для наблюдателей стран Балтии, Беларуси, Украины, Молдовы, европейской части РФ (кроме Северного Кавказа, Урала и северо-востока Республики Коми)
- 5 17^h Венера (−3,9^m) в 0,2° севернее Марса (1,8^m)
18:40 Полнолуние
- 6 19^h Луна (Φ=0,98) в 5° южнее Урана (5,7^m)
- 7 11-13^h Луна (Φ=0,96) закрывает звезду ζ² Кита (4,3^m). Явление видно в Забайкалье, Приамурье, Якутии, на Дальнем Востоке
19-22^h Луна (Φ=0,94) закрывает звезду μ Кита (4,3^m) для наблюдателей Украины, Молдовы, юга европейской части РФ, Западной и Центральной Сибири, Южного Кавказа, Казахстана и Центральной Азии
- 8 15-17^h Луна (Φ=0,89) закрывает звезду 5 Тельца (4,1^m). Явление видно в Казахстане (кроме западной части), Центральной Азии, на юге Западной и Центральной Сибири, в Забайкалье, Приамурье, Якутии, на Дальнем Востоке
- 9 1^h Меркурий в верхнем соединении, в 1° севернее Солнца
6^h Луна (Φ=0,85) в перигее (в 366857 км от центра Земли)
12-13^h Луна (Φ=0,82) закрывает звезду γ Тельца (3,6^m) для наблюдателей севера Дальнего Востока
13-16^h Луна (Φ=0,81) закрывает звезды θ¹ (3,8^m) и θ² Тельца (3,4^m). Явление видно на юге Центральной и Восточной Сибири, на востоке Казахстана, в Забайкалье, Приамурье, на юге Якутии и Дальнем Востоке
17-19^h Луна (Φ=0,80) закрывает Альдебаран (α Тельца, 0,8^m) для наблюдателей юга Западной, Центральной и Восточной Сибири, Казахстана, Забайкалья, Приамурья, юга Якутии, Дальнего Востока
Максимум активности метеорного потока Дракониды (10-20 метеоров в час; координаты радианта: α=17^h20^m, δ=+56°)
- 12 12:25 Луна в фазе последней четверти
21-22^h Луна (Φ=0,45) закрывает звезду 81 Близнецов (4,9^m). Явление видно на Южном Кавказе и в Центральной Азии
- 15 12^h Луна (Φ=0,19) в 1° южнее Регула (α Льва, 1,3^m)
- 16 19-21^h Луна (Φ=0,09) закрывает звезду σ Льва (4,0^m) для наблюдателей Забайкалья, Приамурья, Якутии, Дальнего Востока
- 17 12^h Луна (Φ=0,06) в 1° севернее Марса (1,8^m)
- 18 0^h Луна (Φ=0,03) в 1° севернее Венеры (−3,9^m)
12^h Венера в 10′ севернее звезды η Девы (3,9^m)
- 19 2:48-2:55 Астероид Университас (905 Universitas, 13,5^m) закрывает звезду HIP 15588 (8,6^m). Зона видимости: полоса от запада Саратовской до юга Псковской области РФ, север Латвии, юг и юго-запад Эстонии
18^h Уран (5,7^m) в противостоянии
19:12 Новолуние
- 22 5:01-5:05 Венера (−3,9^m) закрывает звезду HIP 61578 (6,9^m). Зона видимости: север европейской части РФ, Северная, Центральная и Западная Европа
Максимум активности метеорного потока Ориониды (около 20 метеоров в час; координаты радианта: α=6^h20^m, δ=+15°)
- 23 10^h Луна (Φ=0,13) в 9° севернее Антареса (α Скорпиона, 1,0^m)
Астероид Паллада (2 Pallas, 7,7^m) в противостоянии, в 1,700 а.е. (254 млн км) от Земли
- 24 12^h Луна (Φ=0,20) в 2° севернее Сатурна (0,5^m)
- 25 3^h Луна (Φ=0,25) в апогее (в 405150 км от центра Земли)
12-14^h Луна (Φ=0,28) закрывает звезду 21 Стрельца (4,8^m). Явление видно на юге Западной и Центральной Сибири, на северо-востоке Казахстана и на востоке Центральной Азии
- 26 18^h Юпитер в верхнем соединении, в 1° севернее Солнца
- 27 22:22 Луна в фазе первой четверти
- 29 Астероид Ирида (7 Iris, 6,7^m) в противостоянии, в 0,849 а.е. (127 млн км) от Земли
Максимум блеска долгопериодической переменной звезды Т Центавра (5,5^m)
- 30 23^h Луна (Φ=0,78) в 1° южнее Нептуна (7,9^m)
Максимум блеска долгопериодической переменной R Орла (5,8^m)









Время всемирное (UT)

	Полнолуние	18:40 UT	5 октября
	Последняя четверть	12:25 UT	12 октября
	Новолуние	19:12 UT	19 октября
	Первая четверть	22:22 UT	27 октября

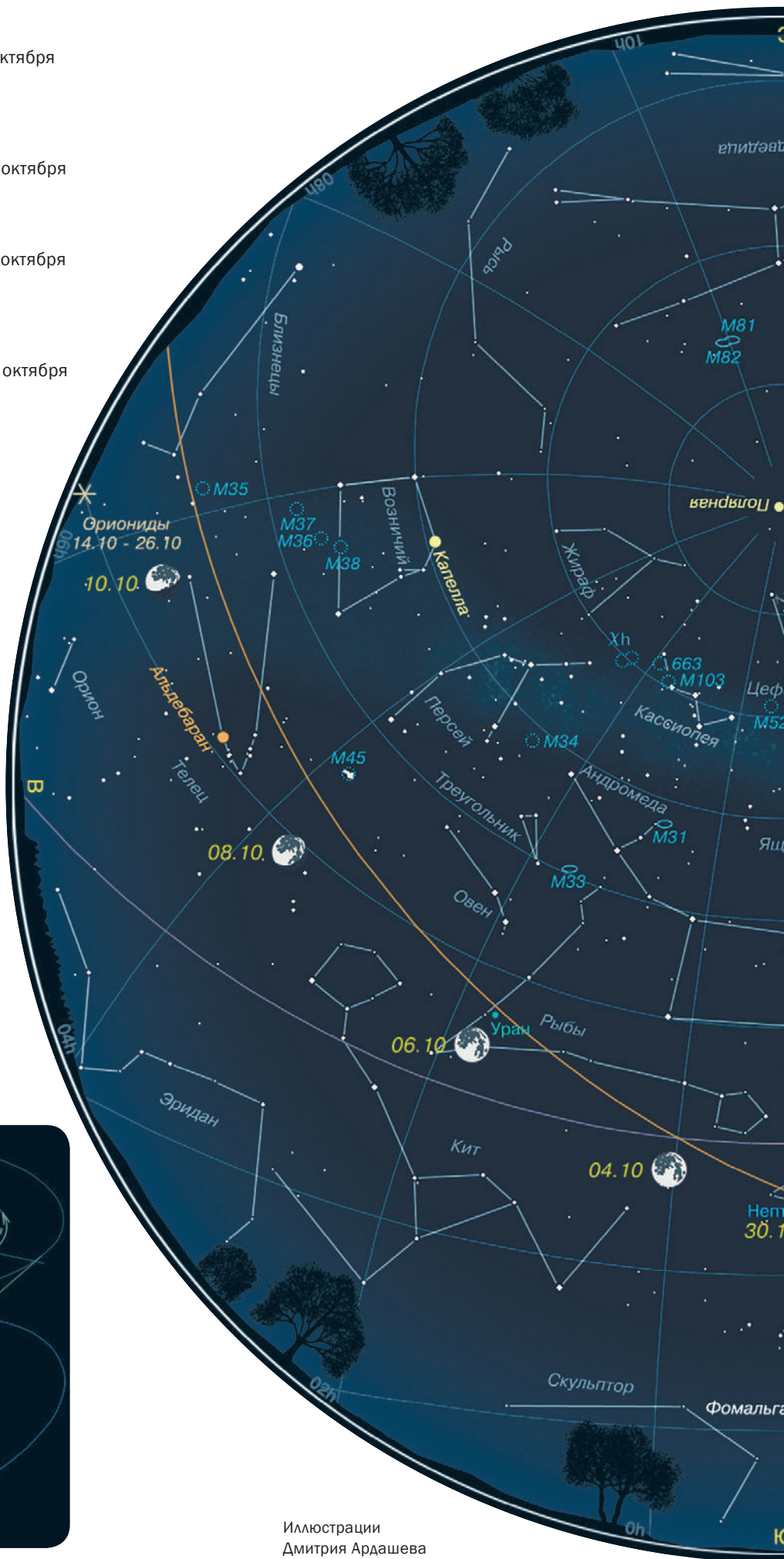
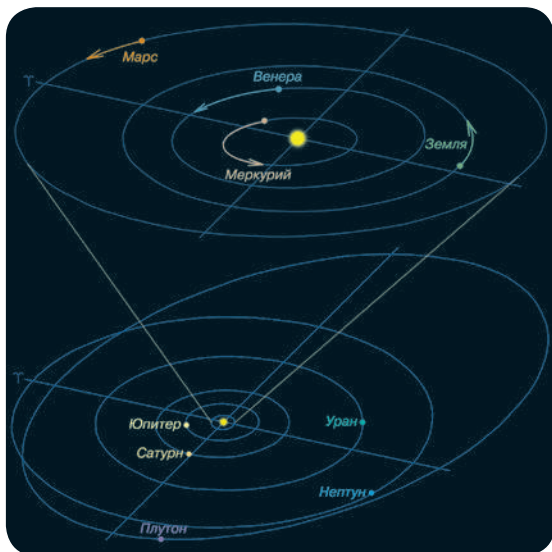
Вид неба на 50° северной широты:
 1 октября — в 0 часов летнего времени;
 15 октября — в 23 часа летнего времени;
 30 октября — в 21 час местного времени

Положения Луны даны на 20^h
 всемирного времени указанных дат

Условные обозначения:

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

Положения планет на орбитах
 в октябре 2017 г.



Иллюстрации
 Дмитрия Ардашева



Видимость планет:

Меркурий — не виден

Венера — утренняя

Марс — утренняя

Юпитер — не виден

Сатурн — вечерняя (условия неблагоприятные)

Уран — виден всю ночь

Нептун — виден всю ночь

РЕКОМЕНДУЕМ!



OK17. Одесский астрономический календарь 2017



ГАО17. Астрономический календарь 2017

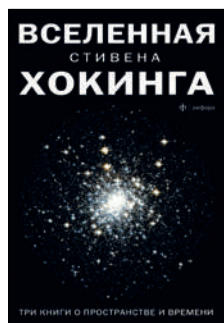
Полный перечень книг, наличие, цены
www.3planeta.com.ua
 или по телефону (067) 215-00-22



КНИГИ

Редакционный обзор самых популярных изданий по астрономии

«ВСЕЛЕННАЯ СТИВЕНА ХОКИНГА. Три книги о пространстве и времени»
Стивен Хокинг



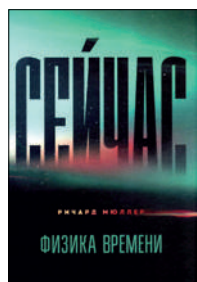
Никто не знает, что именно представляет из себя Теория Всего и даже существует ли она вообще, но большинство ученых глубоко убеждено, что в основе мироздания лежит простой и элегантный принцип, из которого проистекают все уже открытые зако-

ны природы и кажущиеся случайными физические константы. При этом его центральные уравнения должны быть настолько компактными, что легко могли бы стать оригинальным принтом на футболке.

По мнению многих журналистов и представителей экспертного сообщества, если кто из современных ученых и подошел достаточно близко к созданию такой теории, то это знаменитый британский физик, космолог и популяризатор науки Стивен Хокинг. Его произведения, доступно и популярно рассказывающие об эволюции Вселенной и ее законах, регулярно становятся бестселлерами.

Представляем вам новый сборник, в который вошли сразу три лучшие книги Хокинга, описывающие современный взгляд на рождение, устройство и будущее Вселенной: «Краткая история времени», «Черные дыры и молодые вселенные» и «Теория всего». В них ученый увлекательно рассказывает о природе пространства и времени, о происхождении нашего мира, о его истории и возможной дальнейшей судьбе.

★ ★ ★ ★ ★



СЕЙЧАС
Физика времени
Ричард Мюллер

Пожалуй, из всех базовых понятий фундаментальной науки меньше всего мы знаем о времени. Мы сумели зарегистрировать его замедление под дей-

ствием гравитации и релятивистских эффектов, но так и не смогли объяснить его главное

свойство — течение из прошлого в будущее. Мы даже до сих пор не дали четкого определения простому понятию «сейчас», с которым мы, казалось бы, постоянно имеем дело, но которое, тем не менее, издавна ставило в тупик философов, богословов и физиков. Ученые уже пришли к выводу, что для его понимания необходимы знания об энтропии, теории относительности, квантовой запутанности, о Большом Взрыве и темной энергии... А без знаний о том, что такое «сейчас», дальнейший прогресс в понимании времени невозможен.

Автор представленной книги — профессор Калифорнийского университета в Беркли Ричард Мюллер — рассказывает о том, как в начале XX века Альберт Эйнштейн «подарил» человечеству время, о черных дырах, в которых, по-видимому, сосредоточена основная часть энтропии Вселенной, и о последних достижениях квантовой физики, способных помочь нам понять, что такое «сейчас». Совместно с читателями он ищет ответы на вопросы «Можно ли повернуть «сейчас» назад во времени?» и «Почему это «сейчас» для нас так важно?»

★ ★ ★ ★ ☆



МИР В ОРЕХОВОЙ СКОРЛУПКЕ
Стивен Хокинг

Еще одно произведение легендарного британского физика и космолога Стивена Хокинга увлекает нас к переднему краю науки, где правда кажется

причудливее вымысла. Его новая книга «Мир в ореховой скорлупке» — достойное продолжение знаменитого бестселлера «Краткая история времени» — раскрывает суть научных открытий, сделанных за последние годы. Вполне доступными словами Хокинг объясняет законы и принципы, которые управляют Вселенной. Прекрасное изложение сопровождается качественными иллюстрациями.

★ ★ ★ ★ ☆

Эти и другие книги Вы можете купить в Интернет-магазине 3planeta.com.ua

КНИГА МЕСЯЦА



БУДУЩЕЕ ВЕЩЕЙ
Дэвид Роуз

Казалось бы, чуть больше десятка лет назад далеко не каждый человек на наших улицах был обладателем простенького «мобильника»... и вот уже чуть не половина жителей крупных городов пользуется продвинутыми моделями сотовых телефонов со множеством дополнительных функций. Технологический прогресс особенно заметен на примере бытовой электроники, но и в других областях его скорость впечатляет.

Как дальнейшее развитие технологий повлияет на нашу жизнь? Какими станут гаджеты следующих поколений? Как всепроникающий Интернет преобразит все, что нас окружает? Осуществятся ли великие мечты человечества — телепатия, телепортация, неуязвимость, бессмертие? На эти вопросы достаточно оригинально отвечает в своей книге инженер-программист Дэвид Роуз. Он пытается уйти от линейного продолжения образов нынешнего дня и настаивает на том, что волшебство и очарование должны быть не менее значимыми критериями при конструировании электронных устройств, чем их функциональность... И тогда мир сказки и фантазии войдет в наш повседневный быт.

★ ★ ★ ★ ★

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 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

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