

Вселенная

пространство ✦ время

ХИМИЯ ЖИЗНИ
В КОСМОСЕ И НА ЗЕМЛЕ



Новая жизнь проекта SETI

«Святой Грааль»
радиоастрономии

Поиски жизни за пределами Земли — одна из важнейших задач современной науки. В процессе ее решения нам предстоит ответить на вопрос: является ли земная жизнь уникальным явлением, возникшим благодаря редчайшему стечению обстоятельств, или же это обычное следствие универсальных законов эволюции Вселенной?



Что мы скажем
«братьям по разуму»

Умирающая красота
«Медузы»

Тайны исчезнувшего
океана Цереры

Уважаемые читатели!

Вы держите в руках последний печатный номер журнала «Вселенная, пространство, время». С января 2018 г. наш журнал будет выходить только в электронном формате на сайте <http://universemagazine.com/>. Следите за сообщениями на нашей страничке в социальной сети Facebook (<https://www.facebook.com/universe-magazinecom>)

Бумажная версия «Вселенной...» издавалась на протяжении 14 лет — с декабря 2003 г. За это время было выпущено 160 номеров журнала, на страницах которых напечатано почти 400 статей и обзоров, более четырех тысяч новостей, шесть десятков фантастических рассказов. С самого начала мы следили за приключениями марсоходов Spirit и Opportunity (второй из них работает на марсианской поверхности до сих пор вместе с присоединившимся к нему позже ровером Curiosity), за посадкой и работой аппарата Phoenix, за перипетиями миссий «Хаябуса», доставившей на Землю первые образцы астероидного вещества, и Rosetta, исследовавшей комету Чурюмова-Герасименко, за удивительными открытиями, сделанными зондом Cassini в системе Сатурна, за нелегкими буднями аппаратов MESSENGER на орбите вокруг Меркурия и Venus Express — на афрцентрической орбите. Мы писали о результатах исследований Весты и Цереры зондом Dawn, о сближении «межзвездного странника» New Horizons с карликовой планетой Плутоном, публиковали фотографии Луны, полученные первыми китайскими и индийскими автоматическими разведчиками, великолепные снимки Солнца, сделанные новыми солнечными телескопами... ну и, конечно же, нашими «главными героями» всегда были космические обсерватории: Hubble, Chandra, Spitzer, GALEX, Fermi, Kepler, Herschel, Planck. Чтобы даже кратко перечислить все их научные достижения, понадобился бы не один выпуск журнала.

За годы, минувшие со дня появления первого тиража «Вселенной...», на Земле произошло 10 полных солнечных и 12 полных лунных затмений, по диску Солнца дважды проходила Венера и трижды — Меркурий... а вот ярких комет наблюдалось только две, причем лучше всего они были видны в Южном полушарии. И совершенно случайно именно на упомянутый период не выпало ни одного великого противостояния Марса. Зато интенсивность исследований этой планеты автома-

тическими аппаратами оказалась, бесспорно, наибольшей за всю историю космонавтики. То же можно сказать и о Солнечной системе в целом — вплоть до того, что с июля 2016 г. по сентябрь 2017 г. искусственные спутники работали на орбитах вокруг пяти больших планет (от Венеры до Сатурна), а также обращались вокруг Луны и карликовой планеты Цереры.

Конечно, о некоторых срочных новостях (чаще всего — об инцидентах с космическими аппаратами и близких пролетах астероидов) мы не успевали сообщить достаточно оперативно и собираемся устранить это упущение в электронной версии. Тем более что Интернет постепенно проникает во все уголки планеты, и с нашей стороны было бы неосмотрительным не занять свое место во всемирной информационной сети. А писать нам, несомненно, всегда будет о чем: в ближайшее время мы ожидаем запуска мощных космических телескопов следующего поколения, испытания новых американских (и не только) пилотируемых кораблей, за которыми обязательно последует возвращение человека на Луну, полеты на Марс... а дальше — возможно, даже до середины текущего столетия — первые автоматические аппараты отправятся к ближайшим звездам.

Мы чрезвычайно признательны двум сотням наших авторов из десяти стран, среди которых — академики, профессора, доктора и кандидаты наук, профессионалы и любители астрономии, космонавты и специалисты космической отрасли, аналитики, обозреватели, журналисты, публицисты и писатели. Благодаря их стараниям, искреннему желанию служить благородному делу популяризации науки «Вселенная...» приобрела авторитет как среди профессиональных ученых, так и среди наших читателей, получила известность в научных кругах многих стран мира, заслужила уважение наших коллег, издающих подобные журналы в Европе и США.

И, конечно же, мы благодарим десятки тысяч наших читателей, которые были с нами все эти годы.

В космосе еще столько интересного... Поэтому — оставайтесь с нами на наших теперь уже электронных страницах! Приятного вам чтения!

**Редакция журнала
«Вселенная, пространство, время»**

СОДЕРЖАНИЕ

Ноябрь-декабрь 2017

ЖИЗНЬ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Химия жизни в космосе и на Земле

Мария Рагульская 4

Новости

От «лунной деревни» до экзопланет 11

Развитые технологии: неотличимы от магии... или от природы?

Джилл Тартер 12

Новости

Что мы скажем «братьям по разуму» 19

ВСЕЛЕННАЯ

Новости

Умирающая красота «Медузы» 20

«Призрак Юпитера» 22

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Новости

MRO изучил древнее марсианское море 23

Тайны исчезнувшего океана Цереры 24

Динамичная атмосфера северного полушария Юпитера 25

«Межзвездный странник» в Солнечной системе 26

ИСТОРИЯ НАУКИ

Телескоп Аресибо.

«Святой Грааль» радиоастрономии Владимир Манько 28

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Небесные события января 34

Многоцветие западного Единорога 38



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

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



с. 28

Руководитель проекта, главный редактор:
Гордиенко С. П.

Руководитель проекта, коммерческий директор:
Гордиенко А. С.

Выпускающий редактор:
Манько В. А.

Редакторы:
Ковальчук Г. Х.,
Остапенко А. Ю. (Москва),
Размыслович К. Р. (Минск)

Менеджер по внешним связям, переводчик:
Ковеза Валерия

Редакционный совет:
Андронов И. Л. — декан факультета Одесского национального морского университета, доктор ф.-м. наук, профессор, вице-президент Украинской ассоциации любителей астрономии

Вавилова И. Б. — научный 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 «Южнук», 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

Компьютерная верстка:
Битнова Асия

Отдел продаж: Остапенко Алена, Мельник Никита
тел.: (067) 215-00-22, (044) 295-00-22

Адрес редакции:
02097, Киев, ул. Милославская, 31-Б, кв. 53
тел.: (050) 960-46-94

e-mail:
uveroe@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

Учредитель и издатель ЧП «Третья планета»
Зарегистрировано Государственным комитетом телевидения и радиовещания Украины.

Свидетельство КВ 7947 от 06.10.2003 г.

© ВСЕЛЕННАЯ, пространство, время —
№ 11–12 ноябрь-декабрь 2017

Тираж 1500 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
тел. (044) 592-35-06

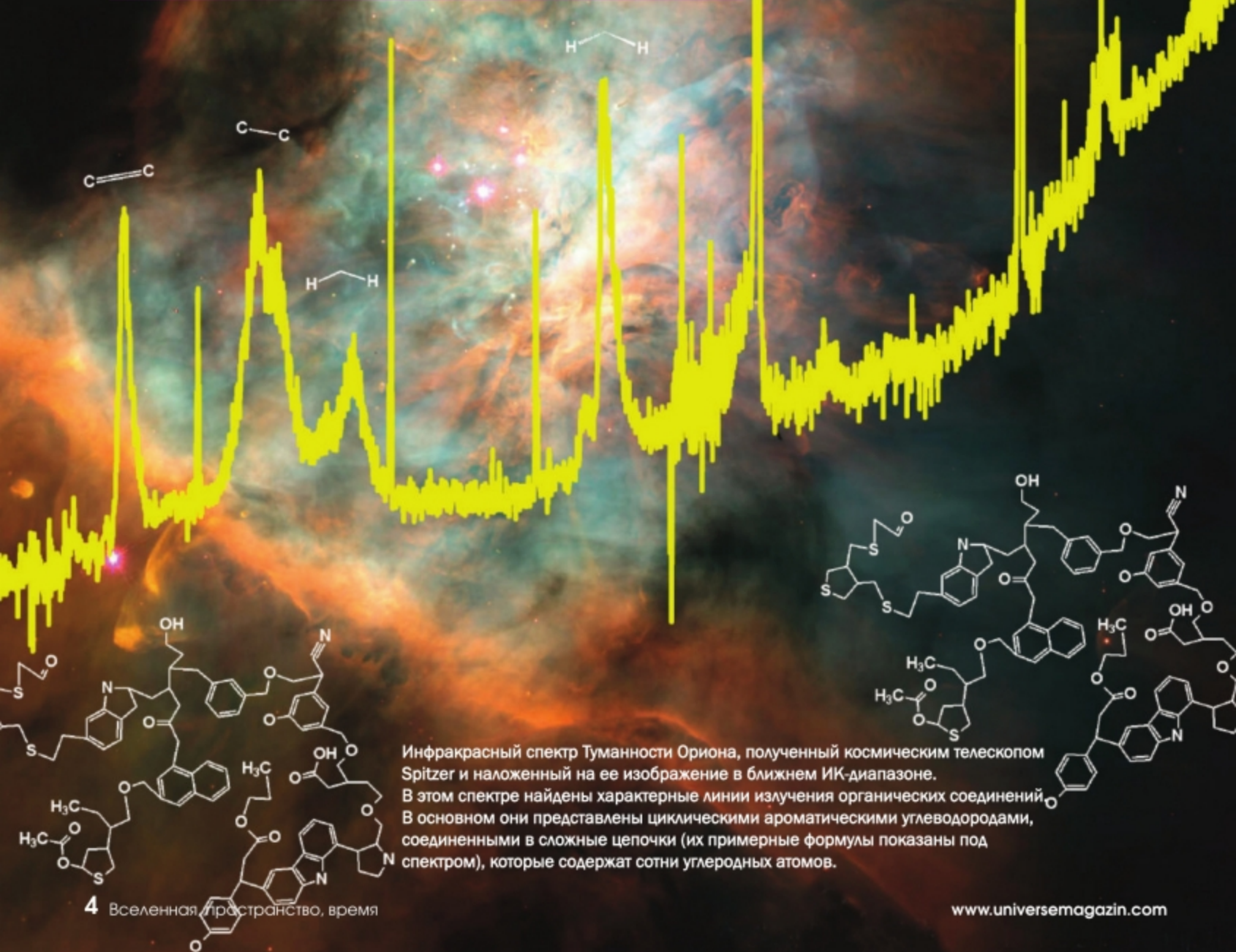
ХИМИЯ ЖИЗНИ

В КОСМОСЕ И НА ЗЕМЛЕ

Мария Рагульская

кандидат физ.-мат. наук,
старший научный сотрудник отдела
физики Солнца и солнечно-земных связей
Института земного магнетизма
и распространения радиоволн
им. Н. В. Пушкова РАН, Москва

NASA, C.R. O'Cell and S.K. Wong (Rice University)



Инфракрасный спектр Туманности Ориона, полученный космическим телескопом Spitzer и наложенный на ее изображение в ближнем ИК-диапазоне. В этом спектре найдены характерные линии излучения органических соединений. В основном они представлены циклическими ароматическими углеводородами, соединенными в сложные цепочки (их примерные формулы показаны под спектром), которые содержат сотни углеродных атомов.

Понимание происхождения жизни, возможно, является одним из самых важных вопросов для человечества. Этот вопрос неизбежно выходит за рамки проблемы появления жизни на Земле, охватывая тему ее существования во Вселенной в целом. Является ли земная жизнь случайной флуктуацией, или же она естественна и универсальна, как законы физики?

Вопрос о том, как устроен мир чуть дальше, чем за порогом собственного дома и настоящего времени, всегда интересовал пытливые умы. Космологические картины создания мира и происхождения жизни рассматриваются и в мифологии всех народов мира, и во всех религиях, и в научных концепциях. Вопрос о возникновении жизни также занимает одно из центральных мест в современных естественнонаучных исследованиях. Большую часть своей истории человечество склонно было верить во множественность обитаемых миров. Эта идея доминирует в буддистском мировоззрении (вместе с идеей переселения душ в эти самые миры), в раннем христианстве, а в Талмуде вообще прямо указано количество этих миров — 18 тысяч.

Греческая и европейская философия в лице Анаксимандра, Фалеса, Анаксагора, Эпикура, Лукреция Кара, Сирано де Бержерака, Фонтенеля, Гюйгенса, Вольтера, Галилея, Ломоносова, Канта, Лапласа, Гершеля поддерживала идею множественности обитаемых миров. Можно сказать, что она получила повсеместное распространение, и во времена Дарвина почти не было ученых или мыслителей, которые выступали бы против нее. Лишь отдельные голоса осмеливались не соглашаться с тем, что жизнь — в том числе разумная — распространена поголовно на всех планетах.

Исключений было два: католическая церковь, яростно отстаивающая богоизбранность и единственность земного человечества, и естественнонаучная мысль XX века. Тогда доминирующей парадигмой происхождения жизни на Земле стала гипотеза Опарина-Холдейна, которая предполагает возникновение живых организмов на поверхности нашей планеты из первичного бульона в первые несколько сотен миллионов лет ее существования. В 1600 г. Джордано Бруно пошел на костер инквизиции именно за идею множественности обитаемых миров. Спустя 350 лет дровишек в его костер накалили бы уже не религиозные деятели, а прогрессивные ученые индустриального общества.

Но маятник никогда не качается только в одну сторону. В настоящее время наблюдается взаимообогащение и развитие обеих концепций. К философским рассуждениям добавились результаты научных исследований по космологии, гелиофизике и астробиологии, полученные на протяжении последних 15–20 лет. Для протекания любого процесса нужна энергия. У биосферы

есть только два глобальных ее источника — Солнце и земные недра. Наша звезда — основной «поставщик» энергии для всех планет Солнечной системы, ее поведение модулирует все пространственно-временные закономерности межпланетной среды в гелиосфере. Динамика молодого Солнца и физические условия на ранней Земле, безусловно, определяли формирование биосферы нашей планеты, выбраковывая, к примеру, из возникающих молекул конфигурации, неустойчивые к ультрафиолетовому излучению. Солнечная активность¹ до сих пор определяет практически все изменения, происходящие во всех оболочках Земли (ионосфере, атмосфере, биосфере и даже литосфере). Многолетняя динамика биосферы на всех уровнях — от ДНК бактерий до человеческого социума — воспроизводит периодическую и спорадическую динамику нашего светила. Было бы странно, если бы мы не попытались оценить степень возможного влияния его активности в древние эпохи, а также воздействия галактических процессов на формирование и развитие жизни на Земле.

Как родилось Солнце и планеты?

Возраст Солнца оценивается в 4,6 млрд лет. Более полувека назад астрофизики пришли к согласию, что звезды рождаются в гигантских комплексах галактических молекулярных облаков. В массивных газопылевых дисках с глобальной гравитационной неустойчивостью возникают двойные звезды или системы «звезда — планеты-гиганты». Умеренно массивные протопланетные диски порождают системы типа Солнечной. Маломассивные диски, как правило, рассеиваются, не приводя к появлению планетных систем.

Был ли процесс формирования Солнечной системы равномерным и кратковременным? Скорее всего — нет. После падения метеорита Аленде и исследования его кальций-алюминиевых включений (CAI) считается, что аномальный легкий изотоп алюминия ²⁶Al указывает на «вымерший» магний-26. Этот короткоживущий изотоп (время полураспада около 720 тыс. лет) возникает при взрывах сверхновых. Значит, можно предположить, что примерно за два миллиона лет до рождения нашей планетной системы где-то поблизости произошла вспышка Сверхновой, которая либо послужила триггером для

начала формирования Солнца и его «семьи», либо «впрыснула» некую долю вещества в уже существовавший протопланетный диск. Примерно спустя миллион лет после начала его формирования рядом вспыхнула, как считают некоторые исследователи,² еще одна сверхновая, обогатившая диск короткоживущим железом-60. Продукты распада этого изотопа, найденные в метеоритах и лунном грунте, свидетельствуют в пользу идеи о рождении Солнечной системы в плотной звездной ассоциации с присутствием соседних массивных звезд и возможностью неоднократных инъекций «свежего» вещества.

Земля немного моложе Солнца — ей чуть больше 4,5 млрд лет. На данный момент подтверждена оценка общей длительности завершающего этапа ее роста — около 100 млн лет от начала образования из протопланетного диска. Несколько раньше появились газовые гиганты, сосредоточив в себе основную массу газопылевого облака будущей Солнечной системы. Миграция Юпитера на его нынешнюю орбиту³ остановила рост Земли и позволила ей существовать в привычном для нас диапазоне современных физических характеристик (масса, расположение в ряду других планет, наличие магнитного поля и атмосферы). Возникновение устойчивой системы «Земля-Луна» также определило стабильность параметров нашей планеты.



H. Raab

▲ Аленде — крупнейший углистый метеорит, найденный на Земле и считающийся наиболее изученным. Это самый древний из обнаруженных метеоритов и вообще из всех известных объектов Солнечной системы: его тугоплавкие включения из оксидов кальция и алюминия сконденсировались около 4,6 млрд лет назад. В метеорите был обнаружен ранее неизвестный минерал, названный пангитом. По мнению ученых, он образовался около 4,5 млрд лет назад. Таким образом, этот минерал присутствовал в околозвездном протопланетном диске еще до начала формирования Земли и других планет.

² Bizzarro et al., 2007.

³ ВПВ № 9, 2015, с. 11.

¹ ВПВ № 9, 2011, с. 16.



B. Saxton (NRAO/AUI/NSF)/NASA/JPL-Caltech/UCLA

▲ Органические соединения были идентифицированы спектральными методами, в частности, в протозвездной двойной системе IRAS 16293-2422, которая находится в молекулярном облаке ρ Змееносца (на снимке отмечена красным кружком).

Длительность земных суток, период обращения Земли вокруг Солнца, путь, который она проделывала в течение года по Солнечной системе, количество дней в древнем году, сценарий столкновения прото-Земли с планетой размером с Марс и образование прото-Луны, первоначальная температура и состояние поверхности, возникновение океанов, исходный состав земной атмосферы и напряженность магнитного поля — все эти вопросы пока неоднозначные и дискуссионные. Проблеме состояния «первичной» Земли и ее эволюции в первые 500 млн лет посвящены сотни публикаций. Отсутствие образцов пород, относящихся к указанной эпохе, делает проблематичным выбор рабочей модели из десятка гипотез, предложенных только в последнее десятилетие. Наиболее согласованная версия гласит, что Земля никогда не была ни «огненно-жидкой», ни «холодной». Нагреваемая ударами падающих тел (масса крупнейших из них на заключительных стадиях могла составлять до 1% земной), растущая планета временами имела гигантские очаги расплава. Данные по древнейшим австралийским цирконам свидетельствуют о том, что,

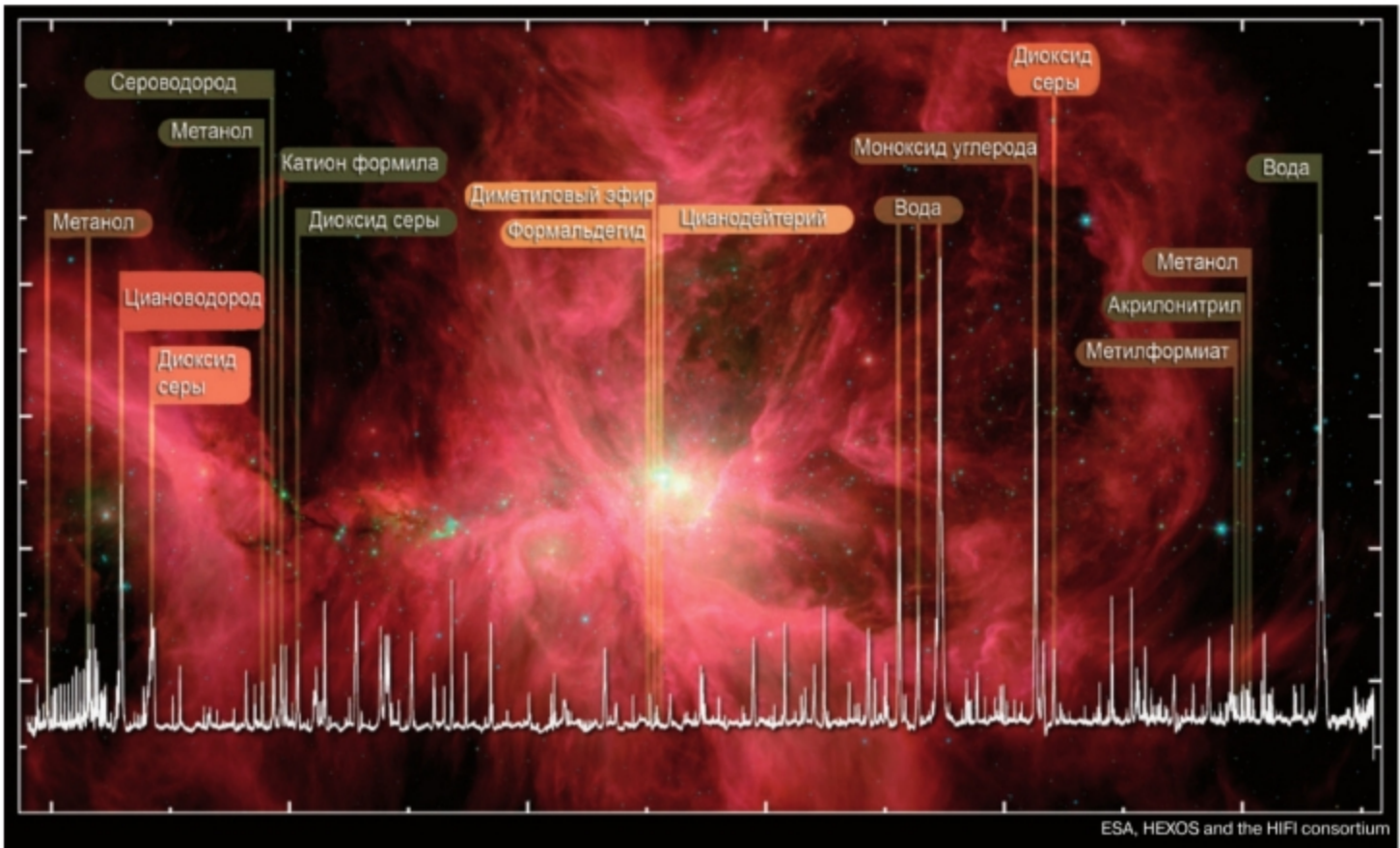
по крайней мере, в моменты порядка 4,4, 4,3, 4,2 и 4,1 млрд лет назад существовали водные бассейны.⁴ Они могли испариться, а потом снова возникнуть во время так называемой поздней метеоритной бомбардировки 4,1–3,8 млрд лет назад. Заманчиво связать эту бомбардировку с затянувшимся пребыванием Солнечной системы в звездном скоплении или прохождении ее через другое подобное скопление (отдельные гравитационно связанные рассеянные скопления могут жить несколько сотен миллионов лет⁵). Еще одна проблема состоит в том, что первичный состав земной атмосферы достоверно неизвестен. Есть только модели, основанные на том принципе, что в первый миллиард лет жизни Земли он определялся газообразованием вследствие вулканической деятельности. Относительные концентрации газов, полученные в результате моделирования, отличаются в разы, а то и на порядок. Одни исследователи считают, что исходно преобладал водород, другие предполагают доминирование азота, а третьи — углекислого газа. Последняя

⁴ J. A. Tarduno et al.
⁵ ВПВ № 8, 2008, с. 4.

модель базируется на том, что первичная земная атмосфера, генерируемая вулканической деятельностью, была тонкой, но во много раз более плотной, чем сейчас. Она создавала «парниковую» прослойку, не дающую теплу уходить в космос. В статье японских ученых (Hamano K., Abe Y., Genda H. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo) рассматривается процесс возникновения разных первичных атмосфер и океанов у планетных тел с массой прото-Земли на гелиоцентрическом расстоянии 0,7 и 1 а. е. (Венера и Земля). Предполагается, что именно эта не слишком большая разница в удаленности от Солнца позволила Земле сохранить воду в жидком океаническом виде и определила возможность появления на ней жизни современного типа.

Межзвездная органическая химия

Датировка древних земных организмов дает временной интервал около 4 млрд лет для развития биосферы нашей планеты. Вопрос о месте и времени зарождения жизни остается открытым. В настоящее



ESA, HEXOS and the HIFI consortium

▲ Линии воды и органических соединений в спектре Туманности Ориона (M42), полученном инфракрасным спектрометром высокого разрешения HIFI европейского космического аппарата Herschel. Среди молекул, найденных здесь по их характерным спектральным признакам, присутствуют моноксид углерода (угарный газ), формальдегид, метанол, диметилловый эфир, синильная кислота, а также неорганика — моноксид и диоксид серы. Множество веществ еще предстоит идентифицировать с помощью инструментов следующих поколений.

время ареал, в котором ведутся поиски жизни (в ее бактериальной форме), значительно расширился. Ее колыбелью могут быть как молекулярные галактические облака и протопланетные диски, так и вулканы, но в первую очередь — океаны Земли, Марса, астероидов, спутников планет-гигантов, а также экзопланет. Изменилось понятие «зоны обитаемости». Теперь в нее уже не входит в качестве обязательного условия наличие жидкой воды на поверхности. Земная разновидность жизни не считается единственной биохимически возможной. В качестве растворителя альтернативные биологические структуры вместо воды могли бы использовать аммиак, серную кислоту, формамид или жидкий углекислый газ.

Результаты исследований химического состава молекулярных облаков в межзвездном пространстве позволяют сделать вывод о том, что в них протекают активные процессы добиологического синтеза сложных органических веществ уже на стадии формирования звездных скоплений. Внутренние области таких облаков защищены большим количеством пыли от ультрафиолетового и видимого излучения звезд Галактики, что создает в них благоприятные условия для синтеза сложных молекул. По современным представлениям, ключевую роль в межзвездной молекулярной химии

играют реакции между ионизированными и нейтральными реагентами, а первичную ионизацию обеспечивают частицы космических лучей. В межзвездном веществе происходят как синтез («сборка»), так и диссоциация («распад») молекул.

В настоящее время количество известных межзвездных и околозвездных молекул приближается к двум сотням (без учета изомеров и изотопомеров). Среди них встречаются как простые, так и довольно сложные соединения: самые большие уверенно идентифицированные молекулы состоят из 12 атомов ($\text{CH}_3\text{OC}_2\text{H}_5$, $\text{C}_3\text{H}_7\text{CN}$).⁶ В межзвездной среде, несомненно, присутствуют и более сложные структуры — фуллерены, какие-то формы ароматических соединений.⁷ Обновляемый список инструментально зарегистрированных молекул приведен на специализированном астрохимическом сайте.⁸ В последнее время это разнообразие все чаще становится поводом для предположения о том, что органика вполне могла попадать на Землю и на другие формирующиеся планеты «в готовом виде».

Успешный лабораторный добиологический синтез органических веществ из формамида (NH_2COH) в присутствии метеор-

ных частиц в качестве катализаторов под действием ионизирующих излучений был проведен в 2015 г. в Объединенном институте ядерных исследований (г. Дубна) в ходе совместного российско-итальянского эксперимента. Выяснилось, что широко распространенные в космосе молекулы формамида в присутствии мелко раздробленных метеоритных фрагментов при облучении быстрыми протонами — аналогом солнечного ветра — приводят к абиогенному образованию разнообразных аминокислот и других важнейших биологических соединений. Аналогичные результаты получены при облучении ультрафиолетом пиримидина ($\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2$), замороженного в «грязный лед» с содержанием элементов, соответствующим реальному в межзвездной среде. Это может означать, что «кирпичики жизни» возникают в протопланетных дисках еще на стадии слипания пылинок и появления планетезималей.

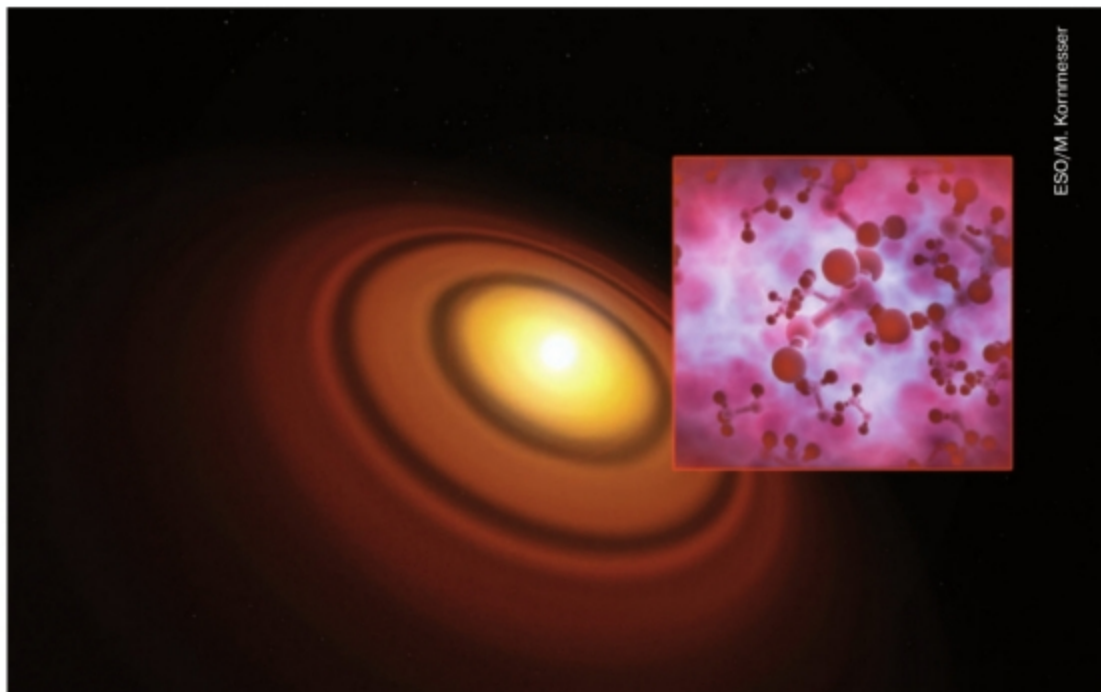
Планетная биохимия

При образовании планет в околозвездных дисках за десятки миллионов лет происходит сжатие вещества — от разреженной газовой-пылевой среды межзвездных облаков до конденсированного состояния (твердого или жидкого). Такое сжатие может сопровождаться потерей водорода и

⁶ ВПВ № 6, 2007, с. 17; № 9, 2013, с. 4.

⁷ ВПВ № 8, 2010, с. 22

⁸ <http://astrochymist.org/>.



ESO/M. Kornmesser

▲ Звезду TW Южной Гидры окружает протопланетный диск, показанный здесь в представлении художника. Из всех уже открытых подобных объектов он расположен ближе всего к Солнцу. Чилийский массив радиотелескопов ALMA впервые позволил обнаружить в этом диске органические молекулы (условно показаны на врезке), предположительно участвующие в возникновении жизни.

гелия, как у планет земной группы Солнечной системы. В этом случае происходит обогащение среды кислородом, углеродом, азотом и другими элементами пропорционально их космической распространенности. Эти элементы вместе с водородом составляют основу органических соединений и известной нам жизни. В то же время сжатие — процесс неравновесный, оно протекает со значительным изменением параметров по давлению, температуре, плотности вещества, воздействию излучения и сопровождается разнообразным комплексом физико-химических реакций. Различные размеры планетезималей и пылевых облаков вокруг них, неравновесные температуры, волны плотности, флуктуации магнитного поля в процессе формирования планет предоставляют широчайший спектр возможных условий для организации первичных биологических структур из протопланетной органики.

Наблюдаемая гомохиральность «молекул жизни» до сих пор не получила достойного научного обоснования с помощью исключительно земных факторов. Однако она вполне могла зародиться еще во время формирования планетной системы под влиянием поляризованного излучения сверхмассивной звезды предыдущего поколения, инициировавшей звездообразование (в том числе нашего Солнца) в своих окрестностях.

Поясним подробнее. Для земной жизни характерно существование выделенной конфигурации биологических молекул, когда часть из них никакими поворотами и перемещениями в пространстве не может

быть совмещена со своим зеркальным отражением (как перчатки для левой и правой руки). Растворы таких соединений обладают свойством поворачивать плоскость поляризации проходящего сквозь них света. Например, ДНК и РНК построены на углеводах с выделенным D-направлением вращения (так называемые правовращающие углеводы), а в состав белков входят практически исключительно L-аминокислоты (левовращающие). Рецепторы, ферменты, антитела и другие элементы живых организмов также обладают хиральностью. Структурное несоответствие между этими элементами и хиральными молекулами препятствует их взаимодействию — из двух химически идентичных сахаров, имеющих разную «ориентацию», один будет усваиваться организмом, а второй для него бесполезен, и его употребление приведет в конечном итоге к смерти от истощения. Правила химии и биологии не запрещают существования где-то во Вселенной жизни с другой хиральностью, построенной, как и наша, на основе углерода, но, например, с L-углеводами в ДНК. Однако на Земле такая форма, даже если когда-то была занесена или пыталась развиваться самостоятельно, просто не выжила в жестокой конкурентной борьбе первичной жизни.

Как уже упоминалось, изотопный состав Солнечной системы говорит о том, что на раннем этапе ее формирования неподалеку произошел взрыв массивной Сверхновой. А это означает, что за несколько миллионов лет до взрыва протопланетный диск должен был испытать сильное воз-

действие излучения той же, но еще только рождающейся звезды, которое могло быть поляризованным и вызвать появление небольшой преимущественной хиральности вещества этого диска, впоследствии усиленной в ходе химических реакций и под влиянием ультрафиолетового облучения.

Недавно в Туманности Ориона была обнаружена протозвезда с подобным поляризованным излучением (Orion BN/KL), что подтверждает возможность существования внеземного источника гомохиральности нашей биосферы.

В процессе эволюции протопланетного диска некоторые из «кирпичиков жизни» могут попадать туда, где имеются условия, подходящие для возникновения экосистем — например, в рождающиеся астероиды, которым предстоит пережить фазу жидкого водяного ядра и служить переносчиками жизни в течение миллионов лет. Поэтому следует допустить возможность многократного «заноса», а также многократного возникновения и разрушения различных биологических структур.

Сложности выживания

На Земле существуют бактерии и микроорганизмы, которые могут длительное время находиться в экстремальных условиях космического пространства. Они хорошо переносят высокие дозы радиации и способны в «законсервированном» виде в метеоритах сохранять жизнеспособность на протяжении миллионов лет.⁹ Гипотеза литопанспермии предполагает, что метеорные тела, астероиды и ядра комет могут переносить формы жизни с планеты на планету как в рамках одной планетной системы, так и за ее пределы. При этом организмы должны выжить при выбросе в космос с поверхности родной планеты в результате падения крупного астероида, перенести длительное путешествие (в том числе межзвездное) и уцелеть при падении на другую планету.

Ученые активно ищут внеземную жизнь или ее окаменелые остатки в метеоритах. В них уже обнаружены структуры, очень напоминающие ископаемые остатки бактерий. Самый сложный вопрос в том, действительно ли эти окаменелости имеют биологическое происхождение, и если это так, то не принадлежат ли они к земным организмам, попавшим в метеорит после его падения? Тут мнения расходятся, и только дальнейшие исследования могут дать окончательный ответ.

⁹ Космическая микробиология. Обзор экспериментальных данных по воздействию на микроорганизмы космического вакуума, радиации, УФ и пр.: Space Microbiology // MICROBIOLOGY AND MOLECULAR BIOLOGY REVIEWS, Mar. 2010, p. 121–156).

Если на нашу планету действительно были занесены представители внеземной жизни, рожденной в астероидах или на других планетах, то в контакте с новой враждебной средой молодой Земли выжила одна первичная форма — возможно, не самая удачная, но такая, как есть, с универсальным набором из четырех азотистых оснований (аденин, гуанин, тимин, цитозин), составляющих весь «генный конструктор» современной земной биосферы.

Что определило именно такой набор генов, которым мы располагаем? Скорее всего — спектр и интенсивность излучения молодого Солнца (причем даже в большей степени, чем физические условия на ранней Земле), которые значительно отличались от нынешних.

В ранние эпохи солнечная активность была более высокой, чем сейчас, и менее упорядоченной. Затем установились циклы, однако их амплитуды менялись: последовательности высоких циклов сменялись эпохами низкой активности. Электромагнитное излучение нашей звезды в оптическом диапазоне на описываемых этапах эволюции менялось незначительно, однако отношение светимости молодого Солнца в мягком рентгеновском диапазоне (0,15–4 кэВ) к его полной (болометрической) светимости было в тысячи раз большим, чем в обычный максимум активности в современную эпоху. То же можно сказать и об интенсивности солнечных космических лучей.

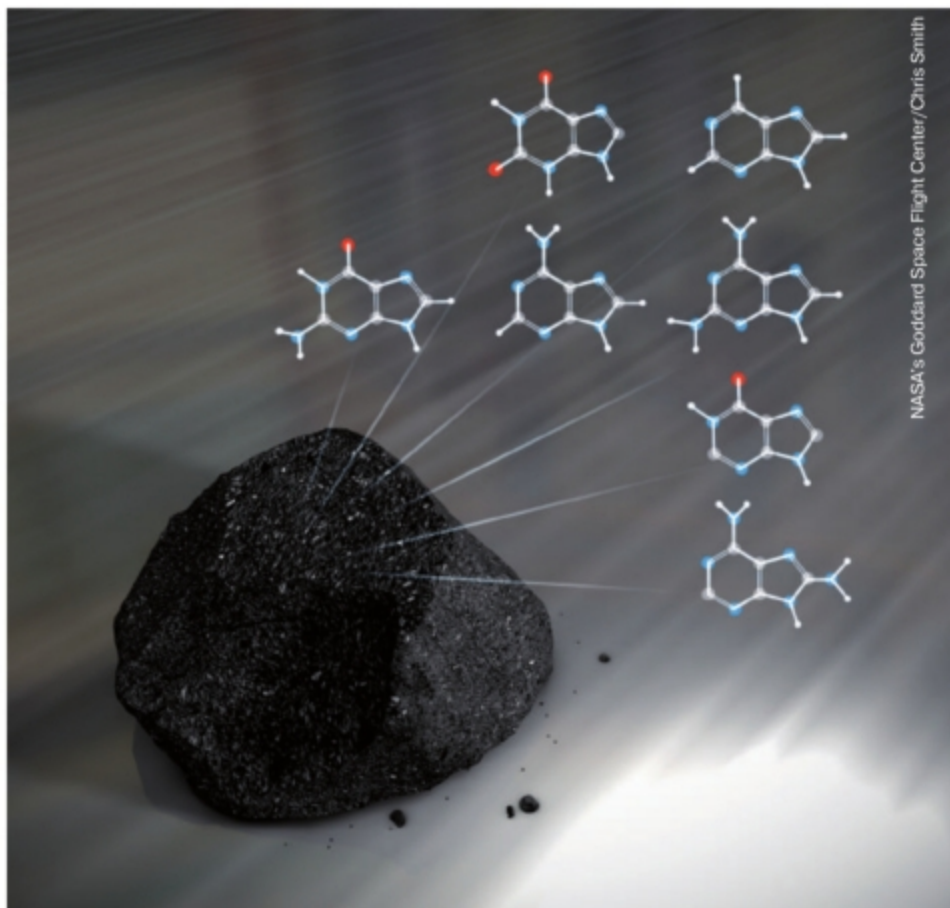
При отсутствии у Земли атмосферы и меньших размерах магнитосферы эти виды излучения были существенными поражающими факторами, препятствовавшими как процессам зарождения жизни, так и переносу органических молекул с планеты на планету в пределах Солнечной системы. С другой стороны, мощное ультрафиолетовое излучение являлось стимулирующим и системообразующим фактором для развития первых экологических систем при возникновении единого генетического кода земной биосферы — например, путем отбраковки из формирующихся молекул конфигураций, неустойчивых к облучению ультрафиолетом.

От 4 до 3,5 млрд лет тому назад во вспышечной активности нашего светила доминировали не импульсные явления (как в настоящее время), а более длительные события. Однако в момент крупных вспышек мощность корпускулярного излучения древнего Солнца не менее чем в 10 тыс. раз превосходила современный уровень. 4 млрд лет назад и ранее, даже при наличии благоприятных температурных, атмосферных и литосферных условий, вновь сформировавшаяся



Ben K.D. Pearce/McMaster University

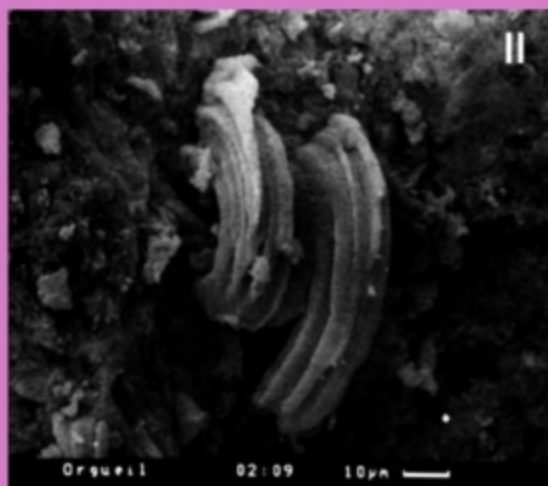
▲ Жизнь на Земле, возможно, возникла в результате падений метеоритов в небольшие теплые пруды вулканического происхождения — такие, как это озерцо в калифорнийском Национальном парке вулканов Лассен.



NASA's Goddard Space Flight Center/Chris Smith

▲ В ходе исследований, финансируемых NASA, получены доказательства того, что «строительные блоки» молекул ДНК — носителей генетической информации — присутствуют в метеоритах, сформировавшихся в космосе еще до появления больших планет (их формулы представлены на рисунке; метеорит показан условно). Это подтверждает гипотезу о том, что важнейшие составляющие земной жизни на самом деле были синтезированы в условиях космоса, после чего «занесены» на Землю при падениях комет и метеороидов.

▼ На этих микроснимках метеорита Оргейл, упавшего на юге Франции 14 мая 1984 г., запечатлены, как предполагается, окаменелые остатки внеземных микроорганизмов.



I — снимок Ричарда Гувера (Richard Brice Hoover) из Национального центра космических наук и технологий (Алабама, США). Образцы предоставлены: Paul Sipiera, Dupont Meteorite Collection of the Planetary Studies Foundation).

II — снимок Алексея Розанова, Институт палеонтологии РАН. Образцы предоставлены: Е.Галимов, Институт Вернадского РАН.

▼ Живые цианобактерии *Microcoleus chthonoplastes*, почти неотличимые от окаменелостей в метеорите Оргейл. Снимок Людмилы Герасименко, Институт микробиологии РАН.



или занесенная с метеоритами жизнь на Земле практически сразу погибла бы под действием очередного импульсного потока внешнего излучения, не успев начать процесс эволюции. Вполне вероятно, что возникновение и устойчивое развитие сложной современной биосферы является следствием не только появления магнитосферы и атмосферы современного типа, но и переходом к более упорядоченному и регулярному типу солнечной активности.

Так называемая модель «цинкового мира» Армена Мулкиджяна¹⁰ рассматривает биохимические процессы возникновения первых клеток и экологических сообществ в геотермальных водоемах древней Земли при повышенной активности молодого Солнца. Ультрафиолетовое излучение играет роль источника энергии, катализатора и фактора отбора первых биологических структур. В процессе участвуют обогащенный вулканический пар (с соотношением калия и натрия, соответствующего цитоплазме современных клеток), геотермальная вода с хлоридами натрия и железа, пористые минеральные твердые осадки в качестве катализатора и основной матрицы; присутствуют также фосфор, азот, цинк, марганец, молибден и бор, а сульфид цинка выполняет функцию защитной пленки от избыточного УФ-излучения. В таких условиях может существовать сразу несколько различных механизмов синтеза органических веществ при участии атмосферного углекислого газа и азота. Все это способно привести к образованию не только отдельных биоэлементов, но и целых экологических колоний первой земной биосферы в древних вулканических геотермальных грязевых котлах.

Даже сейчас, при относительно спокойном Солнце, вклад его активности в климат и развитие биосферы очень велик.¹¹ Несомненно, что за 4 миллиарда лет земная жизнь полностью подстроилась под динамику нашей звезды.

Краткие итоги

Современные гипотезы возникновения жизни основываются на предположениях, значительно отли-

чающихся от тех, которые рассматривались 20 лет назад.

Добиологический синтез сложных органических веществ и процессы формирования «молекул жизни» могут начинаться уже на этапе формирования звездных скоплений из молекулярных облаков. Гипотеза панспермии и гипотеза зарождения первичной жизни на Земле не рассматриваются как непримиримые конкуренты — скорее всего, это разные стадии одного и того же процесса. Возникновение жизни представляет собой процесс самоорганизации в природных условиях с химического уровня на биологический, который не обязательно проходил только на Земле, а, возможно, имел внеземной этап. Гипотеза возникновения земных экосистем в однофазной среде («первичный бульон») представляется на данный момент неубедительной. Все современные модели рассматривают двух-, а чаще трехфазные среды с присутствием глин, водных растворов и атмосферных газов, а также учитывают роль интенсивного ультрафиолетового и рентгеновского излучения древнего Солнца. «Водно-углеродный шовинизм» (построение единственно возможного варианта жизни на базе углерода с растворителем в виде воды) в качестве основной концепции жизнеспособных организмов неоправданно суживает ареал обитаемости Вселенной. Биохимически земная форма жизни не является единственно возможной.

«Молекулы жизни», вероятнее всего, возникают в протопланетных дисках еще на стадии слипания пылинок и образования планетезималей. В процессе эволюции некоторые из этих молекул попадают туда, где могут создаться условия, подходящие для их сохранения и переноса. При попадании на планету начинается новый цикл развития и адаптации жизни применительно к конкретным физическим условиям. Как показывает пример нашей Земли, иногда этот процесс бывает успешным.

Литература

“Life and the Universe” (ed. Obridko V., Ragulskaya M.) — SPB, BBM, 2017 <http://www.izmiran.ru/pub/izmiran/Life-n-Universe.pdf>.

Mulkiđjan A. Y., Galperin M. Y. Biology direct, 2009, v.4, p. 27.

¹⁰ Mulkiđjan A. Y, 2009.

¹¹ Ю. А. Наговицын, 2017, «Жизнь и Вселенная», гл. 27.

От «лунной деревни» до экзопланет

Европейские ученые обсудили проблемы жизни в космосе

С 4 по 8 декабря 2017 г. в исследовательском центре Европейского космического агентства ESTEC в нидерландском городе Нордвейк прошел 51-й симпозиум ESLAB (European Space Research Laboratory) «Экстремальные обитаемые миры». В этом году мероприятие, на котором впервые присутствовали представители журнала «Вселенная, пространство, время», было посвящено вопросам внеземной жизни, обитаемости экзопланет, а также колонизации Солнечной системы.

На протяжении пяти дней участники встречи обсуждали проблемы происхождения жизни на Земле и в космосе, процессы, ведущие к формированию потенциально обитаемых планет, и их распространенность, вопросы пригодности для жизни других тел — в частности, ледяных лун планет-гигантов или Марса и Венеры в прошлом. В области практической космонавтики речь шла о программах ESA по поискам живых организмов за пределами нашей планеты, о защите Земли от астероидной опасности, а также о создании постоянных поселений на Луне, Марсе и астероидах.

Значительная часть докладов участников была посвящена обитаемой базе, которую ESA собирается построить на Луне. Председатель оргкомитета симпозиума, глава Международной рабочей группы по исследованиям Луны Бернар Фоинг (Bernard Foing, ESA, ILEWG) в своем выступлении рассказал о перспективах проекта. По его мнению, продвижение человечества в космос должно открыть перед нами целый ряд новых возможностей — как технологических, так и гуманитарных. Появление «лунной деревни» окажет влияние также на культуру и искусство, способствуя научному Ренессансу на Земле.

Тема «лунной деревни» стала ключевой и в докладе профессора архитектурного факультета Штутгартского университета Хосе Луиса Моры (Jose Luis Moro, Universität Stuttgart). В нем шла речь о возможных конструктивных решениях для сооружений, возводимых на Луне. Всего было представлено пять перспективных дизайнов, имеющих две основных общие особенности: широкое использование надувных модулей и местных

ресурсов, что должно упростить и удешевить строительство. В качестве возможного места для него рассматриваются три площадки: кратеры Шеклон и Шредингер вблизи лунного южного полюса, а также одна из подповерхностных пустот (лавовых трубок) в области холмов Мария (Marius Hills).

Большое внимание также было уделено миссии JUICE (JUper ICy moons Explorer), которую ESA собирается отправить к ледяным лунам Юпитера. Планетолог Оливье Витасс (Olivier Witasse) ознакомил участников симпозиума с ходом проекта и основными техническими характеристиками космического аппарата. Его масса составит 5264 кг, больше половины ее придется на горючее для бортовых двигателей. Научная «начинка» будет состоять из 10 инструментов, в том числе спектрометров, камер высокого разрешения, альтиметра, магнитометра и подледного радара. JUICE должен получать энергию от солнечных батарей общей площадью 97 м² и благодаря улучшенной системе связи ежедневно передавать на Землю до 1,4 Гб данных. Запуск зонда намечен на июнь 2022 г., Юпитера он достигнет ориентировочно к концу 2029 г.

Программа JUICE включает два пролета Европы, 12–13 пролетов Каллисто и 12–15 пролетов Ганимеда, на орбиту вокруг которого аппарат выйдет в сентябре 2032 г. и проработает на ней не меньше 9 месяцев (после чего упадет на поверхность этого спутника). Миссия должна завершиться в июне 2033 г.

Но ледяные луны Юпитера — далеко не единственное место в Солнечной системе, где ученые хотят искать жизнь. Один из наиболее интересных докладов ESLAB, зачитанный сотрудницей Римского Института астрофизики и планетологии Марией Кристиной де Санктис (Maria Cristina De Sanctis, Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali), касался результатов миссии Dawn. В ходе нее весной 2015 г. одноименный зонд вышел на орбиту вокруг карликовой планеты Цереры (1 Ceres) и с тех пор занимается ее изучением. Оказалось, что это небесное тело имеет четкие признаки циркуляции жидкости в недавнем прошлом или даже в наше время — в частности, следы продуктов испарения водных раст-

воров и их замерзания. Также получены веские доказательства наличия у Цереры дифференцированных недр. По мнению де Санктис, ближайшая карликовая планета удовлетворяет большинству критериев потенциальной обитаемости.

Помимо Солнечной системы, на симпозиуме также много говорили об экзопланетах. Пока наши знания о них весьма скудны и чаще всего ограничены лишь самыми общими характеристиками — периодом обращения, массой и размером. Однако это не мешает ученым проводить компьютерное моделирование условий, которые могут существовать на их поверхностях. Этому вопросу был посвящен доклад Мартина Тюрбэ из парижской Лаборатории динамической метеорологии (Martin Turbet, Laboratoire de Météorologie Dynamique). По его словам, климатическое моделирование является очень важным научным инструментом. Оно успешно работает, создавая воспроизводимую картину распределения облачности и осадков на различных телах Солнечной системы — например, на Титане. Также оно дает ответы на некоторые вопросы, касающиеся прошлого планет, и позволяет сделать расчет климата для тел с различными характеристиками. Полученные результаты представляют не только теоретический, но и практический интерес. Так, у экзопланет, постоянно повернутых к своему светилу одной стороной, предполагалось наличие «горячего пятна» вблизи точки, где это светило наблюдается в зените. Однако модель показывает, что над ней, вероятнее всего, образуется плотная «шапка» облаков, защищающая поверхность от избыточного нагрева. Это значит, что границы зоны обитаемости, где вода может существовать в жидком виде, должны быть шире, чем считалось ранее.

В ближайших выпусках журнала «Вселенная, пространство, время» (теперь он будет выходить в электронном виде) мы расскажем подробнее о наиболее интересных докладах прошедшего симпозиума. Следующая конференция ESLAB, посвященная вопросам изучения верхних слоев атмосфер планет земной группы и их взаимодействия с солнечным ветром, состоится в мае 2018 г.

Развитые технологии: неотличимы от магии... или от природы?

Новая жизнь проекта SETI

Джилл Тартер

астроном, активная участница
поисков внеземной жизни,
руководитель программы
поисков инопланетных
цивилизаций в Институте SETI,
США

**Sufficiently Advanced
technologies:
Indistinguishable from Magic,
or Nature?**

Jill Tarter



Доклад прочитан 23 июня 2017 г.
на фестивале STARMUS (Тронхейм, Норвегия)
Перевод: Валерия Ковеза
Редакторы перевода: Сергей Гордиенко,
Владимир Манько

В нашей галактике Млечный Путь существует более 200 млрд звезд,
на каждую из которых, по современным статистическим оценкам,
приходится в среднем 2,5 планеты



Я решила назвать свою лекцию «Развитые технологии: неотличимы от магии или от природы?». Позвольте пояснить идею, скрывающуюся за этим загадочным названием. Для тех из вас, кто не зачитывался романами Артура Кларка (Arthur Charles Clarke), напомню, что в 1962 г. этот выдающийся писатель-фантаст сформулировал постулаты, ставшие известными как «три закона Кларка». Первый закон гласит: если именитый, но немолодой ученый утверждает, что нечто возможно, то почти наверняка он прав. Но если тот же ученый говорит, что нечто невозможно — он почти наверняка ошибается. Согласно второму закону, узнать, где находятся пределы возможного, удастся, только преодолев их и выйдя в область невозможного. Третий же закон утверждает, что любая достаточно развитая технология неотличима от магии.

Именно этот последний закон стал движущей силой исследований и научного поиска в рамках проекта SETI еще со времен публикации основополагающих научных трудов — таких, как статья Филипа Моррисона и Джузеппе Коккони (Philip Morrison, Giuseppe Cocconi), увидевшая свет в далеком 1959 г., и последующих первых исследований в начале 1960-х годов. Сегодня, зная, что наш мир изобилует несчетным количеством экзопланет, и начав, наконец, лучше понимать замысловатую природу жизни организмов-экстремофилов, мы по-новому осознали необычайную актуальность вопроса о том, существует ли где-нибудь еще цивилизация, с которой мы могли бы установить связь. Итак, два основных фактора, дающих основания для оптимизма в этом вопросе — обнаружение экстремофилов, то есть микроорганизмов, способных существовать в условиях, еще в мои студенческие годы считавшихся немислимими для жизни, и открытие огромного количества экзопланет на орбитах вокруг многочисленных звезд, в том числе в зонах, делающих их потенциально пригодными для возникновения и развития живых существ. На данный момент можно с уверенностью утверждать, что в галактике Млечный Путь планет больше, чем звезд: в среднем на каждую звезду приходится около двух с половиной планет.

Большинство звезд значительно меньше и тусклее нашего Солнца. Пока достоверно неизвестно, могут ли планеты в их окрестностях обладать условиями, действительно пригодными для жизни. Чтобы получать достаточное количество тепла от скудного света такой звезды, орбита ее спутника должна пролегать к ней очень

Джилл Тартер — американский астроном, активный энтузиаст поисков внеземного разума. Родилась 16 января 1944 г. Степень бакалавра в области физической инженерии получила в Корнельском университете (штат Нью-Йорк), диплом магистра — в Калифорнийском университете в Беркли. Еще в студенческие годы занялась поиском искусственных радиосигналов от близлежащих звезд в рамках проекта SERENDIP (Search for Extraterrestrial Radio Emissions from Nearby Developed Intelligent Populations). В 1984 г. вошла в число основателей Института SETI (Маунтин-Вью, Калифорния, США), где в настоящее время руководит проектом по поиску сигналов от внеземных цивилизаций в различных диапазонах спектра. Почетный член Американской ассоциации содействия развитию науки, одна из сотни наиболее влиятельных людей мира по версии журнала Time (2004 г.), участница всех четырех фестивалей STARMUS.

На протяжении многих лет Джилл Тартер прилагает максимум усилий для того, чтобы привлечь внимание широкой общественности к поискам внеземной жизни и распространить знания об их важности и значимости среди как можно большего числа людей. Она стала прототипом главной героини научно-фантастического фильма «Контакт» по роману Карла Сагана, роль которой исполнила Джоди Фостер. Среди ее многочисленных наград за активную исследовательскую работу и деятельность в области популяризации науки следует отметить премию Women in Aerospace (1989), премию Women in Space Science Планетария Эдлера (2003), а также премию Карла Сагана (2005) и конференции TED (Technology, Entertainment, Design), полученную в 2009 г. В честь ученой назван астероид 74824 Tarter.



Photo: Thor Nielsen / NTNU

близко, в пределах так называемой «зоны обитаемости». Кроме того, мы не можем быть уверенными в том, что такие планеты в состоянии удерживать атмосферу.

В прошлом году было совершено потрясающее открытие: в «зоне обитаемости» ближайшей к Солнцу звезды — Проксимы Центавра — удалось обнаружить землеподобную планету. Таким образом, у нас появилась исследовательская лаборатория в соседнем гараже. Астрономы наперебой спорят о том, какие из уже существующих или доступных в ближайшем будущем инструментов мы можем использовать для изучения свойств этой интересной системы.

Еще одно недавнее открытие удивило ученых не меньше: у небольшой и очень тусклой звезды TRAPPIST-1 обнаружили сразу 7 планет. Все «семейство» располагается так близко к своему светилу, что орбита даже самой дальней из этих планет легко уместилась бы внутри орбиты Меркурия (ближайшей к Солнцу планеты). С точки зрения размеров такая система больше напоминает Юпитер с его спутниками, нежели наше Солнце и каменные тела Солнечной системы, однако и по этой причине она представляет собой уникальный предмет научного интереса для астрономов.

Нас, сотрудников проекта SETI, в первую очередь интересуют три планеты, находящиеся в «зоне обитаемости» TRAPPIST-1. Это связано с тем, что, проходя

по своим орбитам, две из них иногда располагаются по отношению к наземным наблюдателям таким образом, что, если на них существуют общающиеся между собой цивилизации, мы смогли бы перехватить посылаемые ими друг другу сигналы.

Несмотря на то, что мы никогда не видели в подробностях обнаруженные экзопланеты, это не мешает астрономам строить догадки о том, какими они могут быть. Ученые даже сформировали целый каталог потенциально пригодных для жизни объектов и вывели так называемый «индекс пригодности для обитания». Тем не менее, нам предстоит собрать еще немало сведений об этих мирах, чтобы на основании полученных данных составить полное представление об условиях, господствующих на их поверхностях.

Наверняка многие уже неоднократно слышали словосочетание «космический контекст». Мои коллеги часто используют это понятие, и я считаю принципиально важным донести его значение до каждого. Нам следует уточнить, что именно мы понимаем под словами «здесь» и «сейчас». Я уверена, что от этого понимания во многом зависит наше будущее.

Итак, вот что такое «здесь» с астрономической точки зрения. Наше Солнце — одна из сотен миллиардов звезд в одной из 200 млрд галактик в обозримой Вселенной. Не исключено, что за пределами нашей Вселенной существуют мириады

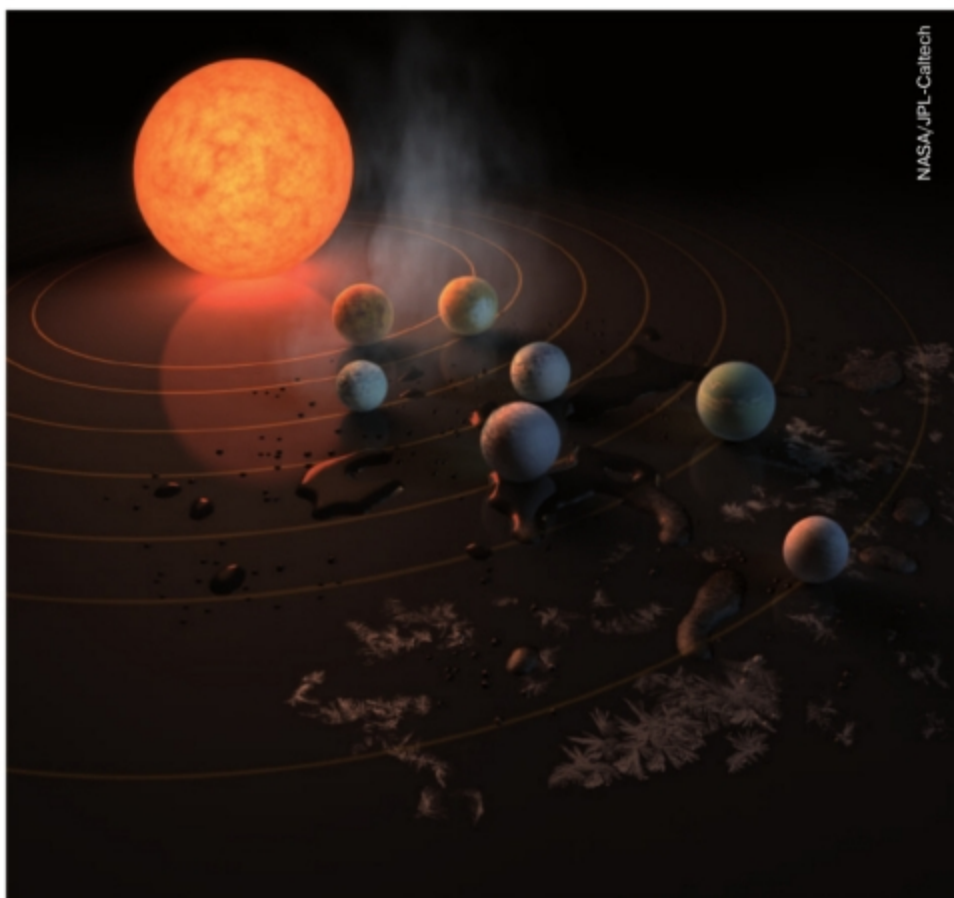


ESO/M. Kornmesser

- ▲ Так художник представляет себе поверхность планеты Proxima b, обращающейся вокруг красного карлика Проксимы Центавра — ближайшей к Солнцу звезды. Справа вверху от Проксимы на небе видна двойная звезда α Центавра АВ. Proxima b немного более массивна, чем Земля. Ее орбита лежит в «зоне обитаемости»: температура на ее поверхности допускает существование жидкой воды.

других, то есть доступный нам мир — лишь часть Мультивселенной. На потрясающем воображение снимке космического телескопа Hubble, называемом «Глубоким полем» (Hubble Deep Field), мы видим бесчисленное множество галактик самых разнообразных форм и размеров. Некоторые из них ближе и ярче, другие — дальше и тусклее. Стоит помнить и о том, что ввиду ограниченности скорости света, разглядывая их, мы смотрим не только сквозь большие расстояния, но и сквозь эпохи — назад в прошлое. Это подводит нас к пониманию идеи «сейчас» в астрономических масштабах. В данный момент мы обнаруживаем себя на одном из этапов непрерывающейся эволюции Вселенной, чей возраст уже насчитывает около 13,8 млрд лет на пути от Большого Взрыва к гипотетическому Большому Разрыву.

Такой контекст понятий «здесь» и «сейчас» — своего рода «миф о творении» для ученых, но из всех когда-либо сложенных мифов он ближе всего к истине. Логично ожидать, что с течением времени, по мере поступления новых данных, в него будут вноситься дополнения и изменения. Тем не менее, от прочих мифов такой сценарий отличает внутренняя согласованность, позволяющая нам сложить обоснованное представление о том, кто мы такие и где находимся.



NASA/JPL-Caltech

- ▲ Абстрактная концепция системы красного карлика TRAPPIST-1, размещенная на обложке февральского номера журнала Nature. Относительные размеры звезды, ее спутников и их орбит не соблюдены. Примерное положение «зоны обитаемости» показано каплями воды. За ее пределами начинается «область льда», где на поверхностях планет преобладает вода в замерзшем состоянии.



Artistic representations. Earth, Mars, Jupiter, and Neptune for scale. Distance from Earth is between brackets. Planet candidates indicated with asterisks.

▲ На этой схеме экзопланеты размещены в порядке увеличения удаленности от Солнца, расстояния до них (в световых годах) указаны в первой строчке под их условными изображениями. Планеты Солнечной системы приведены для масштаба. Звездочкой отмечены неподтвержденные объекты.

А теперь позвольте вернуться к Третьему закону Кларка. Следует помнить о том, что, хотя мы и стараемся полностью использовать потенциал проекта SETI для поиска внеземного разума, мы не имеем ни малейшего понятия о том, каким образом этот разум можно напрямую обнаружить. Едва ли мы смогли бы узнать о существовании высокоразвитой и невероятно разумной цивилизации существ, напоминающих, например, дельфинов или китов-поэтов.

Все дело в том, что — и об этом не стоит забывать — в своих поисках мы полагаемся исключительно на технологические инструменты. Проект SETI использует современные технические приборы, разработанные физиками и астрономами XXI столетия, для обнаружения признаков присутствия инопланетных технологий. При этом нам вовсе не нужно знать наверняка, для чего именно такие технологии предназначены. Более того, они могут оказаться совершенно нам непонятными, действительно напоминающими магию. Тем не менее, исследования окружающего пространства в различных диапазонах электромагнитного спектра — инфракрасном, видимом, ультрафиолетовом и т.д. — вполне способны привести к фактическому открытию признаков использования таких технологий иными цивилизациями.

Несомненно, возможность успеха такого проекта, как SETI, напрямую зависит

от того, есть ли вообще во Вселенной кто-то, кроме нас. Но, помимо этого, принципиально важна продолжительность существования цивилизаций, обладающих потенциально детектируемыми технологиями. Если наше собственное будущее подтвердит, что технологическое развитие позволяет стабилизировать условия жизни разумных существ и способствует их выживанию, то у нас появится шанс. Значение этого фактора сложно переоценить, поскольку для успешности проекта, кроме достаточной пространственной близости технологически развитых цивилизаций, важна также одновременность их существования. Такие цивилизации должны делить не только один регион нашей Галактики, но и временной период в ее истории, насчитывающей уже около 10 млрд лет.

Наша технологическая цивилизация возникла совсем недавно в очень старой звездной системе, и мы не знаем наверняка, возможно ли для подобных цивилизаций просуществовать достаточно длительное время, чтобы успеть установить контакт еще с кем-то. В этом заключается один из самых главных вопросов, пока остающихся без ответа.

Каким же образом мы собираемся искать другие технологические цивилизации? Например, мы могли бы обнаружить физические артефакты — сообщения, передаваемые с помощью гравитационных

волн или потоков нейтрино. Однако эти области пока не настолько развиты, чтобы надеяться на успех в ближайшем будущем, и нам остается уповать на усердие коллег-астрономов, занимающихся разработкой таких технологий. Все, что мы можем в данный момент — регистрировать послания в виде сигналов, закодированных в электромагнитном излучении.

Но даже при такой ограниченности доступных инструментов масштабы предприятия просто необъятны. В поисках «иголки» нам приходится перебирать по соломинке огромный стог «космического сена». Усложняет проблему то, что этот «стог» обладает девятью «измерениями». Три из них — пространственные, одно — временное; когда речь идет об электромагнитном излучении — оно характеризуется двумя видами поляризации... далее, мы понятия не имеем, на какой частоте искать сигнал и каким образом передаваемая информация может быть закодирована, какая схема модуляции может быть использована и, соответственно, как построить подходящий фильтр. Наконец, нельзя ничего сказать о том, насколько далеко располагается передатчик — это определяет мощность сигнала от него и уровень чувствительности, который должно иметь наше оборудование, чтобы его зарегистрировать. Таким образом, мы можем «угадать» все первые восемь параметров, но все равно ➤



▲ Антенны массива Аллена (Allen Telescope Array) в Северной Калифорнии.

не сумеем засечь сигнал лишь потому, что чувствительность наших приборов окажется недостаточной.

Что же именно мы ищем? Сигналы, явно не имеющие естественной природы, очевидно и однозначно искусственно созданные, не похожие ни на какие природные явления. Абсолютное большинство сигналов, регистрируемых нашим оборудованием, излучается в ходе различного рода астрофизических процессов и относится к разряду фоновых шумов. На схеме, где по оси x отложена частота, а по оси y — время наблюдений, на фоне шума заметно выделяются два пика. Нечто подобное мы и ищем. К слову, в таком виде при «взгляде» в радиотелескопы иногда предстает планета Марс, когда автоматические аппараты, работающие на ее поверхности, передают данные наземным центрам Дальней космической связи.

Как же отличить искусственно созданный сигнал? Существует два основных способа. При сканировании радиоволн мы ищем признаки экстремального сжатия по частоте, пытаемся обнаружить в одном из десятков миллиардов различных радиоканалов «послания» в максимально узком диапазоне. В видимом же спектре мы ищем сигналы, сильно сжатые по времени — периодические вспышки очень яркого света, длящиеся наносекунду или меньше. Подобные вспышки мог бы излучать инопланетный лазер. С другой стороны, такой прибор мог бы посылать не импульсный, а непрерывный сигнал. Поиском этих признаков существования внеземного разума сейчас и занимается наш проект.

Как верно отметил в своей лекции Роберт Вилсон, тем, кто изучает космос, очень полезно иметь собственный

телескоп — это позволяет пробовать новые направления поиска. Благодаря помощи Пола Аллена Институт SETI недавно ввел в эксплуатацию первую очередь комплекса радиотелескопов ATA (Allen Telescope Array) в Северной Калифорнии, насчитывающую 42 антенны. Проект ATA должен стать начальным этапом, за которым последует строительство множества антенн меньшего размера, объединенных в единую сеть, симулирующую работу одной огромной «тарелки» и подключенную к достаточным вычислительным мощностям, что позволит нам обрабатывать принимаемую информацию в режиме реального времени. Такие меры необходимы, чтобы ученые могли отделить потенциальный сигнал внеземной цивилизации от шума, создаваемого нашими собственными средствами связи. Как только такой сигнал будет замечен, мы сможем сразу же отследить его источник.

Примеры того, как работают подобные системы, давно доступны. Например, с помощью наших инструментов можно заметить сигнал от 6-ваттного передатчика на борту покидающего Солнечную систему зонда Voyager 1. Сейчас он является самым удаленным объектом, созданным человеком: он уже в 140 раз дальше от нас, чем Солнце. Тем не менее, его радиопередача легко обнаруживается нашими алгоритмами, созданными для поиска искусственных сигналов, и используется для отладки оборудования.

Наши планы на будущее включают расширение диапазона частот для поиска сигналов, своей модуляцией или периодичностью выделяющихся на фоне шума, создаваемого астрофизическими источниками. Для их реализации нам необходимо

задействовать машинное обучение. С этой целью мы совместно с компанией IBM две недели назад объявили конкурс, в котором могут принять участие все желающие разработчики соответствующих программ.

Пару лет назад Юрий Мильнер и фонд Breakthrough Prize выделили 10 млн долларов на десятилетний проект развития исследовательского центра SETI в Беркли, включающий использование наблюдательного времени на существующих радиотелескопах и сооружение нового оборудования для одновременной обработки сигналов, поступающих на разных частотах. На данный момент такое оборудование устанавливается на телескопы Национальной радиоастрономической обсерватории (Западная Вирджиния, США) и в австралийском штате Новый Южный Уэльс. Кроме того, для наблюдений в видимом диапазоне зарезервировано 30 ночей в год на телескопе APF — «Автоматический искатель планет» — в Ликской обсерватории в Калифорнии. В рамках проекта также подписан меморандум о сотрудничестве с руководством нового радиотелескопа FAST (Сферический радиотелескоп с пятисотметровой апертурой), недавно построенного на юге Китая, телескопа KAT-7 в Южноафриканской Республике и радиотелескопа им. Лоуэлла в Чeshire (Северо-Западная Англия). В дальнейшем для этих инструментов тоже разработают и установят усовершенствованное оборудование. Дополнительно, будут созданы специальные системы сжатия данных для передачи информации в облачные сервисы, где ее смогут обрабатывать волонтеры и вообще все интересующиеся астрономией.

Уже существующая программа для привлечения любителей SETI@home по-прежнему ведет обработку данных, поступающих с радиотелескопа Аресибо. Помимо этого, телескоп LOFAR в Нидерландах занимается регистрацией кратковременных событий на низких частотах, потенциально представляющих интерес для проекта SETI.

В Италии существует группа под названием SETI Italia, работающая на 32-метровом радиотелескопе обсерватории Медичина. В Южной Калифорнии одну из старых антенн сети Дальней космической связи перевели под руководство образовательного учреждения, и теперь студенты используют ее для своих исследований в радиодиапазоне. Вдобавок в Японии группы радиоастрономов и специалистов, ведущих наблюдения в оптическом диапазоне, осуществляют совместный мониторинг одних и тех же объектов на регулярной основе.

Концепция включения в SETI видимого диапазона возникла практически в то же время, когда начались радионаблюдения, но фактическую реализацию эти планы получили только в начале нынешнего века, когда появились и стали доступными технологии, позволяющие подсчитывать фотоны на временных промежутках порядка наносекунды (миллиардной доли секунды). С их помощью исследователи — в основном на базе университетов и научных учреждений — ищут на небе короткие и очень яркие вспышки света. Например, студенты Гарварда самостоятельно соорудили инструмент, используемый ими в рамках проекта Sky Survey, а ученые из Университета Беркли работают со спектрометром HIRES в обсерватории Мауна Кеа на Гавайях. Кроме того, к поискам подключен ранее упомянутый APF в Ликской обсерватории и некоторые частные телескопы. Мы также используем данные, полученные инфракрасной космической обсерваторией WISE, для поиска признаков существования цивилизаций II или III типа.

Наблюдения в видимом свете все больше смещаются в сторону ближнего инфракрасного диапазона, поскольку в этой части спектра космическая пыль и газ мешают исследованиям заметно меньше. Ведя поиск сигналов искусственного происхождения, мы очень рассчитываем, что наши коллеги-астрономы помогут нам выделить излучение, на самом деле испускаемое естественными астрофизическими объектами — например, такими, как пульсары, регулярно меняющие периодичность.

Транзитным методом можно обнаружить прохождение по звездным дискам

тел, имеющих несферическую форму. «Фабрика по производству нейтрино», построенная развитой цивилизацией на орбите вокруг звезды, могла бы повлиять на периодичность изменения светимости цефеид — хорошо изученных астрофизических «маяков». Смена периода пульсаций (коротких и длинных циклов) может использоваться как своего рода азбука Морзе для передачи сигналов практически куда угодно, например, внутри скопления галактик Девы.

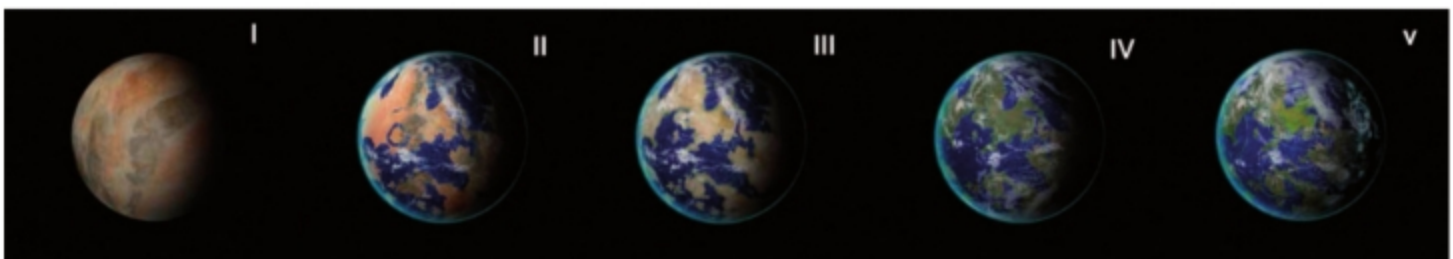
Недавно канадский писатель-фантаст Карл Шредер (Karl Schroeder) предложил альтернативную формулировку Третьего закона: «Любая достаточно развитая технология неотличима от творения природы». Такая версия, по его мнению, объясняет отсутствие результатов проекта SETI, а также накладывает ограничение на направление технологического развития цивилизации, существующей долгое время: она должна найти способ полностью утилизировать избыточное тепло и излучение, являющиеся побочными эффектами использования высокоразвитых технологий. Именно это, в его представлении, объясняет, почему мы до сих пор не смогли обнаружить такие «выбросы».

В недавней работе группа ученых предложила новую классификацию планет, разделив их на 5 типов. Последний тип в этой схеме характеризуется повсеместным использованием высоких технологий для предупреждения поглощения поверхностью теплового излучения материнской звезды. Такая цивилизация должна была бы полностью покрыть свою планету солнечными батареями для преобра-

зования энергии, поступающей извне. Кроме того, население могло бы воспроизводить и подстраивать условия на ней под свои потребности и нужды.

По мере того, как мы начинаем изучать близлежащие экзопланеты с помощью новейших и мощнейших телескопов, я все чаще задаюсь вопросом: что же нам следует искать, чтобы обнаружить такие «идеально управляемые» миры? По моему мнению, мы могли бы заметить, например, необычное альbedo — блик света, отраженный от устилающей поверхность системы солнечных батарей.

Другим признаком искусственного вмешательства может стать «неправильная» температура, которую невозможно было бы объяснить, учитывая расположение орбиты планеты. Это могло бы означать, что климатические условия на ней специально изменены для соответствия потребностям населяющей ее цивилизации. Еще один вариант — в планетной атмосфере не наблюдается экстремальных погодных явлений. Пока сложно сказать, как именно можно зарегистрировать отсутствие сильных перепадов давления и штормов на удаленной экзопланете, но, думаю, эта идея тоже заслуживает внимания. Кроме того, развитая цивилизация могла бы уравновесить широтные изменения климата, сделав условия на своей планете неестественно однородными от полюсов к экватору. Наконец, если бы мы заметили необычное скопление похожих друг на друга миров в одном небольшом регионе пространства — это точно свидетельствовало бы о необходимости присмотреться к нему



▲ Классификация планет по их способности усваивать и генерировать энергию

Класс I. Планеты без атмосферы, близкие к радиационному равновесию. Для этих миров температуру поверхности определяет простой энергетический баланс, при котором поглощенное звездное излучение равно излучению, испускаемому планетой. Примерами объектов данного класса в Солнечной системе являются Меркурий и Луна.

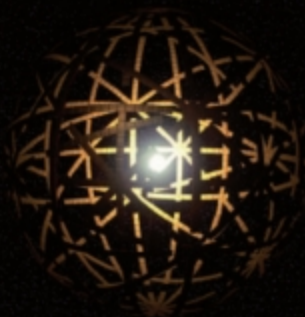
Класс II. У планет, атмосферы которых содержат парниковые газы, поступающая солнечная радиация создает тепловые градиенты между поверхностью и газовой оболочкой, где она излучается обратно в космос. Венера и Марс в их нынешних состояниях представляют собой планеты II класса.

Класс III. Жизнь на планете может использовать свободную химическую энергию из окружающей среды или «улавливать» энергию звездного излучения. Такая «тонкая» (преимущественно микробная) биосфера, не оказывающая сильного влияния на планетную эволюцию, по-видимому, в ранние эпохи присутствовала на поверхности Земли, а также Марса — пока там существовала жидкая вода.

Класс IV. Когда жизнь начинает активно участвовать в радиационном балансе планеты (например, благодаря фотосинтезу), мы имеем дело с миром более высокого класса, или с так называемой «толстой биосферой» — на этой стадии сейчас находится Земля. Все ее системы активно модифицируются живыми организмами, постоянно выходясь из равновесия. Такие планеты часто излучают больше энергии, чем получают от своей звезды.

Класс V. На определенном этапе развития технологической цивилизации она становится настолько энергоемкой, что вынуждена искать способы использования всей энергии, поступающей на планету от звезды, а также осваивать термоядерный синтез. Часть этой энергии неизбежно превращается в тепло, и планета становится наиболее мощным «излучателем» в своей системе. Предполагается, что Земля может достичь такого состояния в течение нескольких сотен лет.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ПРОТИВ ИСКУССТВЕННОГО



- Неестественный блеск или альbedo
- «Неправильная» температура поверхности звезды
- Отсутствие экстремальной звездной активности
- Широкая однородность
- Тесная группа одинаковых миров
- Признаки модифицирования звезды

► на предмет потенциального техногенного вмешательства.

Конечно же, давно известным способом обнаружения высокоразвитой цивилизации является ослабление излучения родительской звезды планетной системы вследствие наличия конструкций типа «сферы Дайсона».

Еще один вариант развития событий был предложен философом Ником Бостромом (Nick Bostrom). К той же идее в своем выступлении ранее подводил Мартин Рис (Martin Rees): возможно, мы обнаружим пост-биологический мир. Эта идея вновь обращает наше внимание на активно обсуждаемые вопросы, связанные с этическими аспектами и средствами контроля за созданием разумных машин нами самими. Я думаю, если бы Ник Бостром сформулировал свою версию Третьего закона, она звучала бы приблизительно так: «Любая достаточно развитая технология неотличима от цели, внесенной в программу недостаточно ограниченного и сдержанного сверхразумного андроида». Неверно сформулированная цель может обратить выполнение любой изначально полезной задачи в катастрофу: если запрограммировать такого робота на производство скрепок, он превратит в скрепки и фабрики по их производству все, что попадет на его пути.

Я считаю, что нашей предсказательной способности может оказаться недостаточно, чтобы выдвинуть верные предположения о том, какими могут быть миры, пошедшие по этому пути. Но не исключено, что мы сможем понять, где их искать. Как верно заметил Мартин Рис, такие цивилизации не обязаны больше оставаться на поверхности своих планет. Тем не менее, очевидно, они все равно нуждаются в источниках энергии. Возможно, мы обнаружим своеобразные «процессоры-матрешки» вокруг звезд — системы, в которых избыточное тепло, вырабатываемое внутренними слоями структуры, используется последующими слоями для

поддержания их собственной активности. Подобные системы выделяли бы очень мало тепловых выбросов. В таком случае, может быть, нам удалось бы зарегистрировать обмен информацией между такими структурами.

Какие же источники могли бы питать эти колоссальные «матрешки»? Например, достаточно энергии для них теоретически способен предоставить поток фотонов от бешено вращающегося аккреционного диска у горизонта событий черной дыры. А может быть, они научились «утилизировать» мощные взрывы сверхновых или излучение нейтронных звезд. Кроме того, у нас пока нет вразумительного объяснения существования планет на орбитах вокруг пульсаров: как они пережили смерть своей звезды, или же каким образом сформировались после нее?

Думаю, в решении многих подобных животрепещущих вопросов будущее — за проектами по запуску миниатюрных исследовательских аппаратов, наподобие Breakthrough Starshot, Dragonfly или Starwisp. Тем более что эти перспективные программы могли бы значительно расширить наши знания даже о собственной Солнечной системе.

Пока мы знаем очень мало, а потому имеем массу несомненных причин продолжать постоянные поиски сигналов иных цивилизаций со всех возможных направлений и на всех доступных частотах. Мы с нетерпением ждем подключения к нашим исследованиям оптических телескопов, которые будут осуществлять непрерывный мониторинг всех участков небесной сферы. Планируется сооружение шести таких обсерваторий с минимум четырьмя камерами каждая. Кроме того, еще в шести точках по всей планете установят запасные инструменты. Такое распределение телескопов позволило бы вести постоянные наблюдения всего неба.

Кроме того, в стадии разработки находится проект нового устройства в виде

геодезического купола, укрытого сенсорами, улавливающими излучение как видимого, так и инфракрасного диапазона. Эта система сможет наблюдать большую часть неба в течение почти всего темного времени суток. Очевидно, активное развитие фотоэлектроники сделает реализацию такого проекта возможной уже в ближайшем будущем.

Но если все же, несмотря на все наши усилия, мы так и не зарегистрируем возжеланный сигнал? Несомненно, такой исход тоже серьезно повлияет на представления человечества о его месте во Вселенной. Однако до того, как мы сможем однозначно сказать, одиноки мы или нет, нам предстоит долгие и усердные исследования — и я думаю, что если и есть мероприятия, достойные вовлечения всех и каждого жителя Земли, то поиск внеземной жизни совершенно точно к ним относится. Сделайте на минутку шаг назад и взгляните на себя со стороны. Как ничто иное, проект SETI способствует пониманию землянами своего единства и подобия. Он демонстрирует, что найти ответ на большой вопрос, стоящий перед всеми нами, можно лишь сообща, отбросив различия и разногласия. Поэтому в заключение я хочу процитировать астронома Калеба Шарфа: «В условиях нашего ограниченного мира взгляд с космической точки зрения — не роскошь, а необходимость».



▲ Главный редактор журнала «Вселенная, пространство, время» Сергей Гордиенко и Джилл Тартер на фестивале STARMUS в Тронхейме (Норвегия).

Что мы скажем «братьям по разуму»

Попытки установить контакт с внеземными цивилизациями предпринимались задолго до появления специализированной организации — Института SETI, основанного в 1984 г. Шестью десятилетиями лет ранее, 21 августа 1924 г., во время Великого противостояния Марса, когда расстояние между ним и Землей было наименьшим в XX веке, американские официальные лица предложили провести «национальный день радиомолчания». Все владельцы радиостанций должны были каждый час на 5 минут выключать свои передатчики, чтобы астрономы, используя самые совершенные на тот момент радиоприемники, имели возможность зарегистрировать гипотетические сигналы с соседней планеты. Один из приемников даже установили на дирижабле, дрейфовавшем на высоте более 3 км. Несложно понять, что все эти усилия не принесли ни малейшего результата.

С тех пор «Молчание Вселенной» остается обычным состоянием дел в области поисков внеземного разума,¹ но энтузиасты по-прежнему не теряют надежды. Млечный Путь на самом деле весьма велик, и даже с точки зрения его масштабов мы только начали его детальные исследования. Тем не менее, если представить себе, что в один прекрасный день мы получим неоспоримые свидетельства существования разумной жизни в другой звездной системе и сможем вступить с ней в контакт... все равно остается непростой вопрос: а о чем, собственно, мы сообщим инопланетянам и каким способом мы это сделаем?

Прежде всего, не стоит забывать, что если это не будет личная встреча, то наш диалог очень сильно затянется. Даже до

ближайшей звезды Проксимы Центавра² свет и радиосигналы идут более четырех лет, и столько же понадобится ответным сообщениям, чтобы достичь Земли. Поэтому нам придется основательно запастись терпением. Очевидно, общаться в таком режиме с помощью простых вопросов и ответов имеет мало смысла, а значит, нам стоило бы постараться вложить в одно послание как можно больше информации. В свое время знаменитый астрофизик Карл Сеган (Carl Sagan),³ как и большинство мыслителей, касавшихся этой темы, утверждал, что основой для таких посланий может служить математика. Исходя из этих соображений, британский ученый Лэнслот Хогбен (Lancelot Hogben) разработал языковую систему, которую назвал Astraglossa. Она использует короткие радиопulses, называемые «тире» и обозначающие числа, а также длинные серии импульсов (получивших условное название «вспышек»), представляющие собой символы математических операций, наподобие сложения или вычитания. После того, как цивилизации «найдут общий язык» в области арифметики, темой для обсуждения, по мнению Хогбена, станет астрономия — как очевидный предмет общего интереса. В конце концов, два вида инопланетян, говорящих о космосе, будут вполне похожи на двух землян, беседующих о погоде.

Однако ксенолингвист Шери Уэллс-Дженсен (Sheri Wells-Jensen), занимающаяся конструированием языков, которыми гипотетически могут пользоваться жители других планет, вообще не уверена в том, что наши послания будут поняты. Конечно, для своего создателя и других

ученых-гуманитариев Astraglossa является вполне осмысленной, но для иного разума она останется набором непонятных сигналов. Даже в пределах нашей Земли, объясняет Уэллс-Дженсен, существует около 7 тыс. языков, и меньше половины из них обладает письменностью, то есть далеко не все люди способны передавать свои мысли в символической форме, и нет гарантии, что это умеют инопланетяне. Ксенолингвист рекомендует подход «меньше говорить, больше посылать»: кодировать и отправлять собеседникам всевозможные тексты, мелодии, изображения, даже кардиограммы и энцефалограммы — в надежде на то, что хоть к какому-то типу посланий они смогут отыскать ключ и хотя бы частично их понять.

Совсем радикальное решение высказал в марте 2015 г. сотрудник Института SETI Сет Шостак (Seth Shostak, SETI Institute, Mountain View, California). Он предложил установить связь с «братьями по разуму» посредством... Интернета, точнее — транслировать им весь контент глобальной информационной сети, включая рекламу и фотографии котиков. По его словам, если воспользоваться мощным радиопередатчиком, на это уйдет несколько месяцев, а специально сконструированный лазер сможет ускорить этот процесс до нескольких суток. Если такой подход сработает, он наверняка будет способствовать дальнейшему содержательному диалогу, но если даже нет — мы хотя бы посмеемся над тем, что огромная коллекция человеческой глупости теперь странствует между звездами в форме набора электромагнитных импульсов.

Как бы то ни было, все эти планы пока упираются в один прискорбный факт: Земля продолжает оставаться единственной известной планетой, на которой возникла и развивается жизнь...

¹ ВПВ № 5, 2014, с. 15; № 9, 2015, с. 24; № 7, 2016, с. 19.

² ВПВ № 12, 2006, с. 17; № 9, 2016, с. 15; № 3, 2017, с. 6.

³ ВПВ № 2, 2015, с. 6.



<http://www.bbc.com>



Умирающая красота «Медузы»

Туманность Abell 21, также известная под неофициальным названием «Медуза», была открыта американским астрономом Джорджем Эйбеллом (George Abell) в 1955 г. Она расположена на расстоянии 1500 световых лет в направлении созвездия Близнецов. Поперечник туманности, соответствующий ее видимому диаметру на таком расстоянии, составляет примерно четыре световых года. Несмотря на достаточно большие размеры, она крайне тусклая и потому трудна для наблюдений.

Представленный снимок Abell 21 был получен 24 октября 2008 г. с помощью новой камеры, установленной на 4-метровом телескопе Майялл Национальной обсерватории Китт Пик в штате Аризона (Mayall telescope, Kitt Peak National Observatory). Голубой цвет на изображении соответствует излучению дважды ионизированного кислорода (линия OIII, 501 нм), оранжевый — ионизированному водороду, излучающему в основном в линии H α (656 нм).

Изначально ученые считали, что «Медуза» является остатком вспышки сверхновой.¹ Однако проведенные в 1970-х годах наблюдения показали, что скорость ее расширения составляет всего 50 км/с, то есть на самом деле это планетарная туманность — финальная стадия жизненного цикла звезд, имеющих массу от 0,8 до 8 солнечных.² Подобные объекты формируются, когда светило, израсходовав практически все запасы водородного термоядерного «горючего» в своем ядре, превращается в красный гигант и сбрасывает внешние слои в окружающее пространство. Обнажившееся звездное ядро представляет собой очень плотный и горячий белый карлик, излучающий преимущественно в ультрафиолетовом диапазоне. Его излучение ионизирует выброшенное вещество, в результате чего оно само начинает светиться в характерных спектральных линиях и становится видимым. По астрономическим меркам фаза планетарной туманности длится недолго — не более нескольких десятков тысяч лет. В конце концов, газовая оболочка полностью рассеивается в космосе, а белый карлик, некоторое время «подогреваемый» энергией гравитационного сжатия, медленно остывает.³

¹ ВПВ № 6, 2014, с. 8.

² ВПВ № 5, 2005, с. 6; № 5, 2008, стр. 4.

³ ВПВ № 12, 2007, с. 11; № 1, 2008, с. 13; № 6, 2008, с. 26.

«Призрак Юпитера»

Туманность NGC 3242 получила прозвище «Призрак Юпитера» из-за некоторого ее сходства с диском крупнейшей планеты Солнечной системы, видимом при телескопических наблюдениях. Открыл ее знаменитый английский астроном Уильям Гершель (William Herschel) в 1785 г. Эта небесная достопримечательность расположена в созвездии Гидры на расстоянии около 1400 световых лет от Солнца. Сейчас ее относят к категории планетарных туманностей — остатков звезд солнечной массы после завершения их активной эволюции.

Представленный снимок был сделан 15 декабря 2006 г. с помощью 4-метрового телескопа Майялл обсерватории Китт Пик. Основная часть NGC 3242 (собственно «Призрак Юпитера») видна как яркий объект правее и выше центра изображения. Вокруг нее заметны несколько далеких фоновых

галактик. Всю нижнюю и левую часть снимка занимает т.н. расширенная туманность. Ее точная природа до сих пор неизвестна. Предполагается, что это может быть вещество, выброшенное погасшей звездой еще в то время, когда она находилась на эволюционной стадии красного гиганта. Согласно другой версии, это просто сосед-

нее облако межзвездного газа, подсвечиваемое белым карликом, оставшимся в «сердцевине» туманности.

Голубой цвет на изображении соответствует излучению дважды ионизированного кислорода (OIII), оранжевый — ионизированному водороду (линия H α). Север находится слева, восток — внизу.



Крупномасштабный снимок планетарной туманности NGC 3242, сделанный космическим телескопом Hubble. Условным красным цветом показано излучение ионизированных атомов серы (длина волны 673 нм), зеленым — ионизированного азота (658 нм), голубым — нейтрального кислорода (631 нм). Вблизи центра изображения виден светло-фиолетовый компактный объект — белый карлик, оставшийся после сброса внешних оболочек погибшей солнцеподобной звездой. Расстояние до туманности оценивается в 1400 световых лет, расстояние между двумя красными сгустками с противоположных ее сторон — около двух световых лет. Природа этих сгустков пока непонятна.



T.A. Rector/University of Alaska Anchorage, H. Schweiker/WfN and NOAO/AURA/NSF, L. Frattare and Z. Levay/STScI/AURA/NASA

MRO изучил древнее марсианское море

В наше время Марс представляет собой пустынный и по всем признакам совершенно безжизненный мир. Однако миллиарды лет назад эта планета — тогда еще не «красная» — выглядела совершенно иначе: она обладала намного более плотной атмосферой, полноценной гидросферой, а ее вулканы активно извергались. Не исключено, что в те времена там могла зародиться жизнь.

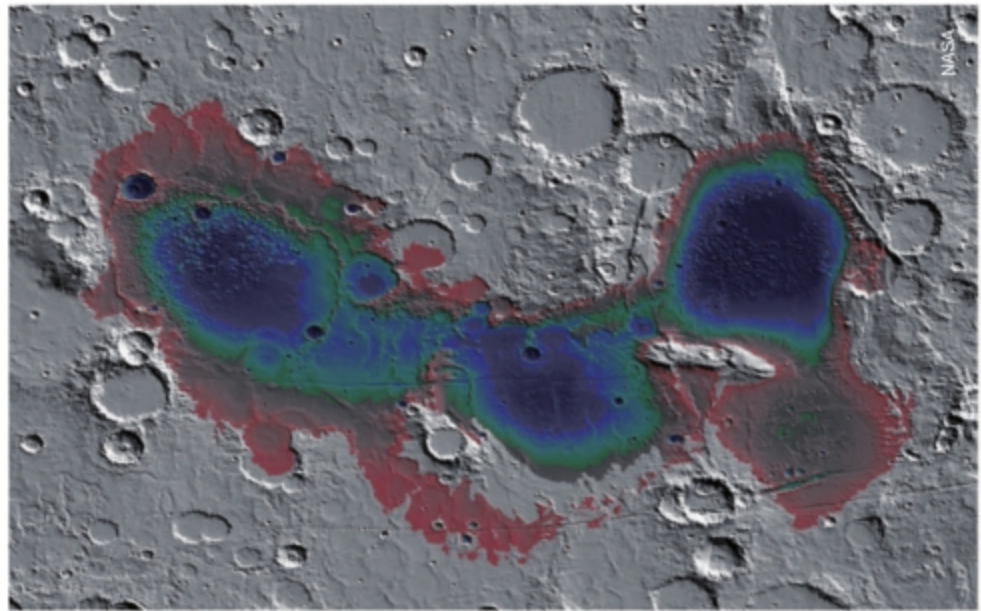
По мнению ряда ученых, наиболее подходящим для этого местом были горячие источники, располагавшиеся на дне древних марсианских водоемов.¹ Проанализировав данные, собранные установленным на аппарате MRO² спектрометром CRISM (Compact Reconnaissance Spectrometer for Mars), планетологи смогли идентифицировать один из таких регионов, который представляет собой впадину, расположенную в южном полушарии Марса и получившую название «бассейн Эридания» (Eridania Basin). На ее дне имеется несколько достаточно глубоких чашеобразных провалов, соединенных относительно мелкими рвами.

Спектроскопия, проведенная приборами MRO, показала, что в этих местах марсианская поверхность покрыта мощными отложениями серпентина, алунитов, ярозитов и талька — пород, формирующихся в геотермальных источниках на Земле. Они содержат большие количества железа, магния, калия и других элементов, считаемых критически важными для зарождения жизни. Кое-где толщина отложений достигает 400 м.

3,7 млрд лет назад на месте бассейна Эридания располагалось море, дно которого было покрыто целой россыпью горячих источников, а поверхность имела внушительную площадь — около 1,1 млн км², что больше Черного и Каспийского морей, вместе взятых. Общий объем этого древнего водоема оценивается в 210 тыс. км³ (в девять раз больше современного объема воды в Великих озерах Северной Америки). По мере изменения климата Красной планеты море начало пересыхать и распалось на ряд мелких озер. Они, в свою очередь, со временем полностью высохли, оставив после себя слой минеральных отложений. Все это делает впадину Эридания одним из наиболее перспективных мест для поиска следов, оставленных гипотетической марсианской жизнью.

¹ ВПВ № 7, 2007, с. 12; № 5, 2008, с. 16; № 12, 2011, с. 4.

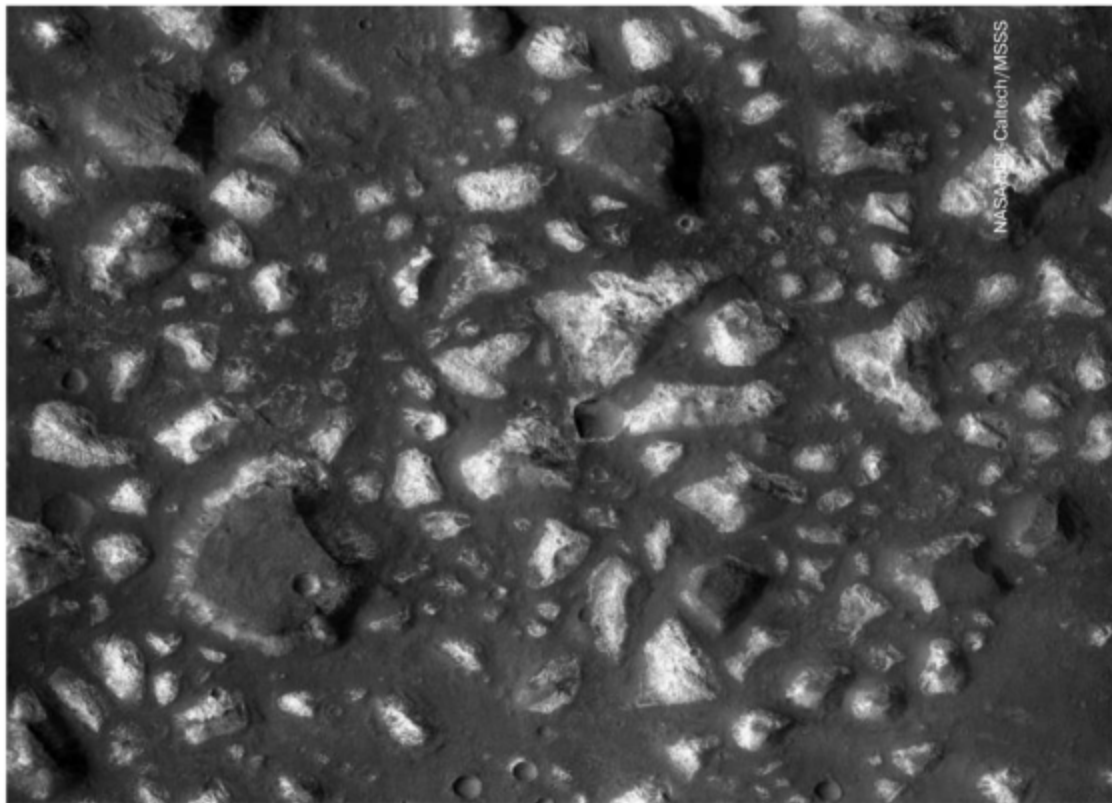
² ВПВ № 10, 2006, с. 11; № 11, 2010, с. 9.



Приблизительная глубина водоема, м



▲ Предполагается, что бассейн Эридания в южном полушарии Марса 3,7 млрд лет назад был частью дна большого моря. Найденные там осадочные породы с большой вероятностью связаны с подводной гидротермальной активностью. На этом рисунке различными цветами показаны возможные глубины древнего водоема (красный соответствует мелким участкам, синий и фиолетовый — самым глубоким, зеленый — промежуточным значениям).



▲ Этот крупномасштабный снимок участка региона Эридания демонстрирует множество обломков осадочных пород, некогда отложившихся на дне обширного водоема. После его высыхания они были раздроблены и стали частью большого пласта вулканических материалов, который образовался позже. Изображение получено с помощью контекстной камеры аппарата Mars Reconnaissance Orbiter (NASA).

Тайны исчезнувшего океана Цереры

Еще недавно Цереру (1 Ceres) называли крупнейшим астероидом в Солнечной системе. Однако на XXVI Генеральной ассамблее Международного астрономического союза в 2006 г. она была переклассифицирована в карликовую планету.¹ Решение оказалось весьма удачным. Чем больше мы узнаем о Церере, тем больше понимаем, что это небесное тело обладает рядом существенных отличий от обычных астероидов. Во-первых, данные, собранные миссией Dawn,² свидетельствуют о том, что изначально оно могло сформироваться на достаточно большом расстоянии от Солнца и уже позже мигрировать на свою нынешнюю орбиту. Во-вторых, в прошлом карликовая планета почти наверняка обладала подповерхностным океаном.

¹ ВПВ № 4, 2004, с. 16; № 9, 2006, с. 20.

² ВПВ № 5, 2005, с. 24; № 10, 2007, с. 18; № 3, 2015, с. 28.

Группа исследователей из Лаборатории реактивного движения (JPL NASA³) сумела составить новую гравитационную карту Цереры. Для этого они воспользовались данными об изменениях орбиты аппарата Dawn под действием гравитационных аномалий. Выяснилось, что в районах расположения кратеров Оккатор, Керван и Ялоде (Occator, Kerwan, Yalode),⁴ а также вблизи горы Ахуна (Ahuna)⁵ сила тяжести оказалась чуть слабее среднего значения.

Все перечисленные регионы ассоциируются с местами недавней по меркам возраста Солнечной системы криовулканической деятельности — извержений из недр карликовой планеты больших объемов легкоплавких веществ (в первую очередь

³ ВПВ № 12, 2014, с. 8.

⁴ ВПВ № 8, 2015, с. 13.

⁵ ВПВ № 7, 2015, с. 16; № 3, 2016, с. 19.

воды).⁶ В частности, на дне кратера Оккатор расположено крупнейшее скопление знаменитых белых пятен,⁷ а гора Ахуна считается криовулканом, возможно, проявляющим активность до сих пор.

Гравитационная карта также помогла оценить характеристики коры Цереры. Исследователи пришли к выводу, что ее плотность близка к плотности водяного льда. Однако это расходится с другими данными, указывающими на то, что церерианская кора обладает значительно большей прочностью, чем может обладать эквивалентный по толщине ледяной пласт.

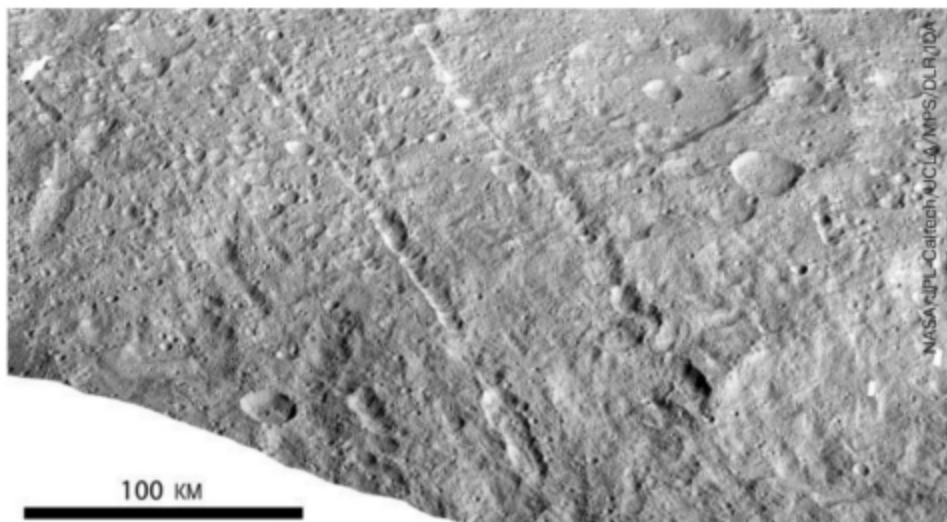
Вторая группа ученых из Гарвардского университета (Harvard University, Cambridge, Massachusetts) попыталась разрешить это противоречие, создав компьютерную модель эволюции коры карликовой планеты, на основе которой удалось сделать вывод, что она должна состоять из льда, солей, камней и газовых гидратов. Эта смесь имеет примерно такую же плотность, что и водяной лед, но значительно прочнее его. По результатам исследования было выдвинуто предположение о том, что кора могла сформироваться в ходе постепенного заморозки подповерхностного океана, некогда существовавшего в церерианских недрах.

Интересно также то, что Dawn обнаружил на поверхности Цереры свыше двух тысяч линейных структур протяженностью более километра. Планетологи разбили их на две основные категории: цепочки вторичных кратеров и цепочки впадин. Последние возникли из-за постепенного подъема вещества из глубин, приводившего к тому, что материал вышележащих слоев «раздвигался» с образованием трещин. Скорее всего, этот процесс не был напрямую связан с заморозкой океана. Тем не менее, это открытие в очередной раз показывает, что ближайшая карликовая планета характеризуется непростой эволюцией.

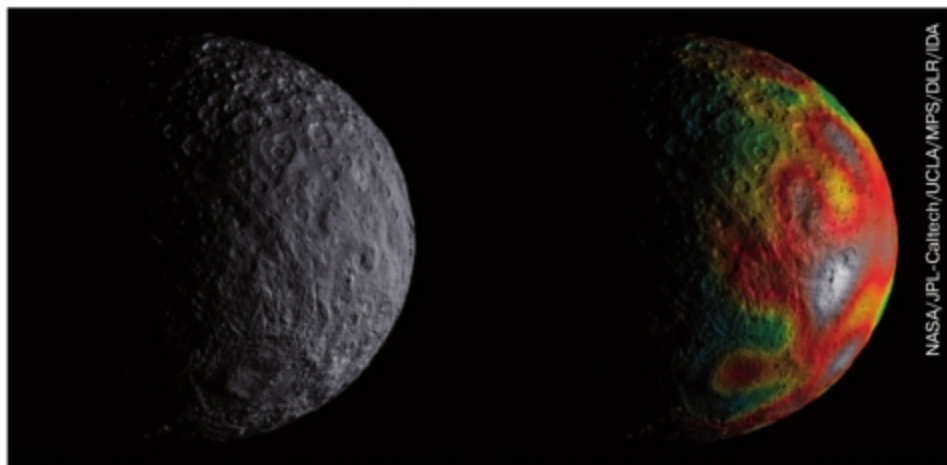
Могла ли какая-то часть океана Цереры сохраниться до нашего времени? Теоретически это вполне возможно. Результаты компьютерного моделирования говорят о том, что под ее корой должен находиться слой более мягкого вещества. Не исключено, что этот слой или его часть как раз и представляет собой жидкие остатки древнего океана, не заморозившие из-за большой глубины залегания и высокого содержания в них солей, а также, вероятно, соединений наподобие аммиака, выполняющих роль своеобразного антифриза.

⁶ ВПВ № 1, 2009, с. 18.

⁷ ВПВ № 5, 2015, с. 11; № 12, 2015, с. 16; № 7, 2016, с. 27.



▲ На этом изображении видны протяженные цепочки углублений, получившие название «катены Самайн» (Samhain Catenae) в честь кельтского праздника окончания уборки урожая. В современном ирландском языке это слово обозначает месяц ноябрь.



▲ Глобальный вид Цереры, сфотографированный зондом Dawn с картирующей орбиты высотой 1,470 км над поверхностью. Справа — карта аномалий церерианского гравитационного поля, полученная благодаря сверхточным измерениям скорости космического аппарата и позволившая ученым высказать предположения относительно внутреннего строения карликовой планеты. Красным и белым цветом показаны положительные отклонения (сила притяжения больше ожидаемой), зеленым и голубым — отрицательные (притяжение слабее ожидаемого).

Динамичная атмосфера северного полушария Юпитера

Каждые 53 дня, двигаясь по своей вытянутой эллиптической орбите, космический аппарат Juno¹ сближается с Юпитером, проходя на расстоянии чуть больше 4 тыс. км от его облачного покрова. Во время каждого такого визита зонд не только собирает информацию о магнитном поле и внутреннем строении гигантской планеты, но и делает фотографии ее облаков с помощью камеры оптического диапазона JunoCam. Эти снимки выкладываются в открытый доступ на сайте миссии, после чего любой желающий может обрабатывать их по своему усмотрению. В результате часто получаются весьма впечатляющие изображения. Пожалуй, наиболее известными их авторами в последнее время стали «гражданские ученые» Геральд Айхштедт и Сеан Доран (Gerald Eichstädt, Seán Doran).

На одной из обработанных ими фотографий запечатлен средних размеров шторм в северном полушарии газового гиганта, вращающийся против часовой стрелки. Ранее было установлено, что темные облака находятся на меньшей

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

высоте, чем светлые. На снимке можно увидеть тени, отбрасываемые более высокой облачностью на нижележащие слои (Солнце светит слева). Характерный размер самых мелких белых облачных деталей составляет от 7 до 12 км. Они напоминают аналогичные маленькие облака, уже наблюдавшиеся в других регионах Юпитера,² и предположительно состоят из смеси кристаллов водяного льда и аммиака, поднятых восходящими атмосферными потоками.

Второй снимок охватывает участок юпитерианской облачности над еще более северными широтами, где постоянно наблюдается целый комплекс возмущений и завихрений сложной формы и динамики. С первого взгляда они кажутся сравнительно небольшими, однако практически все они на самом деле крупнее самых мощных земных циклонов.

После того, как группа сопровождения Juno не смогла перевести его на рабочую орбиту с периодом 14 суток,³ было решено, что во время 12-го прохождения перийовия (1 апреля 2018 г.) зонд направят в атмосферу Юпитера с целью

² ВПВ № 6, 2017, с. 30.

³ ВПВ № 10, 2016, с. 23.

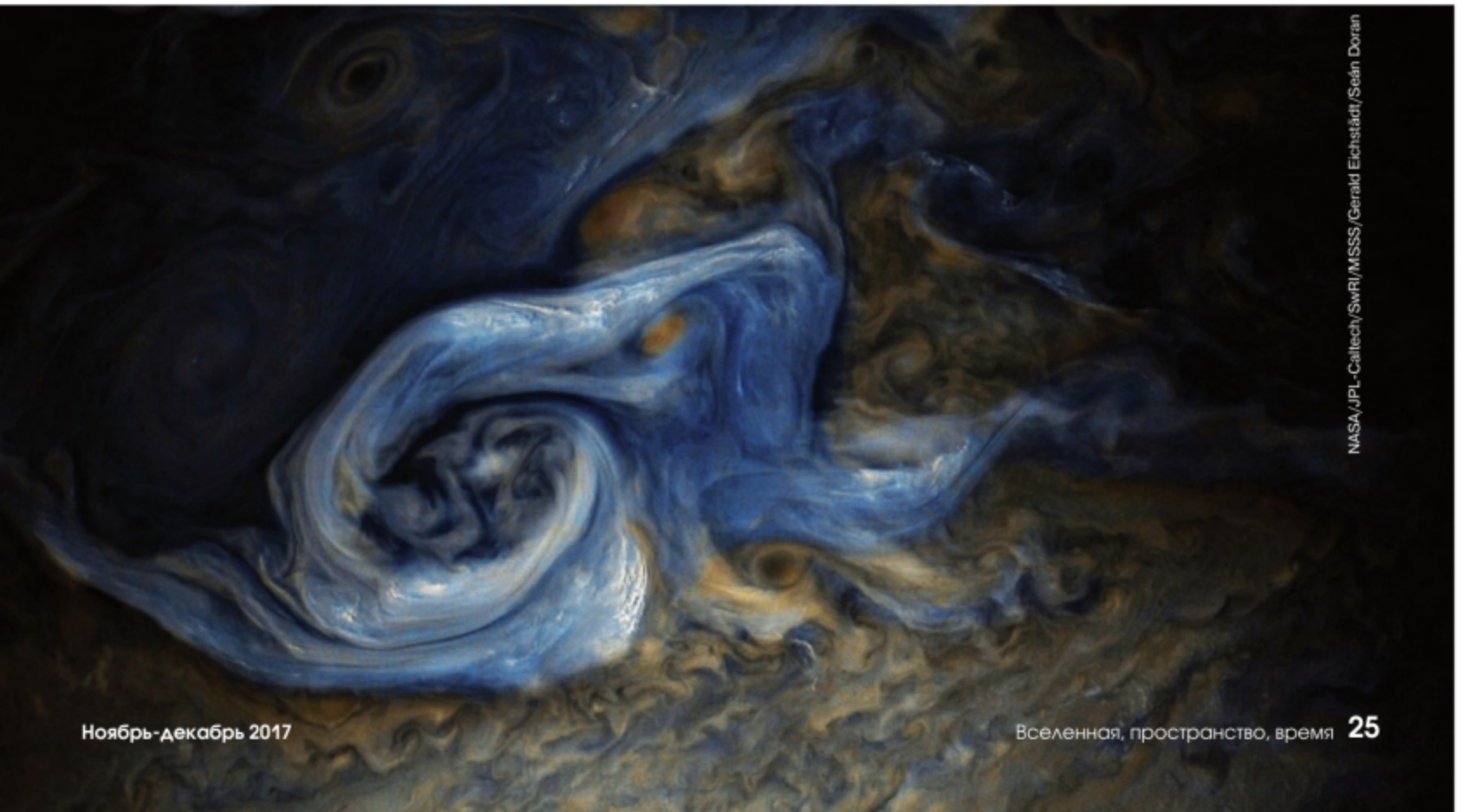
завершения миссии. Однако сейчас NASA рассматривает возможность продления эксплуатации аппарата еще как минимум на год.



NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/Gerald Eichstädt/Seán Doran

▲ Облачный покров Юпитера на 57,5° с.ш., сфотографированный зондом Juno 24 октября 2017 г. с высоты 18 900 км. Хорошо виден сложный комплекс атмосферных вихрей, активно взаимодействующих друг с другом. Заметны также несколько изолированных штормов меньшего размера (на самом деле каждый из них крупнее самых мощных земных циклонов).

▼ Изображение масштабного шторма в северном полушарии Юпитера, полученное зондом Juno (NASA) 24 октября 2017 г., во время девятого по счету прохождения перийовия — ближайшей к планете точки орбиты. В момент съемки космический аппарат находился на расстоянии 10 100 км от вершущек юпитерианских облаков в районе 41,8° с.ш. Разрешение снимка составляет 6,7 км на пиксель. Цвета искусственно усилены компьютерной обработкой.



NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/Gerald Eichstädt/Seán Doran



▲ Так художник сайта Европейской Южной обсерватории (ESO) представил себе первый открытый межзвездный астероид, получивший название Оумуамуа. Этот объект миллионы лет странствовал в космосе, пока случайно не залетел в Солнечную систему. Цвет его поверхности — темно-красный, а длина достигает 400 м при почти в десять раз меньшей ширине. С такими физическими характеристиками, не похожими ни на какие известные тела Солнечной системы, «межзвездный путешественник» должен быть металлическим или каменным (иначе при периоде осевого вращения порядка 8 часов его разорвало бы центробежными силами).

«Межзвездный странник» в Солнечной системе

Эксцентриситет орбиты, обозначаемый латинской буквой e — одна из самых важных характеристик небесного тела, позволяющая отнести его к тому или иному классу. У больших планет этот показатель лежит в пределах от нуля до 0,1 (исключение — Меркурий, у которого $e=0,206$), то есть их орбиты представляют собой эллипсы, не сильно отличающиеся от окружности. Несколько выше разброс эксцентриситетов у астероидов: у некоторых из них он может достигать 0,5. Практически все объекты с более эксцентричными орбитами — опять же, за немногочисленными исключениями — относятся к классу комет. Большинство из них движется по очень вытянутым эллипсам с эксцентриситетом, весьма близким к единице, что соответствует параболе. В результате гравитационного влияния планет Солнечной системы (главным образом Юпитера¹) они могут «разогнаться» достаточно сильно, чтобы навсегда уйти из сферы притяжения Солнца по незамкнутым гиперболическим траекториям с эксцентриситетом незна-

¹ Такой же механизм, называемый «гравитационным маневром», часто используется для изменения траекторий межпланетных аппаратов — ВПВ № 3, 2007, с. 4.

чительно больше 1. До сих пор рекорд по этому показателю удерживала комета Боуэлла (C/1980 E1 Bowell) с $e=1,057$, прошедшая перигелий 3 января 1982 г. на расстоянии 3,364 а.е. (503 млн км).

Несложно понять, что если Солнце постоянно «теряет» кометы, улетающие от него в межзвездное пространство — то же самое должно происходить и с другими звездами, обладающими «кометными поясами», аналогичными нашему облаку Оорта.² И время от времени такие «потерянные» объекты должны были бы посещать Солнечную систему. Однако до сих пор ничего подобного астрономы не наблюдали... вплоть до 18 октября 2017 г., когда на снимках, сделанных 1,8-метровым телескопом системы PanSTARRS (остров Мауи, Гавайский архипелаг), было обнаружено неизвестное небесное тело, получившее предварительное обозначение C/2017 U1. Несмотря на то, что незадолго до открытия оно прошло на расстоянии 0,16 а.е. (24 млн км) от Земли, такого сближения было бы явно недостаточно, чтобы перевести загадочный объект на орбиту с эксцентриситетом около 1,2. Более

² ВПВ № 1, 2004, с. 32.

того: его траектория проходит вдали от всех прочих планет, а значит — ни одна из них не могла придать ему необходимое ускорение. Следовательно, столь значительный эксцентриситет он имел изначально благодаря тому, что до сближения с Солнцем уже двигался со скоростью около 25 км/с, то есть он не может иметь никакого отношения к «населению» нашей планетной системы и прибыл к нам «извне».

После объявления об открытии все ведущие обсерватории планеты нацелились на «межзвездного гостя». Выяснилось, что 9 сентября он прошел перигелий на расстоянии 0,25 а.е. от Солнца (это меньше соответствующего параметра орбиты Меркурия), но, несмотря на это, не проявил признаков кометной активности, поэтому его обозначение в соответствии с правилами Международного астрономического союза (МАС)³ было изменено на A/2017 U1, используемое для астероидов. Альbedo нового небесного тела — отражающую способность его поверхности — исходно оценили в 10 %, что при небольшом видимом блеске соответствовало поперечнику порядка 160 м. Однако позже

³ ВПВ № 8, 2015, с. 16.

появились основания утверждать, что на самом деле этот объект должен быть еще «чернее», а значит — и крупнее.

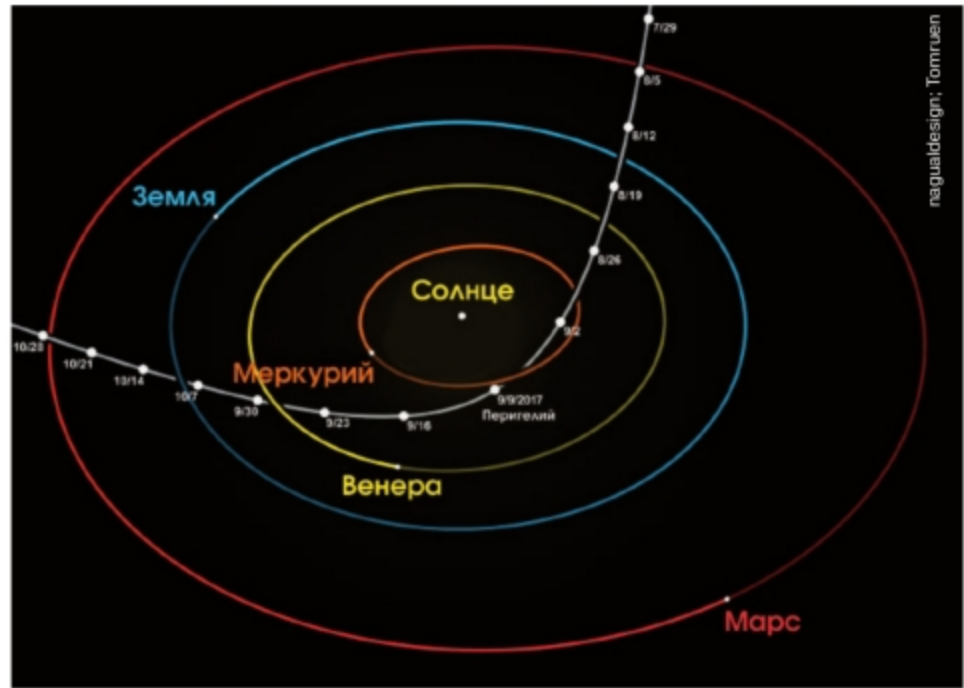
Когда речь зашла о названии для «межзвездного астероида», МАС принял решение — поскольку человечество впервые столкнулось с объектом такого класса — ввести новую серию обозначений специально для подобных тел с использованием большой латинской буквы «i» (от слова *interstellar* — «межзвездный»). Астероид получил индекс 1I/2017 U1 и собственное имя «Оумуамуа» (*Oumuamua*), предложенное рабочей группой телескопа Pan STARRS 1. В примерном переводе с гавайского оно означает «первый посланник издалека».

Анализ траектории Оумуамуа показал, что он прибыл в Солнечную систему со скоростью 26,2 км/с со стороны созвездия Лиры, самая яркая звезда которого — Вега⁴ — движется относительно Солнца со скоростью около 20 км/с и находится на расстоянии 25 световых лет. Астероиду потребовалось бы примерно 300 тыс. лет, чтобы преодолеть эту дистанцию. В 80-е годы прошлого века с помощью орбитального телескопа IRAS⁵ у Веги обнаружили «кольцо», интенсивно излучающее в инфракрасном диапазоне и состоящее, по-видимому, из пыли и каменных обломков. Вероятнее всего, оно стало результатом сравнительно недавнего (по меркам возраста Вселенной) столкновения внутри планетной системы этой звезды. Было бы заманчиво предположить, что «межзвездный путешественник» является одним из таких обломков, выброшенных энергией космического катаклизма из сферы притяжения центрального светила.

Однако не следует забывать, что звезды — не неподвижные точки на небе, а объекты, обращающиеся вокруг центра Млечного Пути. 300 тыс. лет назад Вега находилась далеко от своего нынешнего положения, поэтому ее система вряд ли может считаться «колыбелью» Оумуамуа. Согласно расчетам, 1,3 млн лет назад он должен был пройти на расстоянии половины светового года от звезды TYC4742-1027-1. Но и ее «привязать» к нему довольно сложно из-за слишком высокой относительной скорости. Значительно выше вероятность того, что около 45 млн лет назад загадочный астероид мог быть выброшен из одной из молодых систем звездной ассоциации созвездия Киля. Так или иначе, точный ответ на вопрос о его происхождении мы, похоже, никогда не получим. Возможно, «межзвездный странник» сотни миллионов лет блуждал по просторам Галактики, пока случайно не залетел в Солнечную систему.

⁴ ВПВ № 7, 2005, с. 12; № 8, 2006, с. 9.

⁵ ВПВ № 9, 2009, с. 7.



▲ Межзвездный астероид Оумуамуа движется через Солнечную систему по гиперболической траектории, в фокусе которой находится Солнце (на минимальном расстоянии от него астероид прошел 9 сентября 2017 г.). Эта схема демонстрирует его положения в пространстве с интервалом 7 суток.

Спектральные наблюдения показали, что Оумуамуа напоминает астероиды классов D и P, характеризующиеся темно-красным цветом поверхности. Большие колебания видимого блеска указывают на то, что этот объект имеет весьма вытянутую форму. По данным Национальной обсерватории Китт Пик (штат Аризона, США) и обсерватории Рок де лос Мучачос⁶ (остров Ла Пальма, Канарский архипелаг, Испания), его длина составляет 180 м, а ширина — около 30 м. Период его собственного вращения равен 8,1 часам, то есть это, скорее всего, цельный обломок скалы — в ином случае его давно бы уже разорвало центробежными силами. Астрономы из Европейской Южной обсерватории⁷ приводят несколько иные цифры: длина — 400 м, ширина — 40 м, период вращения — 7,3 часов.

В настоящее время Оумуамуа покидает Солнечную систему, двигаясь в направлении созвездия Пегаса. В мае 2018 г. он удалится от Солнца на расстояние, равное среднему радиусу орбиты Юпитера, а в январе 2019 г. «пересечет» орбиту Сатурна.

Открытие первого межзвездного астероида породило закономерный вопрос о возможности отправки к нему космического аппарата. Конечно же, исследование образца вещества из другой звездной системы является мечтой многих ученых. Но с технической точки зрения при нынешнем уровне развития технологий организация подобной миссии представляет собой крайне сложную задачу.

⁶ ВПВ № 7, 2016, с. 9.

⁷ ВПВ № 10, 2012, с. 12.

Скорость Оумуамуа во время наибольшего сближения с Солнцем превысила 87,7 км/с, в то время как самые быстрые в истории рукотворные объекты — немецкие зонды Helios-A и B,⁸ сконструированные с участием NASA — в перигелии «разогнались» примерно до 70,2 км/с.

В принципе, чтобы развить скорость, необходимую для «перехвата» межзвездного астероида, можно запустить аппарат с помощью сверхтяжелой ракеты вроде SLS или Falcon Heavy, а далее осуществить серию гравитационных маневров вблизи планет-гигантов. Но для этого необходимо знать о пролете «космического странника» заранее, причем с большим упреждением. Скорее всего, подобная миссия станет реальной только после появления более эффективных ракетных двигателей. А цель для нее, как утверждают астрономы, найти будет не так уж сложно: визиты объектов, подобных Оумуамуа, на самом деле являются довольно обыденным событием, происходящим чуть ли не ежегодно. Просто большинство этих тел имеет небольшие размеры, что до последнего времени делало невозможным их обнаружение. И лишь недавно мощность широкоугольных обзорных телескопов (таких, как PanSTARRS) достигла предела, позволяющего их замечать. Если это действительно так, то уже в ближайшее время в Солнечной системе будут найдены и другие «гости издалека», а значит — не исключено, что в будущем к одному из них действительно отправится исследовательский зонд.

⁸ ВПВ № 8, 2006, с. 21.

Телескоп Аресибо

«Святой Грааль» радиоастрономии

Ураган «Мария», во второй половине сентября бушевавший над западной Атлантикой, стал одним из наиболее масштабных стихийных бедствий, которые когда-либо переживал карибский остров Пуэрто-Рико. В этот раз, помимо инфраструктуры и экономики, от стихии серьезно пострадала мировая наука: согласно предварительным сообщениям, оказался надолго выведенным из строя знаменитый радиотелескоп Аресибо, до 2016 г. остававшийся крупнейшим астрономическим инструментом в своем классе. За месяц до этого увидеть легендарный инструмент своими глазами посчастливилось представителю редакции нашего журнала.

ВЛАДИМИР МАНЬКО

журнал «Вселенная, пространство, время»

Радиоастрономия стала первым большим «прорывом» человечества во Вселенную, лежащую за пределами видимого спектра. До появления радиотелескопов все наблюдения производились с помощью глаза и фотопластинок — фактически астрономы рассматривали космос в узкую спектральную «щелочку», проходящую сквозь земную атмосферу.¹ Диапазон

¹ Усовершенствование технологий изготовления и проявки фотозумульсий в начале XX века сделало доступными для исследования небольшой участок ультрафиолетового (с длиной волны более

же радиоволн, доходящих до поверхности нашей планеты, значительно шире: от миллиметровых (до 80 % мощности которых по пути к наземным приемникам теряется за счет атмосферного поглощения) до фотонов с длиной волны 10–20 м. Причем в основной части этого так называемого окна радиопрозрачности излучение достигает Земли практически

300 нм) и инфракрасного диапазона (от 700 нм до 1,5 мм), также в значительной мере пропускаемых земной атмосферой.

неискаженным, донося до нас информацию о явлениях и объектах, недоступных для изучения другими методами.² Еще одним преимуществом радиотелескопов перед оптическими являются менее жесткие ограничения на размер антенны либо главного «зеркала». Постепенно появились инструменты с диаметром рефлектора 64, 70 и даже 100 м... Однако знаменитый телескоп Аресибо, долгое время остававшийся мировым рекордсменом по величине единичного отражателя и позволивший астрономам сделать множество удивительных открытий, изначально

² ВПВ №12, 2005, стр. 6; № 1, 2006, с. 4.

создавался совсем не для астрономических наблюдений.

На военной службе

Остров Пуэрто-Рико — самый восточный в цепочке Больших Антильских островов — расположен между Карибским морем и Атлантическим океаном, на стыке Североамериканской и Карибской тектонических плит, столкновение между которыми около сотни миллионов лет назад и подняло этот участок суши с морского дна. Поэтому основная его часть покрыта толстыми пластами осадочных пород. Их постепенное размывание и выветривание иногда приводит к появлению необычных форм рельефа. Удивительные остроконечные холмы, лежащие к югу от селения Лас Парселас Хуан Диас провинции Аресибо, малопригодны для земледелия и вообще довольно труднодоступны: издавна по их склонам бродили почти исключительно местные пастухи и искатели тропических лекарственных растений. Но именно здесь в середине 1960 г. началось строительство грандиозного сооружения, которому суждено было прославить небольшой пуэрториканский городок на весь мир.

Идея огромного рефлектора, «вписанного» в естественную впадину соответствующей формы, принадлежала инженеру и физика Уильяму Гордону, с 1953 г. работавшему в Корнельском университете (William Edwin Gordon, Cornell University, Ithaca, New York). Несколько лет он изучал вулканические и карстовые формации на предмет поиска подходящего кратера или про-

▼ До 2016 г. радиотелескоп Аресибо оставался крупнейшим цельноапертурным астрономическим инструментом планеты. Современный вид он в основном приобрел в 1974 г.; тогда же с его помощью было отправлено «межзвездное послание человечества» в сторону шарового скопления М13, содержащего более 300 тыс. звезд.



H. Schweiker/WIKI and NOAA/AURA/NSF



NASA/NOAA GOES Project

▲ Ураган «Мария», сфотографированный спутником GOES East 18 сентября 2017 г. в 14 часов 45 минут по всемирному времени. В то время он уже достиг категории 3 (разрушительный) и находился над Наветренными островами — частью Малых Антильских островов. Пуэрто-Рико на снимке можно заметить левее и немного выше гигантского циклона.

вала. Дополнительными ограничениями района поисков являлись близость местности к экватору и относительная политическая стабильность в государстве, на территории которого предполагалось развернуть строительство. Пуэрто-Рико, лежащее на 18-м градусе северной широты и с 1900 г. фактически находящееся в ассоциации с Соединенными Штатами Америки, изначально оказалось в числе наиболее предпочтительных кандидатов. Поэтому туда почти сразу были отправлены поисковые партии, одна из которых вскоре обнаружила на высоте примерно полукилометра над уровнем океана карстовую воронку, соответствующую практически всем выбранным критериям.

Согласно первоначальному проекту, новый инструмент должен был иметь рефлектор параболической формы диаметром 150 м (492 фута) с мачтой вдоль главной оси, на которой располагались бы приемники излучения. Такой телескоп мог исследовать лишь небольшую область поблизости от зенита, однако это не сильно смущало конструкторов: во-первых, вращение Земли постоянно поворачивало бы его диаграмму направленности (так называют «поле зрения» радиантенны), делая доступной полосу небесной сферы шириной в несколько градусов вблизи склонения $+18^\circ$, а во-вторых, этот инструмент не планировали

активно использовать для астрономических наблюдений — основной его задачей должно было стать зондирование ионосферы.

На высоте более 60 км газовая оболочка Земли становится настолько разреженной, что свободные электроны, оторванные от атомов и молекул атмосферных газов под действием ультрафиолетового и рентгеновского излучения (проникающих туда в достаточном количестве), не всегда имеют возможность быстро рекомбинировать — объединиться обратно в нейтральные атомы. Поэтому там начинают накапливаться как электроны, так и положительно заряженные ионы, а слой атмосферы выше указанной отметки получил название ионосферы. Он обладает особыми свойствами — в частности, электропроводностью — и является своеобразной «ловушкой» для радиоволн длиной свыше 5 м, что соответствует частоте около 60 МГц. Коротковолновый диапазон (примерно до 30 м) ионосфера в основном поглощает, а более длинные волны — отражает, позволяя осуществлять радиосвязь в глобальном масштабе с помощью одной мощной передающей станции. Однако все указанные цифры весьма приблизительны и постоянно меняются под действием множества факторов — времени суток, фазы солнечной активности, извержений вулканов, действия метеоро-

логических потоков... На состояние ионосферы заметно влияет и человеческая деятельность: например, она неплохо «чувствует» запуски высотных ракет, в том числе и баллистических. Поэтому неудивительно, что проектом «сверхгигантской» антенны заинтересовались военные, и в первую очередь — исследовательская лаборатория BBC США в Бостоне (AFRL, Boston, Massachusetts).

Как уже ясно из вышесказанного, по своему первоначальному предназначению рефлектор Аресибо должен был стать большим радаром, а значит, в состав его электронного оборудования входили не только приемники радиоизлучения, но и передатчики. Средства, поступившие от военного ведомства, и удачная конфигурация найденной впадины позволили пересмотреть проект в сторону увеличения и «замахнуться» сразу на огромный отражатель диаметром в тысячу футов (305 м) с общей собирающей площадью 73 тыс. м². Это существенно расширяло потенциальные возможности нового инструмента, поэтому Уильям Гордон, занимавшийся, помимо физики, еще и астрономией, поручил группе инженеров предусмотреть вариант использования антенны в качестве радиотелескопа.

На завершающих этапах строительства на высоте 4–5 м над грунтом на специальных регу-

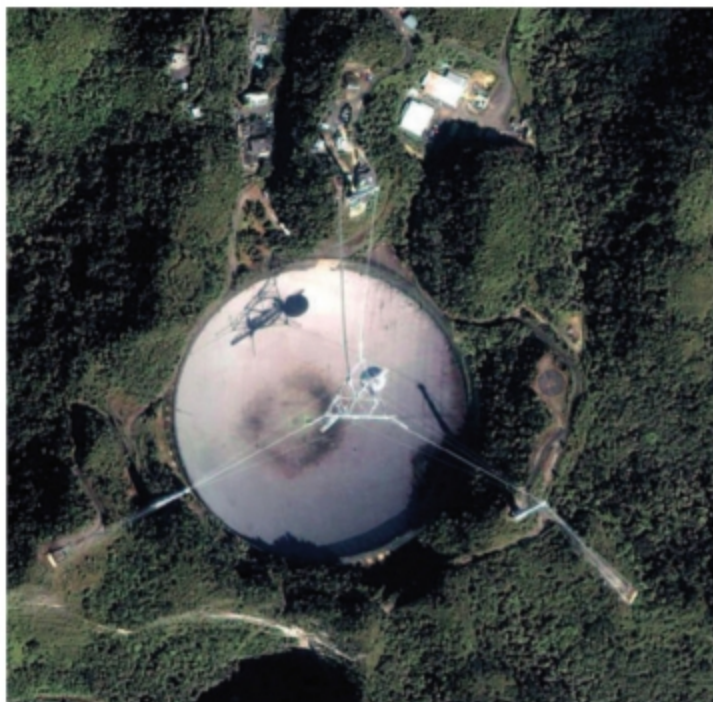
лируемых опорах была подвешена система тросов, поверх которой натянули сетку из алюминиевых проводов сантиметровой толщины. Почву под ней быстро укрыла густая тропическая растительность (сейчас ее время от времени подстригают, чтобы ее ветки не упирались в нижнюю поверхность рефлектора). От ураганов, нередких в этих местах, проволочную чашу защищали холмы, окружающие карстовую воронку. Точность монтажа и плотность сетки оказалась вполне достаточной для наблюдений на длинах волн порядка полуметра — предполагалось, что именно этот диапазон станет основным для исследований, ведущихся на обсерватории.

Главным изменением проекта, связанным с «преобразованием» антенны Аресибо в радиотелескоп, стала уникальная 900-тонная платформа для размещения приемно-передающих устройств. Она конструировалась с целью максимально расширить полосу небесной сферы, доступную для наблюдений. Поскольку основной отражатель теперь имел форму сферы, а следовательно, набор aberrаций (искажений отраженного волнового фронта) оказывался одинаковым для любого направления вдоль ее радиуса, нацеливание на объект можно было производить, перемещая приемник излучения по фокальной поверхности, отстоящей на

▼ Строительство радиантенны Аресибо продолжалось с 1960 г. по 1963 г. Здесь показано ее состояние 22 марта 1962 г.



Photo courtesy of the NAIC — Arecibo Observatory, a facility of the NSF



▲ Главный рефлектор Аресибо, запечатленный сверху в ходе аэрофотосъемки

132,6 м от поверхности рефлектора. Для этого платформу, во-первых, подвесили над ним на сложной системе тросов, натянутых между тремя опорами, а во-вторых, предусмотрели в ее конструкции 93-метровую дугообразную поворотную направляющую, которая позволила не только устанавливать приемник в нужное положение, но и на протяжении нескольких минут «следить» за наблюдаемым объектом, компенсируя его сдвиг на небесной сфере за счет суточного вращения Земли.

Идея подвесной платформы со всеми ее техническими новшествами принадлежала инженерам компании Digital B&E Corporation братьям Джорджу и Хелиасу Дундулакисам (George, Helias Doundoulakis). Благодаря ей диапазон склонений, доступных радиотелескопу, теперь простирается от -2° до почти $+40^\circ$. Позже по краям основной антенны соорудили дополнительное 15-метровое решетчатое «ограждение», которое улучшает качество приема для крайних значений склонения при наблюдениях на метровых волнах, а также защищает телескоп от паразитного радиоизлучения, испускаемого посторонними наземными источниками. Это оказалось весьма актуальным после появления мобильной связи.

Вообще вся конструкция в инженерном плане настолько опередила технологии своего времени, что без особых изменений успешно эксплуатируется до наших дней (основные модификации коснулись электронной «начинки» радиотелескопа).

Официальное открытие обсерватории Аресибо состоялось 1 ноября 1963 г. Первые несколько лет, как и планировалось, ее использовали главным образом в интересах военного ведомства США и для атмосферных исследований. Тем не менее, уже в апреле 1964 г. с ее помощью было сделано первое астрономическое открытие: в результате радиолокации Меркурия американский планетолог Гордон Петтенгилл (Gordon Pettengill)³ обнаружил, что сидерический период вращения этой планеты вокруг своей оси составляет не 88 земных дней, как считалось ранее, а всего 59, то есть она не повернута к Солнцу одной стороной — там происходит смена дня и ночи, причем длительность солнечных суток составляет два меркурианских года.⁴

Уильям Гордон занимал пост директора обсерватории до 1965 г. Теперь она официально носит его имя. Позже ученый

³ С 1968 по 1971 г. Гордон Петтенгилл был директором обсерватории Аресибо.
⁴ ВПВ № 5, 2004, с. 16.



▲ Решетчатое ограждение на краю главной антенны. Отражающая поверхность из перфорированного алюминия постоянно покрывается загрязнениями и лишайниками (впрочем, практически не влияющими на качество приема), поэтому ее участки регулярно чистят, однако произвести ее «всеобщую очистку» из-за больших размеров пока не удавалось.



▲ Перфорированные алюминиевые панели, из которых сложена поверхность отражателя, уложены на прочную сетку из нержавеющей стали, подвешенную с помощью системы тросов на высоте нескольких метров над грунтом, укрытым тропической растительностью.

длительное время работал в Университете Райса (William Marsh Rice University, Houston, Texas). Умер в 2010 г. в возрасте 92 лет.

Пешком по Солнечной системе

...К телескопу ведет ничем не примечательная двухполосная дорога, извиляющаяся между зелеными холмами. Рельеф местности здесь таков, что верхушки опор, на которых подвешена платформа, становятся видны лишь незадолго до прибытия на обсерваторию. Еще один примечательный объект, заметный издали — вспомогательный 12-метровый рефлектор, благодаря которому антенну Аресибо удалось включить

в международную систему интерферометрии со сверхдлинной базой VLBI.

Вся обсерватория занимает площадь почти 48 гектар, но посетители имеют доступ на ограниченную ее часть. Перед въездом на территорию установлена табличка с требованием выключить или перевести в неизлучающий режим все наличные электронные приборы: никакой посторонний «радиосум» не должен помешать прослушиванию Космоса. Наблюдения ведутся круглые сутки (исключая специальные технологические перемены) и практически в любую погоду — лишь во время наиболее мощных ураганов электронное оборудование отключают, а платформу с приемниками опускают к основному рефлек-



▲ Автор статьи на фоне входа в информационно-просветительский центр и «двенадцатой» опоры — одной из трех, на которых подвешено приемное устройство.

тору и закрепляют специальными тросами.

С парковки, расположенной почти сразу за главным въездом, к информационно-просветительскому центру поднимается длинная извилистая дорога для сотрудников обсерватории и специально приглашенных гостей. Вдоль нее тянется лестница для обычных туристов. У ее основания построена небольшая квадратная беседка, на полу которой нанесена условная схема Солнечной системы, а над ней на тонком штыре «парит» бронзовый шар, изображающий Солнце в масштабе один к пяти миллиардам. Дальше, вдоль лестницы, на соответствующем удалении в том же масштабе установлены треугольные таблички с изображениями планет, увенчанные все тем же шаром-Солнцем. Они дают возможность почувствовать, насколько малы размеры планет по сравнению с расстояниями между ними.

После таблички с Марсом становится видна одна из железобетонных опор, поддерживающих приемное устройство — она получила название «четвертой», по расположению на условном циферблате часов, где цифра «12» (и соответствующая



▲ Въезд на парковку обсерватории Аресибо. За этими воротами необходимо выключить или перевести в «молчаливый» режим все мобильные телефоны и другие электронные устройства.



▲ У начала подъема к обсерватории установлена модель Солнца, от которой в том же масштабе удалены стойки с информацией о планетах Солнечной системы.

опора) соответствует направлению на север. Обе упомянутых опоры имеют высоту 81 м, и только «восьмая» — 111 м, поскольку ее основание находится ниже. Далее дорога проходит мимо впечатляющего бетонного противовеса, к которому крепятся 18 тросов из нержавеющей стали, тянущихся к вершине «двенадцатой» опоры. Еще дальше установлена табличка, знаменующая Юпитер, а от нее уже совсем недалеко до информационно-просветительского центра обсерватории Аресибо.

Центр открылся сравнительно недавно — в 1997 г. Средства на его создание выделил в своем завещании американский медиамагнат Анхель Рамос (Ángel Ramos), родившийся на Пуэрто-Рико и умерший в 1960 г. Здесь

имеется обширная экспозиция, посвященная истории астрономии и собственно обсерватории, а также магазин сувениров и зрительный зал, где каждые полчаса происходят видеопрезентации о радиотелескопе и сделанных с его помощью открытиях (попеременно на английском и испанском языках). Входной билет для взрослых стоит 12 долларов, для детей, студентов и пенсионеров — вдвое меньше.

В конструкции перил лестницы, ведущей на второй этаж центра, использованы перфорированные алюминиевые пластины, ставшие важной частью истории Аресибо. В 1974 г. 38 778 таких пластин размерами 1×2 м, тщательно подогнанных друг к другу с помощью специальных регуляторов, заменили



▲ Стенд с изображением Юпитера (сама планета показана на прозрачной вставке в треугольной табличке)

первоначальную проволочную сетку, что позволило довести диапазон эффективно принимаемых радиоволн до 3 см. Перфорация необходима, во-первых, для облегчения конструкции, а во-вторых — чтобы сквозь пластины свободно проходила дождевая вода: климат на Пуэрто-Рико достаточно влажный (с мая по август, как правило, там длится сезон дождей, а потом на пару месяцев наступает время ураганов).

После презентации посетители имеют возможность выйти на наблюдательную площадку, откуда открывается прекрасный вид на чашу главного рефлектора и «парящую» над ним платформу с приемным оборудованием, укрытым в 29-метровом куполе с отверстием внизу. Внутри купола установлены еще два отражателя, которые направляют радиоволны к десяти приемникам излучения, чувствительным к различным участкам электромагнитного спектра. Здесь же находятся три передатчика, работающих на частоте 8, 47 и 2380 МГц (в последнем случае мощность излучаемого сигнала может достигать 20 тераватт). Отдельно на поворотной конструкции смонтирована 30-метровая штыревая антенна импульсного приемопередатчика с частотой 430 МГц.

Информационный центр находится у основания «двенад-



▶ ▲ В главном зале центра установлен макет обсерватории Аресибо, над которым подвешены уменьшенные модели планет Солнечной системы.

«Сатурн» и отдельная прямоугольная — посвященная Урану, Нептуну и Плутону: в пределах обсерватории в выбранном масштабе они уже «не помещаются» (Уран пришлось бы установить на расстоянии более сотни метров). Здесь в ходе заключительной части лекции посетители узнают об исследованиях, ведущихся на телескопе Аресибо в настоящее время, и о некоторых любопытных фактах из его истории.

Череда открытий

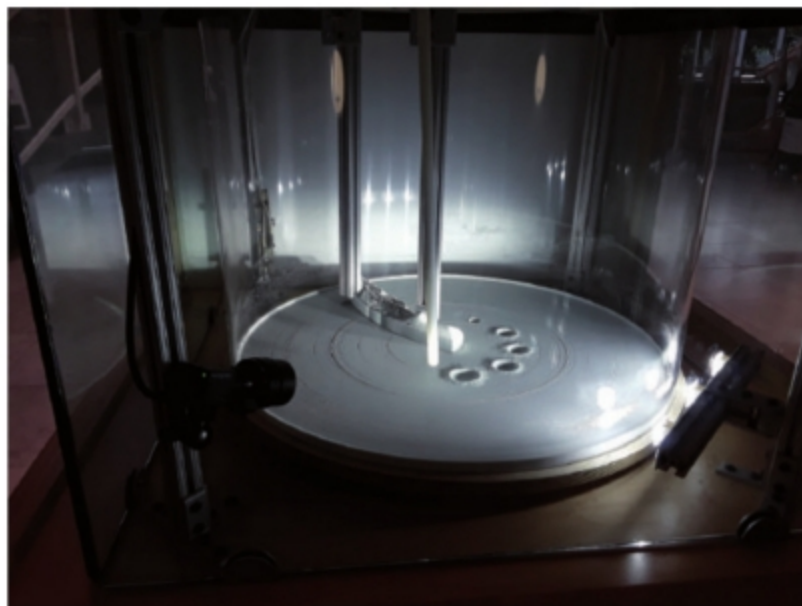
Экспозиция информационного центра, как уже было сказано, включает основные астрономические открытия, сделанные с помощью крупнейшей антенны. Несмотря на то, что пульсары в свое время были обнаружены на другом радиотелескопе,⁵ именно наблюдения пульсара Крабовидной туманности,⁶ проведенные в 1968 г. в обсер-

ватории Аресибо, предоставили наиболее убедительные доказательства их природы и окончательно подтвердили существование нейтронных звезд.

Весьма продуктивным для телескопа оказался год 1974-й, когда он был серьезно реконструирован и получил благодаря этому новые возможности. В частности, точные измерения частоты радиоизлучения двойного пульсара PSR B1913+16 показали, что период взаимного обращения его компонентов медленно уменьшается, то есть система по какой-то причине теряет энергию. Эту причину в свое время назвал еще Альберт Эйнштейн — он теоретически предсказал генерацию сверхмассивными объектами гравитационных волн.⁷ Так было получено первое косвенное подтверждение их существования. Авторы открытия — американские астрофизики Рассел Халс и Джозеф Тейлор (Russell Hulse, Joseph Taylor) — в 1993 г. получили за него Нобелевскую премию.

Но значительно более памятным этот год стал для энтузиастов поисков внеземного разума. Именно тогда из Аресибо отправилось первое межзвездное радиопослание человечества — достаточно простой набор из 1679 импульсов, в котором была закодирована базовая информация о Солнечной системе и человечестве. В качестве «адресата» послания избрали шаровое звездное скопление M13 в созвездии Геркулеса, удаленное от нас более чем на 22 тыс. световых лет. Ученые исходили из предположения, что среди 300 тыс. звезд, входящих в его состав, имеется достаточно шансов «наткнуться» на планету, где обитают разумные существа, способные такое послание принять и расшифровать...

Интересно, что первые известные экзопланеты также удалось обнаружить с помощью телескопа Аресибо. Это сделал в 1991 г. польский астроном Александр Вольщан (Aleksander Wolszczan), наблюдавший пульсар PSR B1257+12 и обративший внимание на то, что частота



▲ «Создай свой кратер!» Специальный прибор демонстрирует механизм образования ударных структур на планетах с твердой поверхностью. Из длинной трубки после нажатия кнопки вырывается порция сжатого воздуха, которая оставляет углубление на вращающемся диске, покрытом мелким белым песком. Наклон трубки и интенсивность «выхлопа» можно изменять, создавая «кратеры» разных форм и размеров.



▲ Подвесная поворотная конструкция с закрепленным на ней куполом диаметром 29 м, в котором находится 27-метровое вогнутое вторичное зеркало (установлено в 1997 г.) и комплекс приемопередающей аппаратуры. Справа вверху виден переходный мостик для обслуживающего персонала.



▲ В преддверии сближения космического аппарата NEAR-Shoemaker с астероидом Эрос (433 Eros) в начале августа 1999 г. с помощью радиотелескопа Аресибо были получены самые детальные на тот момент изображения этого небесного тела.

⁵ ВПВ № 12, 2007, с. 4; № 2, 2015, с. 20.

⁶ ВПВ № 12, 2005, с. 12; № 12, 2008, с. 27.

⁷ ВПВ № 6, 2015, с. 10; № 2, 2016, с. 16.



▲ Радиопослание, отправленное на частоте 2380 МГц в сторону звездного скопления М13, содержит 1679 бит информации — это число представляет собой произведение простых чисел 23 и 73. Предполагается, что разумные существа должны догадаться выстроить из принятых импульсов последовательность из 73 строк по 23 «пикселя» каждая и получить картинку, изображающую числа от 1 до 10 в двоичной системе, атомные номера пяти базовых «элементов жизни» (водорода, углерода, азота, кислорода, фосфора), формулы основных сахаров и нуклеотидов молекулы ДНК, условный «портрет» человека со сведениями о его средних антропометрических параметрах и количестве людей на Земле на тот момент, схематическую карту Солнечной системы (Земля на ней «выбивается» вверх в сторону фигурки человека, указывая на место его обитания) и «автопортрет» радиотелескопа. Естественно, в оригинальном послании нет никаких цветов — только «нули» и «единицы» двоичного кода.

его импульсов плавно изменяется, то немного увеличиваясь, то уменьшаясь относительно среднего значения в 6,22 миллисекунд, причем в этих изменениях прослеживались три гармоники с периодами около 25, 66,5 и 98 суток. Ученый выдвинул смелое предположение о том, что здесь мы имеем дело с доплеровским сдвигом частоты, связанным с движением источника импульсов вдоль луча зрения, которое, в свою очередь, вызвано гравитационным влиянием трех объектов планетных масс. Сейчас это объяснение считается общепризнанным... а количество подтвержденных экзопланет уже превышает 4 тысячи.

Двумя годами ранее — в 1989 г. — антенна Аресибо была задействована в качестве радара для радиолокации астероида Касталия (4769 Castalia). С тех пор подобные эксперименты проводятся регулярно, причем к ним часто подключают другие радиотелескопы, благодаря чему на поверхности особенно близко подошедших к Земле объектов удается «рассмотреть» детали размером в несколько метров. Радарные наблюдения позволили также подтвердить наличие запасов водяного льда в приполярных областях Луны и Меркурия.

Стоит отметить и большой вклад радиотелескопа Аресибо в исследования межзвездного вещества. В 2008 г. по наблюдениям характерных спектральных линий радиоизлучения некоторых галактик, характеризующихся аномально высокой яркостью в инфракрасном диапазоне (в первую очередь Ayr 220), было доказано присутствие там соединений, необходимых для синтеза аминокислот, а также других важных «молекул жизни» — в частности, синильной кислоты, которая для человека смертельно ядовита, но на самом деле является предшественником простейшего органического амида (формамида).

С 1999 г. радиотелескоп регулярно используется для «прослушивания» небесной сферы в поисках сигналов искусственного происхождения. Далее полученная информация выклады-

вается в Интернет и обрабатывается с помощью системы распределенных вычислений SETI@home — соответствующее программное обеспечение может установить на свой компьютер любой желающий. О результатах программы ученые предпочитают рассуждать с известной долей осторожности, но несколько вероятных кандидатов для дальнейших более детальных исследований в ходе нее уже отобраны. Являются ли они реальными признаками существования иного разума — покажет будущее.

Звезда экрана и науки

Многие из тех, кто впервые видит фотографии главного рефлектора Аресибо, сразу вспоминают, что эти картины им уже знакомы. И неудивительно: за свою более чем полувековую историю телескоп успел «сыграть роль» в одном из наиболее известных фильмов — 17-й части киносаги про Джеймса Бонда «Золотой Глаз». Ее съемки происходили в первой половине 1995 г. Задействована в них была в основном подвесная поворотная платформа. Как рассказывают экскурсоводы информационного центра, по сценарию главный герой в исполнении актера Пирса Броснана (Pierce Brosnan) должен был перебежать на нее по пешеходному мостику, но, не пробежав и полпути, он неосторожно посмотрел вниз... и застыл, намертво вцепившись в перила: не каждый сможет спокойно выдержать вид пропасти глубиной полторы сотни метров у себя под ногами. Сцену пришлось переснимать с дублером.

А для науки огромная чаша телескопа Аресибо давно стала чем-то вроде легендарного «Святого Грааля». Ведущиеся с его помощью исследования касаются самых актуальных проблем современности — поисков экзопланет, защиты Земли от астероидной опасности,⁸ уточнения возраста нашей Вселенной и ее физических констант... Иногда антенну используют для связи с удаленными космическими аппаратами и даже для

поисков тех из них, контакт с которыми по каким-то причинам прервался.⁹ Несмотря на то, что в прошлом году у нее появился серьезный «конкурент» — китайский полукилометровый рефлектор FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope) — очевидно, что нагрузка на Аресибо не уменьшится. Руководству обсерватории даже пришлось отказаться от практики отправки «межзвездных радиопосланий» (последнее из них ушло 7 ноября 2009 г. к трем близким звездам — GJ 83.1, к Кита и звезды Тигардена). С другой стороны, рассматривается возможность продолжения предоставления пуэрториканской антенны радиолобиателям. Начиная с 60-х годов прошлого века с нее в определенное время посылались импульсы на частоте 144 и 432 МГц в сторону Луны. Сигналы, отраженные нашим естественным спутником обратно на Землю, могли принять все, кто располагал соответствующим оборудованием.¹⁰

Объем финансирования обсерватории в 2007 г. превышал 10 млн долларов США, однако с тех пор он заметно снизился и сейчас составляет около 7 млн долларов в год. Ранее основные средства поступали от Национального фонда науки (National Science Foundation), но после 2010 г. главным «финансовым донором» стала NASA. Сейчас научный коллектив ведет активную деятельность по привлечению частных пожертвований. Следует признать, что усилия сотрудников Аресибо и их добровольных помощников из других организаций в данном направлении оказались вполне эффективными. К сожалению, в этом году значительная часть полученных средств уйдет на ликвидацию разрушительных последствий урагана «Мария». Будем надеяться, что их удастся устранить достаточно быстро, и всемирно известный радиотелескоп уже скоро вернется к полноценной научной работе.

⁸ ВПВ № 1, 2008, с. 27.

¹⁰ Вплоть до середины 70-х годов прошлого века телескоп Аресибо в подобном режиме использовали военные — для уточнения радиочастот советских радаров по регистрации их излучения, отраженного от Луны.

⁹ ВПВ № 7, 2011, с. 4.

Небесные события января

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий в средних широтах Северного полушария виден по утрам примерно до середины января — в первый день года он окажется в максимальной западной элонгации, почти в 23° от Солнца. С каждым днем условия для наблюдений самой маленькой планеты будут становиться все менее благоприятными. 13 января состоится ее соединение с **Сатурном**, незадолго до этого вышедшего из соединения с дневным светилом. Двумя днями позже вблизи обеих планет пройдет тонкий серп старой Луны.

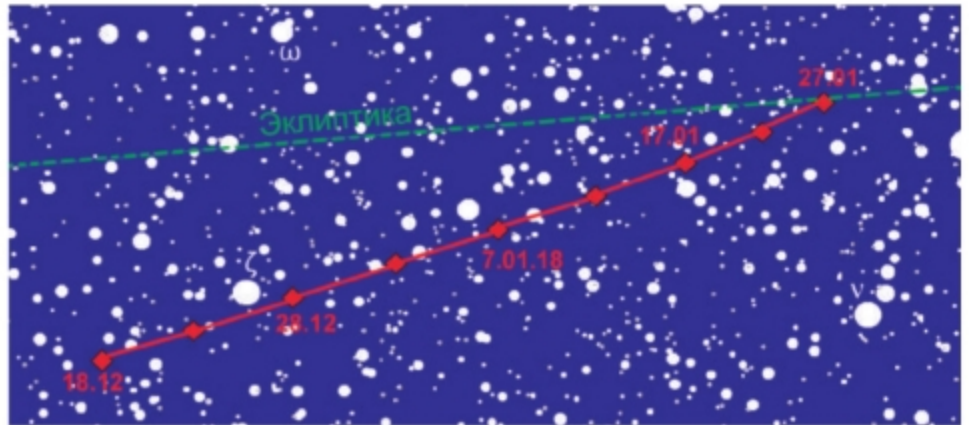
Венера практически весь январь будет скрываться в околосолнечном ореоле, оставаясь недоступной наблюдениям. Видимое расстояние между ней и Солнцем достигнет минимума 8 января и составит менее одного градуса.

Марс и **Юпитер** видны перед рассветом, довольно длительное время находясь на небе недалеко друг от друга (минимальное угловое расстояние между ними ожидается 7 января и составит около 12 минут, в пространстве их будет разделять 3,974 а.е. или 595 млн км). Интервал между восходом Красной планеты и началом утренних навигационных сумерек для наблюдателей на 50° с.ш. на протяжении почти всей зимы не превысит четырех часов. К концу января Юпитер удалится от Солнца более чем на 80° , при этом угловой диаметр диска газового гиганта достигнет $36''$, что позволит рассмотреть основные его детали — две темные полосы, параллельные экватору — в телескопы с диаметром объектива 60 и более миллиметров. Четыре крупнейших юпитерианских спутника можно наблюдать даже в небольшие бинокли.

Уран в середине января кульминирует примерно через полтора часа после захода Солнца. В местностях с достаточно темным небом его по-прежнему можно попытаться увидеть невооруженным глазом, а уранианский диск удастся рассмотреть при увеличениях порядка сотни крат, то есть в инструменты с апертурой свыше 70 мм. Значительно менее удачны условия для наблюдений **Нептуна**: самая далекая планета опускается за горизонт на четыре часа позже дневного светила и даже на Южном Кавказе при окончании вечерних навигационных сумерек видна на высоте не более 30° . Для ее поисков необходим как минимум бинокль и звездная карта с объектами до 8-й величины.

ЯВЛЕНИЯ В ГЛАВНОМ АСТЕРОИДНОМ ПОЯСЕ

2 января астероид Флора (8 Flora) пройдет конфигурацию оппозиции, при этом его расстояние от Солнца окажется



▲ Видимый путь астероида Флора (8 Flora) в декабре 2017 г. — январе 2018 г.

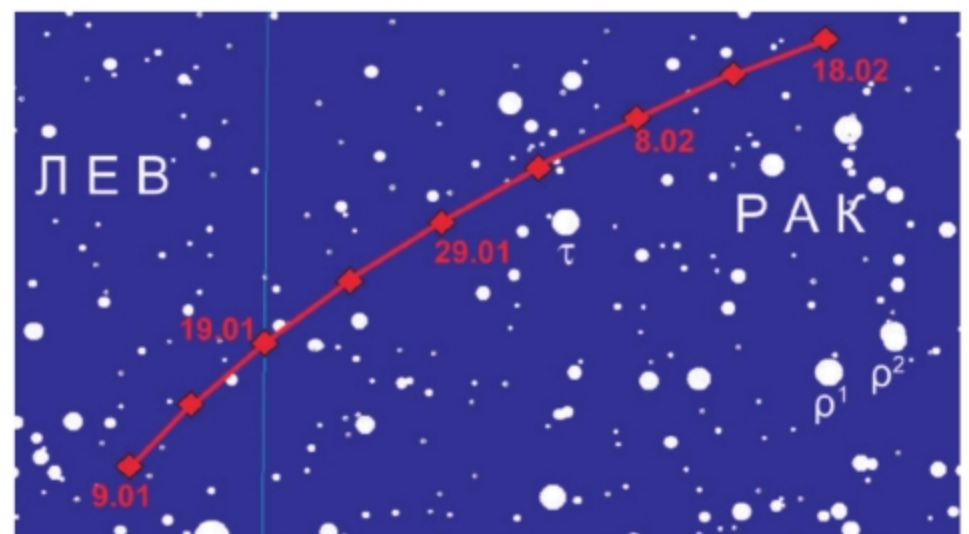
чуть больше среднего, однако благодаря тому, что кульминация этого объекта на широте Киева будет происходить на высоте около 60° , его предстоящее появление относится к благоприятным для наблюдений. Вечером 13 января Флора закроет звезду 8-й величины ТУС 1341-957 в созвездии Близнецов. Центральная линия полосы наиболее вероятного покрытия пройдет южнее Талдыкоргана и Жезказгана (Казахстан), севернее Камышина (РФ), через Конотоп и Ковель (Украина). Максимальная продолжительность оккультации может превысить 17 секунд.

30 января ожидается достаточно удачное противостояние карликовой планеты Церера (1 Ceres). Оно произойдет за три месяца до прохождения ею перигелия, при этом Церера будет двигаться по северной части созвездия Рака, кульминируя в наших широтах более чем в 70° над горизонтом. Такие сочетания благоприятных условий ее видимости наступают не так уж часто.

Из астероидных оккультаций заслуживают упоминания еще три примечательных события. В ночь со 2 на 3 января 12-километровый астероид Филдэвис (4448 Phildavis) заслонит своим «диском»

звезду 8-й величины HIP 32752 в созвездии Близнецов. Центральная линия полосы наиболее вероятной видимости покрытия пролегает немного южнее Батуми, а также севернее Феодосии, Николаева и Хмельницкого. Днем позже астероид Цинциннати (1373 Cincinnati), размер которого оценивается в 20 км, закроет звезду 9-й величины ТУС 3737-451 в созвездии Жирафа. Полоса возможной видимости этого явления пройдет от севера Камчатского полуострова через Магаданскую область и север Якутии к полуостровам Таймыр и Ямал, Ненецкому автономному округу и северо-западу Республики Коми. Далее у центра полосы покрытия окажутся Ярославль, Москва (РФ) и Одесса (Украина). Длительность «исчезновения» звезды может достичь одной секунды.

Вечером 22 января астероид Ютта (1183 Jutta) на пару секунд закроет звезду 7-й величины HIP 43950 в созвездии Рака. Эту оккультацию имеют шанс увидеть жители Чукотки, севера Якутии и Красноярского края, юго-востока Ямало-Ненецкого и центральной части Ханты-Мансийского округов, а также Свердловской области и Пермского края.



▲ Видимый путь карликовой планеты Церера (1 Ceres) в январе-феврале 2018 г.

ЯНВАРСКИЕ МЕТЕОРЫ

Достаточно мощный метеорный поток Квадрантид с радиантом на границе созвездий Волопаса и Дракона (раньше там находилось «упраздненное» ныне средневековое созвездие Стенного Квадранта, в честь которого он получил название), активен на протяжении первой недели года, а его максимум, обычно приходящийся на 3 января, имеет продолжительность не больше двух часов. В это время наблюдатели регистрируют до сотни «падающих звезд» в час. Считается, что рой Квадрантид связан с астероидом 2003 EH1, движущимся почти по той же орбите, что и метеорные частицы. По-видимому, этот объект представляет собой «угасшую» комету с полностью испарившейся летучей компонентой, необходимой для образования комы и хвоста.

ЗЕМЛЯ СБЛИЖАЕТСЯ С СОЛНЦЕМ

3 января около 6 часов по всемирному времени наша планета пройдет перигелий — ближайшую к Солнцу точку своей орбиты. Расстояние между Землей и солнечным центром в этот день составит 147 млн. 98 тыс. км, после чего начнет медленно увеличиваться.

«АЗИАТСКОЕ» ЛУННОЕ ЗАТМЕНИЕ

31 января наш естественный спутник впервые после 28-месячного перерыва полностью погрузится в земную тень. Его вхождение в нее начнется в 11:49 UT и завершится в 12:52 UT. Перед этим он пройдет земную полутень — область пространства, откуда солнечный диск выглядит частично закрытым Землей. Полутеневое затмение (почти невидимое для невооруженного глаза) начнется в 10:51 UT. К этому времени Луна успеет взойти для наблюдателей Дальнего Востока, Центральной и севера Западной Сибири, Японии, Филиппин, Новой Гвинеи, почти всей Индонезии и Австралии, а также Новой Зеландии, Вьетнама, Монголии и Китая (кроме западной части).

Теневое затмение достигнет максимума в 13:30 UT (в этот момент Луна войдет в тень Земли на 132% диаметра своего диска) и закончится в 14:08 UT. Кроме уже названных территорий, его смогут увидеть жители Юго-восточной и Центральной Азии, Индии, Пакистана, Афганистана, Казахстана, Ирана, Восточного Азербайджана и практически всей Российской Федерации. На ее юго-западе,

а также в Украине, Беларуси, Молдове и странах Балтии Луна взойдет уже в процессе выхода из тени; Прикарпатье и Закарпатье вместе с остальной Центральной Европой, востоком ФРГ, Данией и югом Скандинавского полуострова будут наблюдать лишь «уходящие» полутеневые фазы, которые завершатся в 16:08 UT. Следующее полное лунное затмение, значительно более удобное для европейских наблюдателей, произойдет в ночь с 27 на 28 июля.






МАКСИМУМ РОДОНАЧАЛЬНИЦЫ МИРИД

В наступающем году нас ожидают два периода максимального блеска Миры (о Кита) — первой долгопериодической переменной звезды, открытой еще в XVI веке, до начала эпохи телескопической астрономии. Один из них приходится на январь. Во время него Мира будет расположена достаточно удачно для наблюдений в наших широтах, появляясь на вечернем небе и заходя в районе полуночи. Ее наибольшая яркость довольно сильно колеблется, иногда достигая значений вплоть до 2,5^m, поэтому любительские наблюдения этого объекта по-прежнему представляют интерес для науки.

КАЛЕНДАРЬ АСТРОНОМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ (ЯНВАРЬ 2018 Г.)

- | | |
|--|---|
| <p>1 19^h Меркурий (-0,3^m) в наибольшей западной элонгации (в 22°40' от Солнца)
22^h Луна (Ф=1,00) в перигее (в 356565 км от центра Земли)</p> <p>2 2:25 Полнолуние
22^h Уран (5,8^m) проходит конфигурацию стояния
Астероид Флора (8 Flora, 8,3^m) в противостоянии, в 1,033 а.е. (154 млн км) от Земли
22:35-22:40 Астероид Филдзвис (4448 Phildavis, 14,5^m) закрывает звезду HIP 32752 (8,5^m). Зона видимости: полоса от юго-западной Грузии и северо-восточного Крыма до юга Волынской обл. Украины</p> <p>3 0-2^h Луна (Ф=0,99) закрывает звезду 81 Близнецов (4,9^m) для наблюдателей стран Балтии, Беларуси, севера европейской части РФ, Западной и Центральной Сибири, северной половины Казахстана
6^h Земля в перигелии, в 0,9833 а.е. (147,1 млн км) от Солнца
20:02-20:08 Астероид Цинциннати (1373 Cincinpati, 15,5^m) закрывает звезду TYC 3737-451 (8,8^m). Зона видимости: север Камчатки и Якутии, Таймыр, Ямал, полоса от Северного Урала до юго-запада Украины
Максимум активности метеорного потока Квадрантиды (до 100 метеоров в час; координаты радианта: α=15^h25^m, δ=50°)</p> <p>5 9^h Луна (Ф=0,85) закрывает Регул (α Льва, 1,3^m)</p> <p>7 0^h Марс (1,4^m) в 0,2° южнее Юпитера (-1,8^m)</p> <p>8 22:25 Луна в фазе последней четверти
20^h Венера в верхнем соединении, в 1° южнее Солнца</p> <p>9 9^h Луна (Ф=0,46) в 6° севернее Спики (α Девы, 1,0^m)</p> <p>11 9^h Луна (Ф=0,27) в 3° севернее Юпитера (-1,9^m)
13^h Луна (Ф=0,26) в 4° севернее Марса (1,4^m)
20-22^h Луна (Ф=0,22) закрывает звезду γ Весов (3,9^m). Явление видно в Якутии, Забайкалье, на Дальнем Востоке</p> <p>12 Максимум блеска долгопериодической переменной Миры (о Кита, 3,0^m)</p> <p>13 5^h Луна (Ф=0,13) в 8° севернее Антареса (α Скорпиона, 1,0^m)
6^h Меркурий (-0,3^m) в 0,6° южнее Сатурна (0,5^m)</p> | <p>18:05-18:16 Астероид Флора (8 Flora, 8,5^m) закрывает звезду TYC 1341-957 (8,1^m). Зона видимости: полоса от юго-востока и центра Казахстана до севера Украины</p> <p>15 1^h Луна (Ф=0,04) в 2° севернее Сатурна (0,5^m)
2^h Луна (Ф=0,03) в апогее (в 406460 км от центра Земли)
8^h Луна в 3° севернее Меркурия (-0,3^m)</p> <p>17 2:17 Новолуние</p> <p>18 13-15^h Луна (Ф=0,02) закрывает звезду θ Козерога (4,1^m) для наблюдателей Азербайджана, юго-востока европейской части РФ, Западного Казахстана</p> <p>20 22^h Луна (Ф=0,13) в 2° южнее Нептуна (7,9^m)</p> <p>22 13:28-13:34 Астероид Ютта (1183 Jutta, 15^m) закрывает звезду HIP 43950 (7,0^m). Зона видимости: север азиатской части РФ</p> <p>24 4^h Луна (Ф=0,42) в 5° южнее Урана (5,8^m)
22:20 Луна в фазе первой четверти</p> <p>25 11-12^h Луна (Ф=0,57) закрывает звезду μ Кита (4,3^m). Явление видно в Приамурье и на юге Дальнего Востока</p> <p>26 6-8^h Луна (Ф=0,65) закрывает звезду 5 Тельца (4,1^m) для наблюдателей севера Дальнего Востока</p> <p>27 6-8^h Луна (Ф=0,76) закрывает звезды θ¹ (3,8^m) и θ² Тельца (3,4^m). Явление видно на севере Дальнего Востока</p> <p>9-11^h Луна (Ф=0,77) закрывает Альдебаран (α Тельца, 0,8^m) для наблюдателей Восточной Якутии, Приамурья, Дальнего Востока</p> <p>28 Максимум блеска долгопериодической переменной звезды Т Центавра (5,5^m)</p> <p>30 9-11^h Луна (Ф=0,98) закрывает звезду 81 Близнецов. Явление видно в Забайкалье, Якутии, на севере Дальнего Востока
10^h Луна в перигее (в 358995 км от центра Земли)
Карликовая планета Церера (1 Ceres, 6,6^m) в противостоянии, в 1,602 а.е. (240 млн км) от Земли</p> <p>31 13:27 Полнолуние. Полное лунное затмение</p> |
|--|---|









Время всемирное (UT)

	Полнолуние	02:25 UT	2 января
	Последняя четверть	22:25 UT	8 января
	Новолуние	02:17 UT	17 января
	Первая четверть	22:20 UT	24 января
	Полнолуние	13:27 UT	31 января

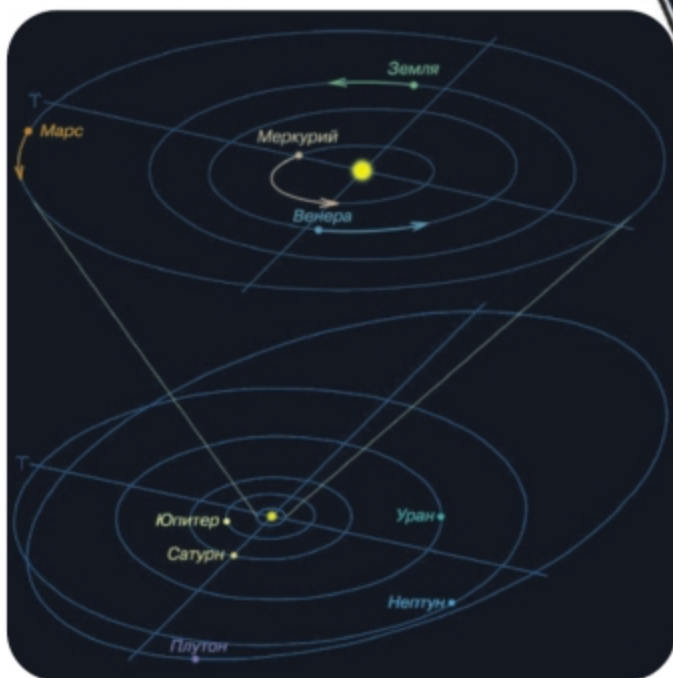
Вид неба на 50° северной широты:
 1 января — в 23 часа местного времени;
 15 января — в 22 часа местного времени;
 30 января — в 21 час местного времени

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 январе 2018 г.**





Видимость планет:

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



Многоцветие западного Единорога

Небольшая отражательная туманность NGC 2170 (ее поперечник составляет около двух угловых минут) расположена в западной части созвездия Единорога на расстоянии более 2 тыс. световых лет. Она является наиболее яркой из целого комплекса сосредоточенных в этой области неба газово-пылевых структур, в которых происходит активное звездообразование. «Новорожденные» массивные светила, излучающие в основном в ультрафиолете и коротковолновой части видимого спектра, подсвечивают облака межзвездной пыли, в результате чего их отдельные участки выглядят голубыми. Также их излучение ионизирует

окружающий разреженный газ — главным образом водород — и «заставляет» его светиться в характерных спектральных линиях. Большая часть этого свечения приходится на линию H α (656 нм), для человеческого глаза имеющую красный цвет. На фоне всего этого великолепия, известного как комплекс молекулярных облаков Моп R2, хорошо заметны темные прожилки галактической пылевой материи, непрозрачной для видимого диапазона.

Туманность NGC 2170 открыл 16 октября 1784 г. знаменитый английский астроном Уильям Гершель (William Herschel). В октябре-ноябре 2015 г. и ноябре 2016 г. съемку комплекса Моп R2 производил на

обсерватории «Рожен» в Болгарии украинский астрофотограф Олег Брызгалов. Здесь представлен результат последующей кропотливой обработки снимков. Сложено 48 экспозиций с нейтральным фильтром Baader Planetarium длительностью 15 минут каждая, а также 17 пятнадцатиминутных экспозиций с голубым, зеленым и красным светофильтрами Astrodon. Телескоп-рефлектор A&B 10" (f/3.8), монтировка WS-180 с системой управления EQdrive Standart, камера QSI-583wsg. Высота над горизонтом от 32° до 41°, масштаб — одна угловая секунда на пиксель. NGC 2170 видна недалеко от нижней границы изображения.



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