



В.М. Хуторецкий

ФОСФИНОВЫЙ ПРИЗРАК ЖИЗНИ

Статья «Газообразный фосфин в верхних слоях облаков на Венере», опубликованная в журнале «Nature Astronomy» 14 сентября 2020 года Джейн Гривс, Сарой Сигер и коллективом соавторов, вызвала настоящий ажиотаж — число ее просмотров за первую неделю достигло 327 тысяч и продолжает расти до сих пор. Нечто подобное я видел, только когда выходил очередной том «Гарри Поттера», но чтобы такой взрыв интереса к научной работе? Ведь профессиональных астрономов на свете всего около 10 тысяч. Об этой статье и горячих научных дебатах, развернувшихся вслед за ее появлением, мой рассказ.

Маленькие зеленые человечки

«Есть ли жизнь на Марсе, нет ли жизни на Марсе — это науке неизвестно». Знаменитая фраза из кинокомедии прошлого века «Карнавальная ночь» остается актуальной и по сей день. Жгучий интерес человечества к проблеме существования жизни на других планетах никогда не угасал и вряд ли скоро исчезнет. Стивен Хокинг, который видел далекое будущее человечества на планетах других звезд, писал: «Человеческому роду присуща острая необходимость исследовать, учиться, узнавать. А еще мы общительные существа. Для нас важно знать, одни ли мы в темноте». Действительно, уникальна ли жизнь как явление, возникшее на планете Земля, или где-то там, среди мерцающих на небосводе звезд, есть еще какая-то жизнь? А если есть, то какая и может ли она развиться до разумной жизни? А там, а дальше — только фантазии и фантастика.

За последние десятилетия астрономия открыла нам тысячи экзопланет и среди них — сотни, имеющие сходную с нашей планетой силу тяжести и освещенность, что делает их пригодными для той формы жизни, к которой мы привыкли, где растворителем служит вода и молекулы жизни строятся главным образом из углеродных соединений. Строго говоря, это необязательные, хотя и очень желательные условия для существования жизни.

Поиски разума во Вселенной по программе SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) пока (пока!) не дали результатов. Бурный всплеск интереса к проблеме произошел в 1967 году, когда открыли регулярные короткие радиосигналы, приходящие из космоса, от объектов, которые позднее назвали пульсарами. Первый такой источник в шутку окрестили LGM-1 (little green men — маленькие зеленые человечки). Быстро выяснилось, что разум тут ни при чем.

Интерес к проблеме возрастал и спадал, а результатов все не было. Финансирование сошло на нет, пока в июле 2015 года российский миллиардер Юрий Мильнер, живущий теперь в США и известный своим интересом к астрономическим проектам (SETI, фотонный парус) не выделил 100 млн долларов на возобновление этой программы. С тех пор в ней зафиксирован единственный, пока еще не отвергнутый случай необъяснимого сигнала — BLC1 (Breakthrough Listen Candidate 1). Он пришел на частоте 982 МГц с того направления, где находится ближайшая к нам звезда Проксима Центавра с двумя планетами на расстоянии всего четыре с лишним световых года. Об этом сообщила газета «The Guardian» 18 декабря 2020 года. Научная статья наблюдавших его австралийских астрономов пока еще не вышла.

След жизни — фосфин

Наряду с поисками разума не утихают споры о возможности существования иных форм жизни. Высказывались многочисленные фантастические предположения: кремний взамен углерода, аммиак или фтористый водород вместо воды, а также не подтвердившаяся гипотеза о мышьяковом (вместо фосфора) аналоге ДНК,

◀ *Венера в УФ спектре. В видимом свете она выглядит равномерно серо-коричневатой. Фото: Mariner 10 (февраль 1974 года). NASA / JPL-Caltech*

якобы найденном в сильно соленом озере в 2011 году (опубликована в «Biochemistry», 2011, 22 февраля). С развитием полетов внутри Солнечной системы постепенно появляются возможности если не прямо, то хотя бы косвенно и ближе к месту проверять существование этих форм. Жизнь в емком и кратком определении Ричарда Докинза — «evolved self-preserving complexity», или «развитая самосохраняющаяся сложность» — не предполагает каких-либо иных ограничений.

Если где-то около другой звезды есть астроном, который ищет жизнь на экзопланетах, то третья планета возле непримечательной звезды, которую мы называем Солнце, в его каталоге ярко выделяется. Еще бы, на этой планете столько кислорода! Нет никаких химических, зато есть биологические причины, чтобы в атмосфере этой планеты по имени Земля собралось примерно 20% чрезвычайно реакционноспособного O_2 . Вода может присутствовать на разных планетах, но много кислорода только там, где уже есть жизнь. Кроме кислорода и озона (O_3), признаками жизни на планетах могут быть и другие вещества: метан (CH_4), закись азота (N_2O).

Изучением состава астрономических объектов занимается астрохимия. Основной ее метод — анализ спектров разных диапазонов. Вещества излучают и поглощают электромагнитное излучение квантовым образом. Различным молекулам, атомам и группам атомов внутри молекул соответствуют свои квантовые переходы, хорошо изученные в земных условиях и остающиеся неизменными на других планетах в разумном диапазоне условий. Этим переходам соответствуют спектральные линии поглощения или испускания. Более энергичные электромагнитные воздействия вызывают спектральные линии в коротковолновой части спектра, начиная с ультрафиолетовой (УФ) и убывая к видимой или инфракрасной (ИК), и еще более слабым в миллиметровой или радиоволновой.

Группа Джейн Гривс в Кардиффском университете показала, что некоторые из новых планет, образовавшихся из остатков после взрыва сверхновых, содержат больше фосфора, чем другие. Группа Сары Сигер в Массачусетском технологическом институте (MIT) разрабатывала идею о том, что образование диметилсульфида, диметилдисульфидов, хлористого метила и фосфина в атмосфере иных планет может быть свидетельством наличия жизни на них. Заметим, что последний (PH_3), пока его не начали производить на заводах, образовывался на Земле только при разложении биологических материалов. Объединившись, эти группы внимательнее присмотрелись к Венере, довольно близкому по астрономическим признакам аналогу Земли.

Радиоастрономы, которые составляют костяк коллектива авторов, сообщают, что они смогли надежно выделить среди шумов вращательную частоту связи



JСMT (James Clerk Maxwell Telescope) — крупнейший астрономический телескоп (диаметр зеркала 15 м), построенный специально для субмиллиметрового диапазона, от сотен микрометров до миллиметра. Расположен на Гавайях на высоте 4092 м

Р-Н фосфина (PH_3). Если вы помните, колебания атомов в молекуле могут сопровождаться изменением длин связей, углов между связями либо вращением вокруг связей. Обычно им соответствуют полосы поглощения в ИК-спектрах. Эти колебания имеют более высокую энергию, чем вращение вокруг одинарной связи малых по объему фрагментов молекулы. В случае PH_3 колеблется и вращается самый малый из возможных объектов — атом водорода, поэтому энергия этих полос мала. Энергия его вращательной полосы вообще выходит за пределы ИК-спектрального диапазона и лежит в более длинноволновом миллиметровом диапазоне 1,123 мм (266,94 ГГц). Оно и хорошо, поскольку атмосфера Венеры в ИК-диапазоне «забита» полосами поглощения CO_2 (потому он и «парниковый» газ), и обнаружить слабые сигналы фосфина на планетарных расстояниях вне этого диапазона несколько легче.

Для этого авторы использовали два самых сильных радиотелескопа. Сначала, еще в 2017 году, они «зацепились» за едва заметный сигнал вращательной полосы фосфина на телескопе Джеймса Кларка Максвелла (JCMT).

На этом основании они смогли получить три часа времени на более мощном комплексе радиотелескопов ALMA, чтобы накопить лучшее отношение сигнала к шуму. Желающих поработать на таких уникальных

установках очень много, поэтому время на телескопах ценится чрезвычайно высоко и распределяется сильно заранее. Количественная оценка содержания фосфина в облаках была около 7 (ALMA) и до 20 (JCMT) ppb (частей на миллиард).

Вскоре после выхода этой статьи команда, возглавляемая Ракешем Могулом из Политехнического университета в штате Калифорния в Помоне, пересмотрела результаты масс-спектрометрии, полученные американским спускаемым аппаратом «Пионер-Венера-2» в 1978 году. Хотя PH_3 и H_2S имеют одинаковую массу 34 и четко различить их сигналы не удастся, авторы считают более вероятным наличие в венерианской атмосфере именно фосфина.

Справедливости ради надо отметить, что химический анализатор на последнем советском спускаемом аппарате ВЕГА-2 в 1985 году обнаружил присутствие значительных количеств фосфора в атмосфере Венеры, но ведь фосфор фосфору рознь. Тогда исследователи предположили, что это P_4O_6 .

Жизнь в серной кислоте?

Ну, допустим, нашли на Венере фосфин. И что? Поверхность Венеры — сущий ад. Атмосферное давление на Венере в 90 раз больше земного, а тем-

пература (462°) куда выше температуры плавления свинца (327°). Не зря говорят, что Венера — злобный близнец Земли.

Впрочем, речь в статье идет о тумане на высоте 50—55 км над поверхностью, где и температура около +20°, и плотность близка к 1 атм, а газовый состав — CO₂ с примесью азота (3,5%) и совсем уж малых долей SO₂, Ar, H₂O, CO, He и пр. Хотя Венера вращается вокруг своей оси в 200 раз медленнее, чем Земля (и, между прочим, с запада на восток), ветер и облака с ним несутся на этой высоте со скоростью самого сильного урагана на Земле — около 100 м/с. Поскольку Венера ближе к Солнцу, чем Земля, ультрафиолетовое излучение Солнца должно было бы быстро разрушить весь фосфин, который там есть. И если он все-таки наблюдается, то, значит, фосфин как-то возобновляется, то есть постоянно поступает из какого-то источника. В земной атмосфере его куда меньше, 1 ppt (одна часть на триллион), хотя у нас точно есть и естественные источники, связанные с жизнедеятельностью микробов, и производственные.

Авторы (эту часть работы возглавлял доктор Вильям Бейтс из MIT) предполагают, что наиболее вероятный источник фосфина — микробная жизнь в облаках над Венерой. Были и другие гипотезы, которые включали некую неизвестную фотохимию; минералы, сдутые вверх с поверхности; вулканы или молнии. Однако ни одно из этих объяснений не могло и приблизиться к

микробному варианту. Скажем, чтобы производить такое количество фосфина, вулканы должны быть примерно в 200 раз более активными, чем на Земле, но ничего подобного не наблюдается.

Похоже, что теперь у авторов открылись широкие возможности для проверки такого рода гипотез, не выходя пока за пределы Земли. Все тот же Юрий Мильнер уже через три дня после выхода статьи в «Nature Astronomy» сообщил, что его фонд Breakthrough Initiatives выделил очередные 100 млн долларов на исследования по поиску примитивных форм жизни в облаках Венеры. В отличие от Breakthrough Prize, эти инициативы он финансирует лично. Руководить проектом будет профессор Сара Сигер. Она пишет: «Нашли ли мы свидетельства жизни на Венере? Нет. Но мы нашли весьма интригующий сигнал, который послужит мотивацией для последующей многолетней работы».

Облака — это скопление маленьких капель жидкости, постепенно укрупняющихся до тех пор, пока они не начнут падать под действием силы тяжести. Этот дождь необязательно достигает поверхности: по мере приближения к ней температура растёт, и капли могут высыхать на лету. В каплях облаков над Землей содержатся вполне измеримые количества микроорганизмов, но они здесь не размножаются. Однако природа этого не запрещает.

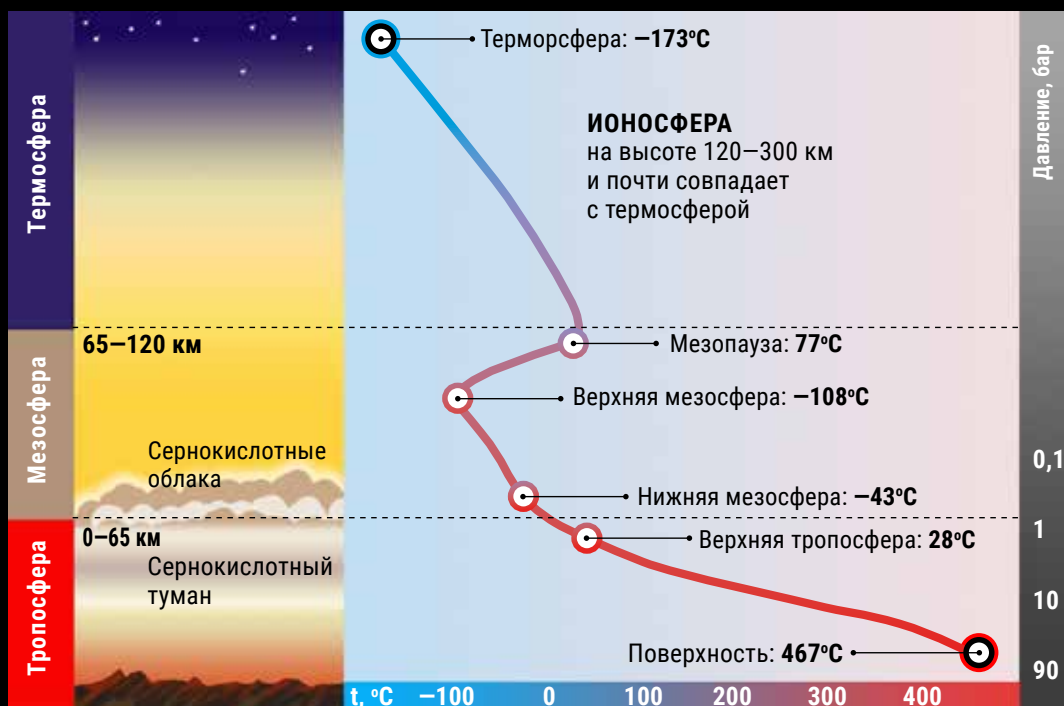
Венерианские облака покрывают всю поверхность планеты, без просветов, и, в отличие от земных, со-

Alamy Stock Photo



ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) — Атакамская большая антенная решётка миллиметрового диапазона — комплекс из 66 радиотелескопов, расположенных в чилийской пустыне Атакама на высоте 5 км

Строение атмосферы Венеры. Вблизи ее поверхности плотность атмосферы в 14 раз меньше плотности воды



стоят не из воды, а из довольно концентрированной (75—80%) серной кислоты. Предполагаемая жизнь в серной кислоте должна уместиться в более мелких каплях, чем в земных облаках: их размер чуть больше 2 микрон. Самых мелких земных бактерий в такую каплю поместилось бы не более десятка.

Надо заметить, что жизнь на Земле тоже иногда существует в условиях, представляющих совершенно невероятными: некоторые археи и даже бактерии живут и размножаются при температуре до 120°, кислотности ниже 3 единиц pH, давлении свыше 1000 атм (на дне Марианской впадины). Анаэробные бактерии живут под толщей ледников Исландии, Антарктики и Канады, где они питаются водородом, образующимся при гидролизе базальтов. На глубине 1,5 км под землей в полной изоляции при температуре 60° и pH 9,3 живет монокультура анаэробных бактерий, использующих энергию слабой радиоактивности («Science», 10 октября 2008, с. 275—278). Абсолютный же чемпион, *Deinococcus radiodurans*, выдерживает нагрев, холод, высушивание, окислители и гамма-радиацию в 15 тысяч раз сильнее, чем та, которая смертельна для человека. Эта бактерия пробыла год в открытом космическом пространстве на МКС и осталась совершенно жизнеспособной, что дает дополнительные основания для теории панспермии (переноса жизни между космическими телами) («Microbiome», 2020, 8:150).

Если учесть, что 4 миллиарда лет назад на Марсе, Земле и Венере существовали примерно одинаковые условия для возникновения жизни, то вполне можно допустить, что она на всех и зародилась. Однако со временем на Марсе стало слишком холодно, а на

Венере — слишком жарко, но жизнь могла эволюционировать и уцелеть.

А был ли мальчик?

Как полагается в науке, любому сообщению надо доверять, но проверять. Гипотеза о жизни в венерианских облаках правдоподобна, но это не значит, что она верна. Грамотному человеку, незнакомому с химией фосфина, кажется: ну как же, фосфор стоит в таблице Менделеева сразу под азотом, поэтому фосфин (PH_3) — аналог аммиака (NH_3). Следовательно, он должен, как и аммиак, давать соли с кислотами, тем более такими сильными, как серная. Раз так, то быть его в атмосфере Венеры при «комнатной» температуре никак не может. Но нет, фосфин почти не проявляет основных свойств, а соли с катионом фосфония PH_4^+ , аналогичным катиону аммония NH_4^+ , получают обходным путем. Так что фосфин в сернокислотном тумане может чувствовать себя вполне свободно — если он там есть.

«Что нам нужно, так это чтобы научное сообщество разодрало нашу работу в клочья», — сказала Клара Соуза-Сильва, молекулярный астрофизик из MIT, которая участвовала в работе над статьей. «Как ученый, я хотела бы понимать, что я сделала не так». Что же, ей не пришлось ждать долго.

Уже через месяц после выхода статьи оппоненты из Нидерландов обнаружили ошибку в калибровке радиотелескопа ALMA и в журнале «Astronomy & Astrophysics» объявили, что дело закрыто. Однако авторы открытия, признав, что калибровка была нарушена (не по их

вине), быстро пересчитали полученные данные и показали, что картина принципиально не изменилась, хотя количество PH_3 уменьшилось с 7 до 1—4 ррб. Данные JCMT дают примерно 20 ррб и требуют дальнейшей проверки, которая ведется.

Поддержка пришла от французских астрономов, которые с 2012 года наблюдают за содержанием SO_2 и воды в верхних слоях облаков Венеры в разных диапазонах ИК-частот. Вместе с Дж. Гривс и К. Соуза-Сильва они опубликовали в октябре 2020 года в журнале «Astronomy & Astrophysics» запись спектров венерианских облаков 2015 года, в которых видна линия фосфина 958 см^{-1} ($0,0105 \text{ м}$). Она дала возможность установить верхний предел его содержания в среднем по всей атмосфере, который составил 5 ррб.

Более суровая критика появилась в конце января 2021 года все в том же «Astronomy & Astrophysics». Поскольку и PH_3 , и SO_2 спектрально активны на частоте 266,94 ГГц, нужно понять, кто же из них реально наблюдается. Гривс и соавторы не обнаружили в венерианских спектрах другой частоты, характерной для SO_2 , и заключили, что диоксид серы отсутствует.

Однако их критики из Вашингтонского университета полагают, что наблюдаемая линия спектра связана именно с SO_2 , но на высоте 80 км, где PH_3 может существовать лишь крайне короткое время. В то же время другую, характерную только для SO_2 , линию 267,54 ГГц массив антенн ALMA не обнаруживает из-за размывания линий. Что касается данных JCMT, то типичное вертикальное и количественное распределение SO_2 в венерианских облаках укладывается в полученную оценку без привлечения гипотезы о наличии фосфина.

На это профессор Гривс возразила, что ее группа предприняла все мыслимые предосторожности, чтобы исключить возможность «ложных» линий. Она утверждает, что наблюдаемая линия поглощения фосфина намного уже, чем если бы она соответствовала диоксиду серы. В заново откалиброванных данных ALMA, полученных в ноябре, флуктуации шума вокруг линии поглощения PH_3 сильно уменьшились, и, хотя общее его содержание теперь упало до 1 ррб, в некоторых областях атмосферы оно достигает 5 ррб. «Что есть, то есть. Но наш результат теперь лучше», — сказала она «Нью-Йорк таймс» (8 февраля 2021 года).



SOFIA (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy) в полете с открытой телескопной дверью. Самолет с телескопом поднимается на высоту 12—14 км и позволяет сделать качество получаемой «картинки» близкой на уровне космических обсерваторий

Будем проверять!

Понятно, что одна слабенькая линия в спектре — недостаточное доказательство. Джейсон Диттман (MIT) получил время на телескопе для поиска иных спектральных линий фосфина еще в июле 2020, но коронавирус поломал все планы. Он вместе с Соуза-Сильвой собирается использовать два других инструмента: трехметровый инфракрасный телескоп NASA на Гавайях и стратосферную обсерваторию инфракрасной астрономии SOFIA (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy) — самолет того же NASA, несущий 2,5-метровый телескоп.

Космический аппарат VeriColombo Европейского и Японского космических агентств, нацеленный на Меркурий, пролетал мимо Венеры вскоре после выхода статьи. На нем есть инфракрасный спектрометр, но сделать что-нибудь было уже поздно. Впрочем, в августе 2021 он будет вновь пролетать в окрестностях Венеры. К этому времени нужные изменения в программу наблюдений успеют внести. Вопрос только в том, хватит ли у него чувствительности и разрешающей способности. Американский и европейский аппараты будут пролетать в окрестностях Венеры на пути к Солнцу, для исследования которого они и предназначены. Их шансы подкрепить или ослабить гипотезу хоть и невелики, но есть. Японский аппарат Акацуки находится на венерианской орбите с 2015 года, и он может помочь разобраться в строении ее атмосферы и облаков, но не в их составе («Nature», 2020, 586, 182—183).

Куда интереснее было бы получить прямой ответ, послав аппарат на Венеру. Индия собирается сделать это в 2025 году, и у нее есть время для внесения изменений в программу. Важное заявление сделал 15 сентября 2020 года глава «Роскосмоса» Дмитрий Рогозин на выставке «HeliRussia-2020». Он рассказал, что в планах «Роскосмоса» есть совместная с США миссия «Венера-Д» (после 2025 года), но возможен и отдельный проект. Рогозин назвал Венеру «русской планетой» и выразил уверенность, что все подобные миссии войдут в единую государственную программу деятельности РФ в космическом пространстве на 2021—2030 годы.

Комментируя информацию о том, что Россия якобы решила продолжить проект без участия американской стороны (так Рогозина поняли во многих СМИ), руководитель пресс-службы госкорпорации Владимир Устименко в тот же день поспешил пояснить: «Ни о каком отказе от сотрудничества с США по проекту "Венера-Д" речи не было. Мы не отказываемся от международного сотрудничества. Речь шла только о непривлечении широкой международной кооперации».

Российско-американская рабочая группа разрабатывает концепцию этого проекта. Автоматическая межпланетная станция (АМС) должна включать как минимум орбитальный и посадочный аппараты. При этом посадочный аппарат должен проработать на спуске и на поверхности Венеры не менее трех часов. Конструкция посадочного аппарата будет базироваться на проверенных решениях, уже испытанных в проектах серии «Венера» и «ВЕГА», а орбитальный аппарат — на заделе, полученном

при разработке космического аппарата «Луна-Ресурс». После отделения спускаемого аппарата орбитальный начнет программу научных исследований, рассчитанную на три года. По предварительным наметкам специалистов, АМС «Венера-Д» может быть запущена после 2025 года. В NASA считают реалистичными 2026—2031 годы.

Между тем в США идет отбор кандидатов на финансирование малобюджетных (до 500 млн долларов) межпланетных полетов 2021—2030. Из четырех проектов-финалистов два относятся к Венере. Проект DAVINCI+ включает спускаемый зонд, не предназначенный для работы на поверхности. Во время примерно часового спуска он должен постоянно анализировать состав атмосферы на разных высотах. Вторая часть проекта — орбитальный спутник Венеры, которому предстоит в течение полного венерианского года (225 земных суток) изучать как атмосферу дневной стороны, так и поверхность ночной области. Здесь есть возможность увидеть и измерить фосфин в атмосфере.

Другой проект, VERITAS, не сможет прямо наблюдать фосфин в атмосфере Венеры. Его задача — создать с помощью спутника подробную карту ее поверхности, в частности, обнаружить на ней вулканы. На спутнике будут также некоторые спектроскопические приборы, но не видно пока, могут ли они быть полезными для поиска фосфина. Выбор может состояться уже весной, и глава научных миссий NASA доктор Томас Зёрбакин, говоря о возможном биогенном происхождении фосфина в атмосфере Венеры, в своем Твиттере заявил: «Мы ждем результатов, которые разрешат все сомнения в этом весьма интригующем вопросе».

И вдруг — счастливая случайность. Оказывается, новозеландская частная компания Rocket Lab собирается запустить небольшой спутник Венеры «Фотон» в 2023 году. Основатель и руководитель компании Питер Бек говорит, что «раз так, надо нам проверить, есть ли там жизнь и фосфин». Это, конечно, не NASA и не «Роскосмос», но чем черт не шутит, на счету компании уже почти десяток успешных запусков спутников Земли.

Похвальное слово астрономии

Первая из возникших на Земле наук не устает удивлять нас своими открытиями. Всего за несколько последних десятилетий она обнаружила квазары, пульсары, черные дыры, свыше четырех тысяч экзопланет, ускорение разбегания галактик, из которого следует наличие черной материи и энергии.

Только в течение сентября 2020 года она открыла сразу два места с возможной внеземной жизнью у себя дома, в Солнечной системе. Об одном из них мы говорили здесь, и, как заметил Дэвид Гринспун из Института планетарной науки в Вашингтоне, округ Колумбия: «Есть 1001 причина вернуться на Венеру, и даже если фосфин «исчезнет» в результате дальнейших наблюдений или анализа, то 1000 причин останутся». Другое место — покрытые толстым льдом и песком озера на Марсе. Вблизи его полюсов достоверно обнаружено несколько таких озер. Находится ли вода в них в жидком

или кашеобразном состоянии, утверждать пока трудно. Даже если внутреннее тепло планеты доходит до этих озер, то, чтобы сохраниться в жидком состоянии, вода в них должна быть соленой. Но если концентрация солей в них не запредельная, тогда вполне вероятно, что там могла сохраниться внеземная жизнь.

В мае к посадке на Марсе готовится китайский вездеход; 18 февраля уже приземлился американский. Характерно, что практически все российские ученые, участвовавшие в комментариях к живой трансляции этого события, считают, что жизнь на Марсе не только была, но и, вполне возможно, сохранилась где-то поглубже. Оба вездехода оснащены подповерхностными рада-

рами. У американского аппарата есть также бурильная установка, которая сможет собрать образцы грунта для отправки на Землю с последующими экспедициями около 2031 года. Цель обоих вездеходов — поиск остатков жизни в давно высохших марсианских озерах и руслах рек. Ну да, и на Венере, и на Марсе пока все только предположительно, ничего не доказано. Но как заманчиво! И как хочется надеяться! Ведь обнаружение внеземной жизни — это важнейший шаг к познанию зарождения жизни как таковой во Вселенной, ее сходства и различия с земной. Если удастся провести такое сравнение, то его фундаментальная значимость не будет уступать важности открытия бозона Хиггса.



Граната с вынутой чекой, или Всё под контролем?

Вот получит марсоход «Персеверанс» керны длиной 6-7 см с породой, в которой может быть чужеродная окаменелая, а то и скрытая жизнь в виде микробов или спор — и что прикажете с ней делать? Электронный микроскоп на Марс не завезли, а доставлять на Землю образцы с другой

планеты нельзя: вдруг эта «жизнь» начнет размножаться прежде, чем попадет в лаборатории с высоким уровнем защиты? Большой риск. А может, живая марсианская жизнь не выдержит земных условий и погибнет? Это будет большой потерей для науки. Или вдруг марсоход привезет с Земли нечто живучее, что начнет заселять Марс?

Не мы первые задаем эти вопросы. Еще не успели в редакции закончить верстку предыдущей статьи, как февральский выпуск журнала «International Journal of Astrobiology» опубликовал скорее советы, чем ответы на эти вопросы, которые дала Рабочая группа по стерилизации НАСА. Эта группа, состоящая из академических, промышленных и правительственных экспертов, представила неофициальное мнение о том, насколько пригодны существующие

методы стерилизации и инактивации и что необходимо сделать в ближайшее время. Далее последуют выбор исполнителей и техзаданий, которыми займется уже совместная с Европейским космическим агентством формальная группа. До отправки экспедиции за образцами пока еще есть время для создания технически приемлемых решений. Привожу краткое изложение их мнения с добавкой моего.

Космические объекты, на поверхности которых жизнь невозможна (выжженный Меркурий, газовый Юпитер или его вулканический спутник Ио) не рассматриваются как угроза земной жизни, и образцы с них можно прямо везти к себе в лабораторию. Остальные объекты разбиты на категории от 2 до 5. Особое место среди них занимает Марс из-за возможной его обитаемости.

При столкновении метеоритов, астероидов, комет с поверхностью обитаемых планет в космос выбрасывается вполне заметное количество твердого материала, в глубине которого может сохраниться умеренная температура и, следовательно, жизнь. Из того, что вырывалось в околопланетное пространство при катаклизмах на Марсе, около 7% попадало на Землю. Так что те несколько сот граммов марсианской пыли, которые привезет на Землю экспедиция в 2031 году, отнюдь не будут первыми! Науке известны 264 марсианских метеорита, самый тяжелый из которых весил 18 кг. Изучение десятков обломков этих метеоритов показало, что сердцевина примерно 20% из них никогда не нагревалась выше 100°. Кроме того, отношение дейтерия к водороду в них наводит на мысль, что в коре Марса гораздо больше воды,

чем на поверхности в равновесии с его атмосферой.

Наверняка Земля не осталась безответной и прислала на Марс немало камней земного происхождения. Напомню: микробная жизнь на Земле возникла 3,5-4 миллиарда лет назад. Астероидная активность в то время была в сотни раз более интенсивной, чем сейчас. Вода с поверхности Марса исчезла тоже не один миллиард лет назад, однако общее её количество не так уж мало, как недавно казалось. Она не просто вся испарилась с поверхности, значительная часть ее ушла глубже в подповерхностные породы, так что времени для переноса жизни в обе стороны было достаточно. Поэтому нельзя исключить, что жизнь на этих планетах могла развиваться не просто сходными, но взаимно обусловленными путями. Надо, однако, помнить, что почти 2,5 миллиарда лет назад благодаря жизнедеятельности цианобактерий концентрация кислорода в атмосфере Земли начала расти, появился защитный озоновый слой, снизилась интенсивность УФ-облучения, то есть пошло геологически быстрое расхождение условий жизни на Земле и на Марсе, где к этому времени атмосфера почти исчезла, а поверхность высохла и охладилась. Тем не менее, принесенная с Земли жизнь имела достаточно времени, чтобы приспособиться к новым условиям и спрятаться в марсианской почве от ультрафиолета. Наиболее близкие к марсианским и потому наиболее изученные на Земле условия существуют в высокогорной чилийской пустыне Атакама. Всякая жизнь в ней прячется от УФ под поверхность.

Если марсианская жизнь — углеродная и построена аналогично земной (полинуклеотиды и белки), то ее стерилизация может проходить теми же методами, что применяются на Земле (нагревание, облучение, окисление, фумигация окисью этилена, двуокисью азота, парами перекиси водорода). Если она вдруг силиконовая, то методов разрушения силиконов тоже хватает. Вопрос в том, опасна ли такая жизнь. Ведь подавляющее большинство земных микробов для человека вполне безопасны и становятся патогенами только в результате совместной эволюции. Марсианские микробы (если они есть!) давно уже приспособились к

засушливым условиям, поэтому земная жизнь, состоящая в основном из воды, едва ли подходящая для них среда. Отсюда следует, что вероятность занести с Марса патогенные микробы близка к нулю. Примерно те же рассуждения применимы и к прионам — неправильно свернутым белкам, которые способны при контакте вызывать такое же сворачивание у белков живых организмов. Слишком далеко отстоят друг от друга земной и возможный марсианский варианты, чтобы произошло заражение.

Однако защита Земли должна принимать во внимание не только здоровье человека, но и всей её биоты. Сколько уже было случаев с земными организмами, которые, попадая в новые условия, подавляли и вытесняли аборигенов. Может ли произойти нечто подобное с марсианскими пришельцами? Очень маловероятно. Ведь если для нас марсианская среда кажется крайне неблагоприятной, то и для обитателей Марса наши условия абсолютно критические: кислородная среда, огромная влажность, отсутствие УФ, высокое давление. Тем не менее, вероятность заражения не равна нулю, а идти на хоть малейший риск человек разумный не станет.

Образцы для исследования должны быть помещены в герметичный контейнер, а он — в другой (по принципу матрешки), который уже будет запаян или заварен. Поверхности возвращаемого аппарата, на которые могла попасть внеземная пыль, нужно стерилизовать, лучше еще до возвращения на Землю. Как это сделать, предстоит определить экспериментально в ближайшее время.

Понятно, что труднее всего иметь дело со спорами и белками-прионами. Рабочая группа уже отобрала лаборатории, в которых будут проводить опыты над безопасными для человека дрожжевыми прионами. Здесь надо иметь в виду, что их обезвреживание не должно ограничиваться изменением конформации, а приводить к разрывам пептидных связей. Что касается бактерий и их спор, то пока лучшим вариантом кажется их истребление во время длительного возврата на Землю. Убить их можно действием открытого космоса: вакуумом, холодом, радиацией и УФ-облучением. Главным фактором среди перечисленного представляется мощное (значительно более сильное, чем на Марсе) УФ-облучение от Солнца. Дело

в том, что какая-никакая атмосфера из разреженного CO₂ на Марсе все же есть, она съедает часть УФ спектра ниже 200 нм, а в открытом космосе ультрафиолет куда более жесткий, до 100 нм.

Марсоходы стерилизуют перед вылетом, но ноль заражения — недостижимая цель. На Персеверансе смогли довести общее число спор до 41 тысячи по всем его поверхностям и до 300 тысяч в сумме на всех спускаемых объектах. Опыты показывают, что марсианское облучение за несколько минут уменьшает количество земных микроорганизмов на открытой поверхности на 99,999%. Нет такой жизни, основанной на нуклеиновых кислотах (ДНК, РНК), которая могла бы выдержать марсианский УФ дольше нескольких часов. Увы, даже тончайший слой пыли укрывает от него. Совместное воздействие факторов подавления жизни может усиливать эффект, но нужно принять и конструктивные меры, способствующие этому. Например, споры *Bacillus subtilis* 168 под УФ при 20° и нормальном давлении довольно быстро теряют жизнеспособность, но при переносе опытов в вакуум скорость их инактивации возрастает в 10 раз. Однако холод космического пространства сильно ослабляет этот синергетический эффект.

Вполне возможно, что придется разработать и испытать искусственные источники УФ облучения, а то и подогревания, затененных элементов возвращаемого аппарата. Важную роль должна сыграть длительность пребывания обеззараживаемых поверхностей в неблагоприятных для жизни условиях. Это значит, что остающийся на орбите Марса аппарат, получив драгоценный груз с поверхности, вероятно, должен будет еще полетать вокруг красной планеты, прежде чем вернуться на родину.

Понятно, что первая такая экспедиция едва ли станет последней и опыт обеззараживания будет накапливаться. Эти разработки, вероятно, не сразу понадобятся для исследования облаков Венеры, покрытого льдом спутника Юпитера Европы (с ее возможно обитаемым подповерхностным океаном), или Энцелада, спутника Сатурна, из которого вырываются гигантские водные гейзеры. Но дойдет и их очередь, и тогда марсианский опыт окажется очень полезным.

В.М. Хуторецкий