

УДК 523.2+523.43

## ПОИСКИ ВНЕЗЕМНОЙ ЖИЗНИ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ: СТАТУС И ПЕРСПЕКТИВЫ<sup>1</sup>

© 2017 г. И. Г. Митрофанов\*

*Институт космических исследований РАН, Москва, Россия*

Поступила в редакцию 24.08.2016 г.; принята в печать 18.10.2016 г.

В статье рассматриваются результаты космических исследований Луны и Марса с точки зрения вопросов о возникновении и эволюции жизни, поставленных в монографии И.С. Шкловского “Вселенная, жизнь, разум”.

DOI: 10.7868/S0004629917040132

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Два великих вопроса естествознания — об эволюции Вселенной и о происхождении жизни были предметами исследования Иосифа Самуиловича Шкловского (ниже ИС) в его знаменитой монографии “Вселенная, жизнь, разум” [1]. Трудно переоценить значение этой книги для естествознания. Насколько мне известно, впервые в мировой науке в одной монографии исследовались происхождение Вселенной, возникновение и эволюция жизни. Третьим предметом этой монографии был “разум” — удивительное свойство живой материи познавать себя и окружающий мир.

В середине XX века, после выхода человечества в космос, в научном сообществе и также в публичной среде возник интерес к поиску внеземной жизни. Стало очевидным, что полеты в космос будут важнейшим направлением развития земной цивилизации, которая в перспективе распространится на всю Солнечную систему. Казалось, что активная деятельность внеземного разума должна быть основным наблюдательным проявлением существования внеземной жизни. После вывода космических телескопов за пределы земной атмосферы астрономия стала всеволновой, а доступный для наблюдений горизонт охватил практически всю Вселенную. Ожидалось, что открытия других космических цивилизаций должны состояться в ближайшее время, но этого не происходило. Проблема “ненаблюдаемости” признаков существования внеземной разумной жизни во Вселенной была

сконцентрированно выражена в знаменитом вопросе Энрико Ферми: “Where is everybody?” (“Где они все?”).

Со времени первого издания книги [1] прошло более 50 лет, а сигналов от “братьев по разуму” все нет и нет. С другой стороны, с каждым годом растет число открытых экзопланет, которые могут иметь благоприятные условия для присутствия жизни, аналогичной земной. Складывается впечатление, что вопрос о существовании внеземной жизни следует отделить от вопроса о поиске внеземных цивилизаций. Вполне вероятно, что уровень развития земной науки все еще слишком низок, и наши представления о возможных наблюдаемых проявлениях внеземного разума далеки от реальности. С другой стороны, возможно, что эволюция внеземной жизни необязательно приводит к приобретению свойства разума. Или, что может быть самым печальным, “их нет” просто потому, что свойство разума является тупиковым направлением эволюции жизни во Вселенной. Именно к такому пессимистичному выводу пришел ИС в последние дни своей жизни [2].

Но и само возникновение жизни, даже в ее самых примитивных формах, также не имеет естественнонаучного объяснения. По личному опыту мы знаем, что жизнь во Вселенной существует, но биологи пока не объяснили механизмы ее возникновения и эволюции. ИС писал: “Столь плачевное состояние этой проблемы (как живое произошло из неживого, ИМ) объясняется тем простым обстоятельством, что других форм жизни во Вселенной (кроме земной) мы не знаем” [1]. Развитие космонавтики за прошедшие 30 лет впервые позволяет поставить вопрос о поиске и изучении “других форм жизни” в пределах Солнечной системы. Современные космические аппараты провели исследования на поверхности Луны, Марса,

<sup>1</sup>На основе доклада, представленного на международной конференции “Всеволновая астрономия” в честь 100-летия со дня рождения И.С. Шкловского (Москва, Россия, 20–22 июня 2016 г.). Печатается по рекомендации оргкомитета конференции.

\*E-mail: mitrofanov@np.cosmos.ru

Венеры, Титана, комет и астероидов. Они принесли важные новые знания по экспериментальной астробиологии в космических масштабах Солнечной системы. Так, в 2006 году в возвратной капсуле проекта NASA “Стардаст” на Землю были доставлены пылевые частицы из комы кометы Вильд-2, и в составе этих частиц была обнаружена аминокислота *глицин* — важный биохимический компонент земной жизни. *Глицин* также был обнаружен в 2016 году в веществе кометы Чурюмова-Герасименко в экспериментах на борту космического аппарата “Розетта”. В ближайшие 10–20 лет будут реализованы еще более амбициозные космические проекты, которые, вероятно, позволят в пределах Солнечной системы найти ответ на сакраментальный вопрос Ферми “Where is everybody?” для жизни на уровне простейших одноклеточных организмов.

Предметом статьи является обсуждение феномена зарождения и эволюции жизни на основе современных результатов космических планетных исследований и их перспектив. Следуя логике монографии [1], в статье обсуждаются два поставленных ИС ключевых вопроса о природе жизни: как на планете возникает жизнь (раздел 2) и как жизнь эволюционирует (раздел 3). В заключение (раздел 4) кратко обсуждается третий поставленный ИС вопрос — о внеземном разуме и “молчании Вселенной”. Этот вопрос будет рассматриваться в связке с тремя возможными результатами поиска признаков существования жизни на Марсе, которые могут быть получены в космических исследованиях в ближайшие 10–20 лет.

## 2. ЗАГАДКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМНОЙ ЖИЗНИ МОЖЕТ БЫТЬ РАСКРЫТА НА ЛУННЫХ ПОЛЮСАХ

В 1962 году ИС писал: “Центральная проблема возникновения жизни на Земле — объяснение качественного скачка от “неживого” к “живому” — все еще далека от ясности” [1]. В этой фразе следует обратить внимание на уточнение места события — на Земле. Космические исследования, вероятно, не дадут объяснение произведенному природой чудесному скачку от “неживого” к “живому”; механизм этого скачка должны будут предложить астробиологи. Но исследования космоса позволят выяснить условия, при которых этот скачок мог произойти.

Межзвездная среда содержит большое число сложных молекулярных соединений, многие из которых имеют сложную предбиологическую структуру. Вещество протопланетного облака, из которого образовалась Солнечная система, должно было иметь богатую химию. Образовавшиеся из облака небесные тела могли сохранить в своем

составе сложные молекулярные соединения межзвездного происхождения. В первую очередь это относится к астероидам и кометам на периферии Солнечной системы. Эти малые небесные тела не проходили через фазу разогрева на раннем этапе формирования планетной системы и могли сохранить первичный состав протозвездного облака. На периферии нашей планетной системы также могут присутствовать межзвездные кометы, которые оказались захваченными из-за гравитационного взаимодействия с другими небесными телами. Такие кометы являются естественным транспортом для переноса вещества от звезды к звезде.

Известно, что ранняя Земля испытала интенсивную астероидную и кометную бомбардировку, благодаря которой на планете образовался первичный водный океан. Вместе с кометной водой на Землю могли быть доставлены молекулярные соединения межзвездного происхождения. Наличие в водной среде ранней Земли сложных органических и предбиологических соединений могло стать решающим фактором для возникновения жизни на нашей планете. Необходимо выяснить состав этих соединений и ответить на вопрос об их роли в возникновении жизни на Земле.

Нельзя исключить и другую возможность — гипотеза “панспермии” предполагает, что жизнь была принесена на Землю из космоса. В этом случае скачок к “живому” должен был произойти где-то в другом месте нашей Галактики, и *споры жизни* были принесены в первичный земной океан на раннем этапе жизни нашей планеты. Очевидно, что ключевой вопрос о механизме скачка от “неживого” к “живому” в рамках гипотезы “панспермии” остается нерешенным, но экспериментально обоснованный выбор между возможностями локального (земного) или галактического (внеземного) происхождения жизни на Земле имел бы фундаментальное значение для понимания феномена жизни во Вселенной.

Относительно недавно выяснилось, что в ближайшие 10 лет космические исследования Луны смогут дать ответы на эти вопросы. Эти ответы могут скрываться в реголите лунных полюсов.

Наш естественный спутник имеет удивительное свойство: полярная ось Луны составляет очень малый угол около  $1.5^\circ$  относительно перпендикуляра к плоскости эклиптики. Вследствие этого солнечные лучи освещают полярные районы Луны практически по касательной, и поток солнечной энергии на полярную поверхность очень мал. Поэтому она имеет очень низкую температуру — даже в освещаемых районах вещество на глубине всего нескольких сантиметров не нагревается выше 100 градусов Кельвина. На дне постоянно затененных полярных кратеров температура лунного вещества составляет всего около 40 градусов Кельвина [3]. Это

означает, что водяной лед и летучие соединения могут сохраняться в лунном полярном реголите практически бесконечно долго.

Наблюдения лунного нейтронного излучения с борта космического аппарата NASA “Лунар Проспектор” показали, что в лунном реголите на глубине до 1 метра присутствует значительное количество водорода [4]. Эти результаты были подтверждены данными наблюдений российского нейтронного телескопа ЛЕНД с борта лунного спутника NASA ЛРО [5]. Измерения приборами космического аппарата ЛКРОСС состава вещества, выброшенного в результате столкновения с поверхностью разгонного блока “Центавр”, показали [6], что обнаруженный нейтронными детекторами водород принадлежит молекулам воды. Оценка массовой доли водяного льда в реголите составила около 5% по массе. Таким образом, в настоящее время установлено, что в полярных областях Луны есть районы с высоким содержанием водяного льда и других летучих соединений.

Вода на лунных полюсах может иметь два источника. Во-первых, эту воду могли принести кометы (аналогично тому, как они когда-то принесли воду на Землю). Во время столкновения кометы с Луной лед испарялся, и водяной пар образовывал временную лунную атмосферу. Часть молекул *кометной воды* и других летучих соединений покинула Луну и уходила в открытый космос, но другая часть конденсировалась в холодном реголите лунных полюсов. За время жизни Луны реголит на полюсах накопил весь набор летучих соединений, которые входили в состав межзвездного вещества и протопланетного облака Солнечной системы.

Вторым источником воды могли быть химические реакции в реголите между протонами солнечного ветра с ионами кислорода. Молекулы такой *солнечной воды* образуются главным образом в хорошо освещаемых экваториальных районах Луны и мигрируют в лунной экзосфере в полярные районы, где также осаждаются в холодный реголит. Измерение отношения дейтерия к водороду позволит оценить доли кометной и солнечной воды в лунном полярном реголите.

Очевидно, что оба небесных тела двойной системы Земля-Луна на раннем этапе жизни Солнечной системы подвергались одинаковой кометной бомбардировке. Поэтому органические и предбиологические соединения, которые могут быть обнаружены в лунном полярном реголите, должны быть аналогичны тем, которые были принесены в первичный земной океан. Эти соединения не удастся найти в воде и грунте современной Земли, так как активная биосфера нашей планеты уже полностью переработала все компоненты первичного океана. Можно предположить, что изучение

состава летучих в лунном полярном реголите позволит найти ответ на вопрос, заданный ИС в [1]: на какой биохимической основе произошло превращение “неживого” в “живое” в первичном земном океане?

Исследование южного полярного района Луны автоматическими аппаратами является основной целью лунной космической программы России на ближайшие 10 лет. В 2019 году в окрестности Южного полюса Луны должен осуществиться посадку автоматический аппарат “Луна-25” проекта “Луна-Глоб”. Эксперименты на его борту позволят получить оценки содержания воды и состава летучих в лунном полярном реголите на глубине до 20 см. Реализация в 2021 году последующего проекта “Луна-Ресурс” даст возможность изучить состав мерзлой воды и летучих на разных глубинах реголита от поверхности до 1–2 метров. Будут получены экспериментальные оценки содержания в нем *кометной* и *солнечной* воды, а также сложных молекулярных соединений. Заключительной фазой первого этапа российской лунной программы станет проект “Луна-Грунт” по доставке образцов лунного полярного реголита на Землю. Этот проект должен быть реализован до 2025 г.

В сентябре 2016 г. к астероиду Бенну был запущен космический аппарат НАСА “Осайрес-РЕКС”. Этот астероид также может иметь в своем составе органические соединения. В июле 2020 года с его поверхности будут забраны образцы вещества, которые в сентябре 2023 года будут доставлены на Землю. Изучение и анализ в земных лабораториях образцов лунного полярного реголита и вещества астероида позволит *отыскать* и *пересчитать* все имеющиеся в них молекулы и предбиологические химические соединения, выяснить их возможную роль в возникновении земной жизни.

Таким образом, в течение ближайших 10 лет астробиологи получат возможность изучить состав летучих соединений и сложных предорганических молекул в веществе астероида и полярной Луны. Реализация в ближайшее десятилетие исследовательских научных космических проектов может принести разгадку тайны возникновения жизни на Земле. Безусловно, самым сенсационным результатом космических исследований лунного и астероидного вещества может стать обнаружение в нем межзвездных *спор жизни*. В настоящее время гипотеза “панспермии” не имеет широкой поддержки в научном сообществе, но нельзя не согласиться с тем, что она, безусловно, нуждается в экспериментальной проверке.

### 3. КАК РАБОТАЕТ МЕХАНИЗМ ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ?

В настоящее время эволюционные биологи предполагают, что все прошлые и нынешние живые организмы на Земле произошли от “последнего универсального общего предка” (*Last Universal Common Ancestor, LUCA*). Организмы LUCA жили на Земле около 3.5–4.0 млрд. лет тому назад, и их свойства были выяснены методом проекции назад во времени эволюционных трендов современных организмов. LUCA были достаточно сложно устроены (см., напр., [7]), причем некоторые из их свойств представляются вполне случайными (например, присутствие только вполне определенных ДНК из большой совокупности возможных, или *гомохиральность* биологических соединений). Концепция LUCA, как общего предка всего живого на Земле, ставит перед исследователями много новых вопросов. Неизвестно, как происходила ранняя эволюция жизни до LUCA. Также необходимо создать модель *раздвоения* процесса эволюции после LUCA, который привел к возникновению двух различных доменов простейших организмов — *бактерий* и *архей*. Требуется объяснения качественный эволюционный скачок, который привел к возникновению третьего домена одноклеточных организмов — *эукариотов*, что явилось заключительным этапом эволюции простейших. Последовавшая после этого эволюция была связана с возникновением многоклеточных организмов с функциональной дифференциацией различных клеток. Очень важным для понимания механизма процесса эволюции до и после LUCA является вопрос о возможном параллельном существовании других видов простейших организмов с качественно другой биохимической структурой, которые пропали, “не дав потомства”. Их присутствие могло быть важным условием эволюции основной формы жизни на основе механизма *горизонтального переноса генов*.

Тайна эволюции жизни представлялась ИС не менее интригующей, чем тайна ее возникновения. Очевидно, что ИС не верил в дарвиновский естественный отбор, как необходимый и достаточный механизм эволюции жизни. Он писал: “Создается впечатление, что наряду с естественным отбором в эволюции жизни на Земле действуют какие-то факторы, роль которых пока еще окончательно не выяснена” [1]. Что же это за “какие-то” другие факторы, как работает механизм эволюции, если механистически простой механизм естественного отбора не может объяснить скачки и этапы эволюционного процесса? Экспериментально проследить последовательность раннего эволюционного процесса нам не дано, так как в нашем распоряжении нет *машины времени* для исследований свойств и процессов биосферы эпохи LUCA на

ранней Земле. Однако такую *машину времени* астробиологам могут предоставить космические исследования. Объектом этих исследований должен стать Марс.

Первые полеты космических аппаратов к Марсу позволили выяснить, что в раннем возрасте он был очень похож на молодую Землю. Его поверхность покрывал первичный водный океан, над океаном простиралась плотная атмосфера, а в недрах генерировалось глобальное магнитное поле. Эта ранняя марсианская эпоха продолжалась несколько сотен миллионов лет, пока планета не столкнулась с крупным астероидом. В результате последовавшей глобальной катастрофы природные условия Марса значительно изменились: он потерял океан, плотную атмосферу и магнитное поле. Гигантский кратер Эллада ударного происхождения характеризует масштаб этой глобальной катастрофы. До 2002 года предполагалось, что современный Марс является холодной и безводной планетой. Однако наблюдения нейтронного и гамма-излучения поверхности Марса приборами проекта “Марс Одиссей” показали, что планета сохранила огромные запасы воды в виде ледяных залежей марсианской “вечной мерзлоты” [8–10]. В этом льду может сохраниться до наших дней вода первичного марсианского океана со всеми химическими и молекулярными соединениями, которые в нем когда-то присутствовали. Возможно, что во льдах вечной мерзлоты хранятся останки марсианских LUCA.

“Есть ли жизнь на Марсе?” Этот sacramentalный вопрос естествознания интересует практически всех и поэтому стал частью фольклора. Данные пионерских исследований по поиску марсианской жизни на космических аппаратах “Викинг” в 1976–1980 гг. однозначно показали, что современный Марс не имеет глобальной биосферы [11]. В отличие от современной Земли, где наличие жизни можно обнаружить в каждом грамме грунта и каждой капле океанской воды, в пробах вещества Марса не было обнаружено каких-либо признаков биологической активности. Вопрос о небольших колониях примитивных организмов в локальных *оазисах* жизни на Марсе пока остается открытым. Указанием на возможное существование таких *оазисов* являются наблюдения спорадических локальных повышений концентрации метана в атмосфере Марса [12], источником которого могут быть колонии микроорганизмов. Следует отметить, что выбросы метана в атмосферу Марса могут также иметь небиологическое происхождение, и поэтому регистрация выбросов метана в атмосферу не может служить прямым доказательством биологической активности на этой планете.

Поиску *оазисов* жизни будут посвящены научные исследования российско-европейского проек-

та “ЭкзоМарс”<sup>2</sup>. На борту орбитального аппарата этого проекта Trace Gas Orbiter (TGO) установлены приборы для измерений химического состава марсианской атмосферы и для картографирования районов с высоким содержанием грунтовой воды. Если районы, над которыми наблюдаются повышенная концентрация метана, совпадут с районами с повышенным содержанием грунтовой воды, то вероятность существования в таких районах оазисов жизни станет достаточно высокой. Именно в такие районы будут направлены будущие исследовательские аппараты для поиска под поверхностью планеты колоний примитивных организмов.

Однако следует быть готовыми к тому, что оазисы жизни на Марсе обнаружены не будут. Следуя концепции В.И. Вернадского о глобальной биосфере, как форме существования планетной жизни [13], можно предполагать, что первичная эволюция жизни на Марсе должна была происходить в водах первичного океана в форме активно развивающейся биосферы. Локально распределенные по поверхности оазисы такой биосферы не образуют. Оазисы жизни, если они будут обнаружены на современном Марсе, могут быть реликтовыми колониями первичных организмов, выживших в районах с наиболее благоприятными пригодными условиями. Напротив, отрицательный результат поиска оазисов жизни на современном Марсе не станет доказательством отсутствия биосферы на планете в прошлом. Известно, что жизнь на Земле претерпела несколько глобальных катастроф, когда ее биосфера была на грани полного исчезновения. На Марсе эта грань могла быть преодолена.

По моему мнению, наиболее перспективным направлением решения вопроса о существовании жизни на Марсе представляется изучение его вечной мерзлоты. Если в первичном океане раннего Марса возникла жизнь, то в этом океане должна была образоваться насыщенная микроорганизмами биосфера. Известно, что в каждом литре воды современного земного океана содержатся около  $10^4$  бактерий<sup>3</sup>. Можно ожидать, что в раннем океане Марса, если на Марсе была биосфера, это число было аналогичным. Фрагменты и химические соединения от составлявших марсианскую биосферу организмов могут сохраниться во льдах современной вечной мерзлоты. Космические проекты в ближайшие 10–15 лет должны доставить на Землю образцы марсианской вечной мерзлоты. Биохимические исследования ее состава позволят заглянуть в раннюю марсианскую эпоху и выяснить, была ли на раннем Марсе жизнь, как она

была устроена и по какому сценарию произошла ее эволюция. Имеются три альтернативных варианта результатов таких исследований, каждый из которых окажет огромное влияние на будущее развитие естествознания (см. таблицу).

Первый случай соответствует экспериментальному доказательству отсутствия в марсианских льдах каких-либо признаков древней жизни. Этот факт поставит перед исследователями достаточно трудный вопрос: почему на раннем Марсе не случилось событие зарождения жизни, которое когда-то произошло на ранней Земле? Разумеется, можно предположить, что само событие возникновения жизни на отдельном небесном теле является крайне маловероятным, и наличие благоприятной природной среды является условием необходимым, но не достаточным. Но тогда следует объяснить, почему при малой вероятности этого события “живое” обладает такой высокой способностью к усложнению и изменчивости, к эволюционным скачкам, к образованию все более и более сложных организмов, к генерации огромного многообразия форм и механизмов функционирования. Экспериментальное доказательство того, что на Марсе нет и никогда не было жизни, окажет огромное влияние на философские и естественнонаучные представления о нашем месте во Вселенной. Изучая безжизненный образец марсианской вечной мерзлоты, будущий исследователь повторит вопрос Энрико Ферми: “Где они все?”. И испытает чувство вселенского одиночества.

Если же реликтовые структуры марсианских микроорганизмов будут обнаружены, то в естествознании наступит новая эра. Впервые у естествоиспытателей появится возможность сопоставить две формы “живого”, возникшие на разных небесных телах. Такому развитию событий сопоставлены второй и третий варианты результатов исследований марсианской вечной мерзлоты.

Второму варианту соответствует случай, когда структуры и биохимия марсианских живых организмов окажутся похожими на земные организмы поколения LUSA. Отсюда скорее всего последует вывод, что жизнь на Земле и на Марсе имеет общее происхождение: либо жизнь возникла на Земле и была перенесена на Марс земными метеоритами, либо наоборот — жизнь вначале возникла на Марсе и была в марсианских метеоритах доставлена на Землю, либо, и это самое интересное, межзвездные споры жизни были доставлены в Солнечную систему кометами или астероидами из межзвездной среды. Сопоставление биологических структур с Земли и с Марса позволит выяснить универсальный характер законов возникновения и первичной эволюции жизни, того самого “качественного скачка от “неживого” к “живому””, о котором писал ИС в своей книге [1]. Астробиологи

<sup>2</sup> <http://exploration.esa.int/mars/>

<sup>3</sup> [http://www.coml.org/pressreleases/census2010/PDF/Census-2010\\_Public\\_News\\_Release.pdf](http://www.coml.org/pressreleases/census2010/PDF/Census-2010_Public_News_Release.pdf)

## Возможные результаты и научные последствия изучения образцов марсианской вечной мерзлоты

Результат исследований образцов марсианской вечной мерзлоты	Возможные выводы о природе земной и внеземной жизни
1. Будут получены достоверные доказательства отсутствия следов живых организмов в марсианской вечной мерзлоте	Возникновение жизни на планетах, аналогичных Земле, является маловероятным событием, благоприятные природные условия не являются необходимым фактором для возникновения жизни. Феномен земной формы жизни является уникальным во Вселенной. Ненаблюдаемость внеземных цивилизаций можно объяснить их крайней малочисленностью
2. Будут получены свидетельства существования в марсианской вечной мерзлоте молекулярных соединений и реликтовых фрагментов организмов, биохимические свойства которых аналогичны аналогу земного LUCA	Жизнь на Марсе существовала, причем она имела общее происхождение с земной формой жизни. Вероятно, что в раннюю эпоху Солнечной системы жизнь возникла на Земле или на Марсе и метеоритами была перенесена на другую планету. Также возможно, что на обе планеты были принесены “споры жизни” кометами из межзвездной среды. В этом случае подтверждается гипотеза “панспермии”, и земная форма жизни должна быть широко распространена в других планетных системах нашей Галактики. Ненаблюдаемость внеземных цивилизаций может объясняться “Галактической цензурой” или “Большим фильтром”.
3. Будут получены свидетельства существования в марсианской вечной мерзлоте молекулярных соединений и реликтовых фрагментов организмов, биохимические свойства которых отличаются от земной формы жизни	Жизнь на Марсе существовала, она имела структуру и свойства, отличные от земной формы жизни. Вероятность возникновения жизни на экзопланетах достаточно велика, причем ее биохимические особенности могут значительно различаться. Различные формы жизни широко распространены в Галактике. Ненаблюдаемость внеземных цивилизаций может быть связана с “Большим фильтром”, который препятствует эволюции большинства форм до уровня высокоразвитых цивилизаций

будут изучать механизмы кометной или астероидной транспортировки спор жизни в межпланетной или межзвездной среде, а астрономы будут активно искать сигналы от похожих на нас *братьев по разуму*.

Наконец, может реализоваться третий вариант: обнаруженные в марсианской вечной мерзлоте реликтовые биохимические структуры могут оказаться совсем непохожими на земные. В этом случае у эволюционных биологов появится возможность экспериментально изучить альтернативный земному процесс ранней эволюции жизни, выяснить общие и индивидуальные законы функционирования и развития “живого”. Вероятно, будет построена биохимическая модель возможного продолжения прервавшейся эволюции марсианской жизни, будет сконструирована концепция биосферы, которой мог бы обладать современный Марс, если бы он избежал произошедшей с ним катастрофы. Возникновение жизни на экзопланетах будет рассматриваться как вполне вероятное событие с большим многообразием случайно реализовавшихся на них формах “живого”.

Первая попытка найти марсианскую жизнь, реализованная в проекте “Викинг”, была фактически основана на концепции В.И. Вернадского о биосфере. Следуя этой концепции, можно ожидать, что

в случае, если на небесном теле есть жизнь, ее признаки должны присутствовать практически повсеместно на всей планете. После неудачного поиска марсианской биосферы на “Викингах” и открытия вечной мерзлоты под поверхностью Марса в NASA был выдвинут лозунг “*Following water!*” (“*Следуя за водой!*”). Этот лозунг направлял поиски жизни в районы, где есть или когда-то была вода. Такая стратегия была основана на концепции поиска *оазисов* жизни, которую впервые предложил ИС в [1]. Работающий в настоящее время на Марсе марсоход “Кьюриосити” был направлен в кратер Гейл для поиска возможного *оазиса* на его дне. Этот кратер согласно большой совокупности полученных данных является дном древнего высохшего озера. Однако по данным российского нейтронного прибора ДАН количество воды в грунте на дне кратера оказалось относительно небольшим, до 5% по массе [14]. Эта вода, вероятнее всего, включена в химический состав минералов слоистых донных отложений и также могла проникнуть в грунт из атмосферы. Кратер Гейл расположен очень близко к экватору и поэтому вся вода, наполнявшая его в древности, вероятнее всего испарилась или ушла на большую глубину.

Наиболее перспективными для поиска признаков марсианской жизни, на мой взгляд, являются

ся районы вечной мерзлоты. В этих районах содержание водяного льда в грунте составляет десятки процентов, и эта вода в форме свободного льда скорее всего сохранилась в мерзлом грунте с эпохи древнего марсианского океана. Она может содержать химические компоненты, оставшиеся от биосферы первичного океана раннего Марса. К сожалению, при выборе районов посадки марсохода “Кьюриосити” районы с высоким содержанием водяного льда были сознательно исключены из рассмотрения. Возможно, такое решение лишило этот проект шансов найти на Марсе признаки когда-то существовавшей на нем жизни.

Космические исследования Марса в ближайшие 10–15 лет могут дать ответ на вопрос о жизни на Марсе. Для этого необходимо реализовать проект по доставке на Землю образцов вечной мерзлоты с высоким содержанием водяного льда.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ: О ЖИЗНИ (НА МАРСЕ) И РАЗУМЕ (ВО ВСЕЛЕННОЙ)

Учитывая известные планы изучения Луны, Марса и малых тел Солнечной системы космическими агентствами, включая российскую госкорпорацию Роскосмос, можно с большой долей уверенности утверждать что к 2026 году, к 110-й годовщине со дня рождения ИС, на Землю будут доставлены образцы водяного льда, в которых могут быть обнаружены сложные предбиологические молекулярные соединения космического происхождения (в образцах полярного реголита с Луны, астероидов и комет) и, возможно, биохимические компоненты внеземных простейших организмов (в образцах вечной мерзлоты с Марса).

Изучение состава сложных космических молекул в лунных полярных ледниках вероятно позволит выстроить концепцию возникновения и эволюции первых живых организмов на Земле, выяснить, какую роль в скачке от “неживого” к “живому” сыграли предбиологические соединения космического происхождения.

Существование на Марсе ледяной вечной мерзлоты, которая может содержать воду первичного марсианского океана, предоставляет эволюционным биологам возможность получить экспериментальные данные о том, в чем они так нуждаются для выяснения загадки возникновения и эволюции земной жизни, — о втором независимом событии. Изучение образцов марсианской вечной мерзлоты приведет к одному из трех альтернативных результатов (см. таблицу), каждый из которых будет иметь фундаментальное значение для будущего развития науки о живом. Каждый из них потребует заново осмыслить парадокс Ферми о “молчании Вселенной”.

Если будет установлено, что в первичном океане молодого Марса никогда не было жизни, то вероятность ее возникновения на планетах, сходных с молодой Землей, достаточно мала. Эта вероятность должна быть еще меньше для других небесных тел, с худшими условиями обитания (таких, например, как спутники Юпитера и Сатурна). Космический транспорт жизни астероидами окажется неэффективным. Также будет сделан вывод о том, что вероятность наличия жизни на похожих на Землю экзопланетах нашей Галактики относительно невелика. Мы наблюдаем земную жизнь только потому, что сами являемся прямым следствием этого очень маловероятного события. Парадокс Ферми будет решен просто: в наблюдаемой окрестности Галактики обитаемые планеты с развитыми цивилизациями отсутствуют.

Если следы жизни на раннем Марсе будут обнаружены, это будет означать, что различных “жизней” в нашей Галактике должно быть очень много. Их конкретные формы на Земле и на Марсе могут оказаться тождественными или очень похожими друг на друга, и в этом случае будет сделан вывод, что астероидный межпланетный транспорт Земля-Марс-Земля или межзвездный транспорт галактический “панспермии” работают более эффективно, чем механизм независимого возникновения жизни. Если же, напротив, биохимии земной и марсианской жизни окажутся различными, то вероятность независимого возникновения жизни на отдельном планетном теле должна быть выше, чем вероятность ее переноса между планетными телами в Солнечной системе или в межзвездном пространстве. Наконец, самая интересная ситуация в астробиологии возникнет в том случае, если биохимические свойства марсианской жизни окажутся похожими на свойства какого-то отдельного домена ранних организмов на Земле — например, домена *архей*. В этом случае будет сделан вывод, что жизнь на Земле эволюционировала в результате синтеза и взаимодействия двух различных исходных форм, одной, независимо возникшей на ранней Земле, и другой, доставленной астероидами с раннего Марса.

Открытие каких-либо признаков существования жизни на раннем Марсе существенно обострит проблему “молчания Галактики”, вне зависимости от ее сходства или различия с формой жизни на Земле. Факт наличия жизни на двух соседних планетах одной планетной системы будет означать большую вероятность существования обитаемых планет в окрестности других звезд нашей Галактике. По опыту эволюции земной жизни можно ожидать, что эволюция биосфер на экзопланетах должна была бы приводить к возникновению развитых цивилизаций. Но тогда вопрос Ферми “Где они все?” превращается в парадокс. ИС в

своей последней работе [2] ответил на этот парадокс пессимистичным предположением о том, что приобретение разума является тупиковой ветвью эволюции жизни во Вселенной. Впоследствии эта пессимистическая идея ИС была переформулирована в терминах концепции “*Великого фильтра*”<sup>4</sup> [15], который не пропускает эволюционирующие формы жизни на уровень наблюдаемых высоко развитых цивилизаций. Таким образом, если будет установлено, что на Марсе существует или когда-то существовала жизнь, то из пессимистичной интерпретации факта “молчания Галактики” может следовать прогноз конечного времени жизни нашей цивилизации.

Я надеюсь, что поиск признаков жизни на Марсе окажется успешным, но предположение ИС [2] о тупиковом будущем нашей цивилизации все же не оправдается. Ведь согласно основной идее его выдающейся монографии [1], и Вселенная, и Жизнь, и Разум составляют три неразрывные части Единой Природы, где все взаимосвязано и все целесообразно. Вряд ли следует исключать Разум из этого единства. Альберт Эйнштейн сказал: “*Raffiniert ist Herrgott, aber boshaft ist er nicht*” (“Господь Бог изобретателен, но не злонамерен”). Может быть “Вселенная молчит” просто потому, что мы пока еще не научились слышать голос Разума? Или может быть в космосе действует “Галактическая цензура” так как мы еще слишком молоды, чтобы с нами захотели разговаривать?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. С. Шкловский, *Вселенная, жизнь, разум* (М.: Наука, 1962).
2. И. С. Шкловский, *Земля и Вселенная* № 3, 76 (1985).
3. D. A. Paige, M. A. Siegler, J. A. Zhang, P. O. Hayne *et al.*, *Science* **330**, 479 (2010).
4. W. C. Feldman, S. Maurice, A. B. Binder, B. L. Barraclough, R. C. Elphic, and D. J. Lawrence, *Science* **281**, 1496 (1998).
5. I. G. Mitrofanov, A. B. Sanin, W. V. Boynton, and G. Chin *et al.*, *Science* **330**, 483 (2010).
6. A. Colaprete, P. Schultz, J. Heldmann, D. Wooden *et al.*, *Science* **330**, 463 (2010).
7. W. F. Doolittle, *Scientific American* **282**, 90 (2000).
8. W. V. Boynton, W. C. Feldman, S. W. Squyres, T. H. Prettyman *et al.*, *Science* **297**, 81 (2002).
9. I. G. Mitrofanov, D. Anfinov, A. Kozyrev, M. Litvak *et al.*, *Science* **297**, 78 (2002).
10. W. C. Feldman, W. V. Boynton, R. L. Tokar, T. H. Prettyman *et al.*, *Science* **297**, 75 (2002).
11. G. A. Soffen, *Science* **194**, 4271 (1976).
12. V. Formisano, S. Atreya, Th. Encrenaz, N. Ignatiev, and M. Giuranna, *Science* **306**, 5702 (2004).
13. В. И. Вернадский, 1988: “*Философские мысли натуралиста*”, Москва, изд. “Наука”.
14. I. G. Mitrofanov, A. S. Kozyrev, D. I. Lisov, A. A. Vostrukhin *et al.*, *Astronomy Letters* **42**, 251 (2016).
15. N. Bostrom, *MIT Technology Review*, May/June issue, 72 (2008).

<sup>4</sup> <http://mason.gmu.edu/~rhanson/greatfilter.html>