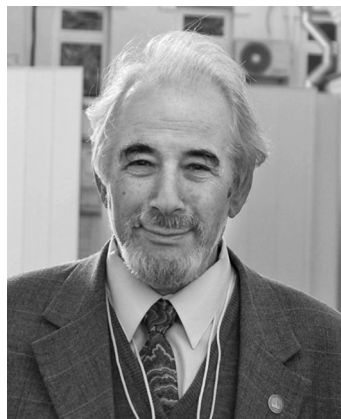


## Как произошла жизнь на Земле\*

ГИНДИЛИС Л.М.,  
кандидат физико-математических наук  
ГАИШ МГУ

---

***В статье дан обзор представлений о происхождении жизни на Земле от античности до наших дней. Прослеживается развитие гипотезы самозарождения, раскрываются современные теории, балансирующие между панспермией и предбиологической химической эволюцией.***



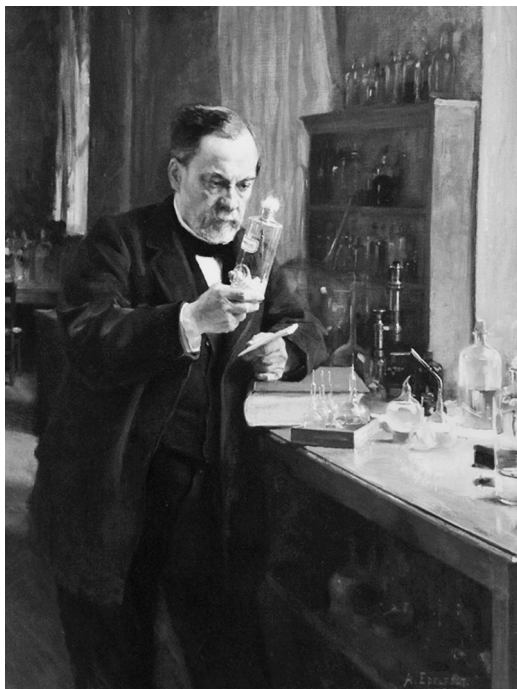
ОТ ТЕОРИИ САМОЗАРОЖДЕНИЯ  
ДО ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ

Научные гипотезы о происхождении жизни на Земле менялись с течением времени. Начиная с античности господствовало мнение о непрерывном самопроизвольном возникновении живых организмов из неживой материи – теория самозарождения жизни. Считалось, что черви, насекомые, жабы и другие существа появляются из грязи и гниющих продуктов, а мыши рождаются из пшеничных зерен. Такое мнение не было умозрительным, оно основывалось

на наблюдениях, но неправильно истолкованных, и просуществовало около 2 тыс. лет, со времен Аристотеля вплоть до эпохи Возрождения. Любопытно, что в Средние века идею самозарождения поддерживал и святой Фома Аквинский (1225–1274). Он полагал, что в этом процессе участвуют ангелы. Несостоятельность гипотезы самозарождения была доказана в опытах Франческо Реди (1626–1697), который установил, что живые организмы в гниющих продуктах рождаются из оплодотворенных яиц.

---

\* По материалам доклада на междисциплинарном коллоквиуме “Космические факторы эволюции биосферы и геосферы”. Москва, ГАИШ МГУ, 21–23 мая 2014 г.



*Луи Пастер в лаборатории. Художник А. Эдельфельт. 1877 г.*

Вновь эта идея возродилась в последней четверти XVII в. после открытия микроорганизмов. Считалось, что микроорганизмы – промежуточное звено между живой и неживой природой и могут самопроизвольно рождаться из неживого. Опыты с нагреванием питательной среды показали, что уничтоженные при кипячении микроорганизмы через несколько дней возрождались вновь. Обнаружить методическую ошибку в этих опытах удалось не сразу. Дискуссия о возможности самозарождения жизни растянулась более чем на столетие. В ней принимали участие Ж.Л. Гей-Люссак, Г. Гельмгольц, Дж. Тиндаль и другие известные ученые. И только эксперименты, блестяще выполненные в 1859–1862 гг. французским микробиологом Луи Пастером, поставили точку в вековом споре о самозарождении. Л. Пастер объяснил причину, вызывающую рост микроорганизмов в стерильном бульоне: ею яв-

ляются микробы, переносимые частицами пыли. Тем самым он доказал, что в мире микробов, как и среди высших организмов, любая форма жизни ведет свое происхождение от родительской формы.

**Как же появились первые организмы, как возникла жизнь на Земле?** Если оставаться в рамках научной методологии, исключая акт Творения, то приходится признать, что все многообразие живых организмов на Земле появилось в процессе эволюции из неких первичных простейших форм, скажем, одноклеточных прокариотов. Исследование земных пород обнаруживает, что чем дальше мы продвигаемся в глубь геологической истории, тем более простые организмы встречаются в земных породах. Древнейшие породы содержат лишь следы простейших микроорганизмов. По современному данным, жизнь на Земле появилась вскоре после ее образования как планетного тела, вероятно в первые сотни миллионов лет ее развития (от 4,1 до 3,9 млрд лет назад). Но есть данные о том, что, когда закончился процесс формирования нашей планеты, на ней уже присутствовала простейшая бактериальная жизнь. Тогда встает вопрос: жизнь на Земле развилась в процессе эволюции из простейших форм, а как появились эти простейшие формы? Существуют три возможности:

– случайное происхождение жизнеспособной формы (вероятностное чудо);

– простейшие организмы были занесены на Землю из космоса (гипотеза панспермии);

– они сформировались на ранней Земле в процессе предбиологической химической эволюции.

Могут иметь место и сочетания этих возможностей.

#### ПРЕДБИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ НА ЗЕМЛЕ

Для начала химической эволюции необходимы органические соединения и вода. Вода на Земле появилась около 4 млрд лет назад. Рассматриваются различные механизмы появле-



*Возможный вид поверхности одной из экзопланет, похожих на Землю. Рисунок А. Корецкого.*

ния воды на Земле, весьма популярная точка зрения – она была доставлена на Землю кометами. Недавно выдвинута гипотеза, что источником воды может быть и космическая пыль. В статье Дж. Брадлея с соавторами (2014) сообщается, что в частицах межпланетной пыли обнаружены пузырьки воды, образованные под действием солнечного ветра. При взаимодействии солнечного ветра с силикатами, входящими в состав пыли, высвобождаются атомы кислорода, которые немедленно вступают в реакцию с ионами водорода  $H^+$ , образуя молекулы воды. Межпланетная пыль непрерывно выпадает на поверхность Земли и может нести с собой молекулы воды.

Что касается органики, то, как показали эксперименты, начиная с классических опытов Г. Юри и его аспирантки С. Миллер, органические соединения в первобытной атмосфере Земли могли легко сформироваться под дей-

ствием УФ-излучения, ударных волн, радиоактивного распада и других источников энергии. В этих экспериментах были получены достаточно сложные биологически активные соединения, такие как аминокислоты, сахара и азотистые основания РНК. Другим источником органических соединений могут быть подводные вулканы, на что впервые обратил внимание доктор физико-математических наук Л.М. Мухин (1933–2009). Еще одним источником могут быть кометы, метеориты и, как отмечается в упомянутой работе Дж. Брадлея, космическая пыль. Подобные процессы должны происходить не только на Земле и вообще в Солнечной системе, но и в планетных системах других звезд.

Органические вещества в изобилии имеются в межзвездной среде, они входят в состав комет и некоторых типов метеоритов. Таким образом, формирование *мономеров* – основных

строительных блоков биохимии, из которых строятся макромолекулы, – не представляет собою проблемы. Что касается следующих шагов предбиологической эволюции, то здесь пока нет ясности. И.С. Шкловский в своей знаменитой книге “Вселенная, жизнь, разум” (последнее издание в 2006 г.) выделяет следующие этапы в процессе эволюции жизни:

- формирование малых молекул – мономеров;
- образование полимеров;
- появление каталитических функций;
- самосборка молекулы;
- возникновение мембран и доклеточная организация;
- возникновение механизма наследственности;
- образование живой клетки.

Сейчас достаточно ясен только первый этап и, в какой-то мере, ученые приблизились к пониманию второго, наметился прогресс в понимании, как возникли каталитические функции. Прочее остается пока неясным.

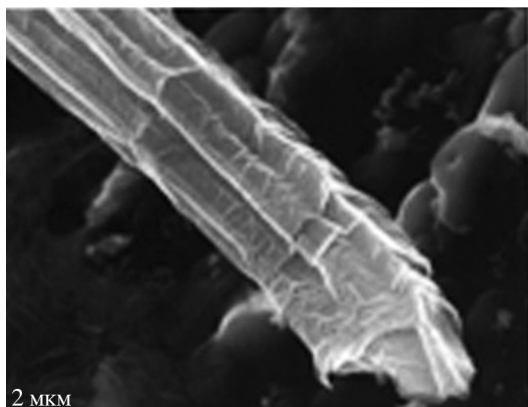
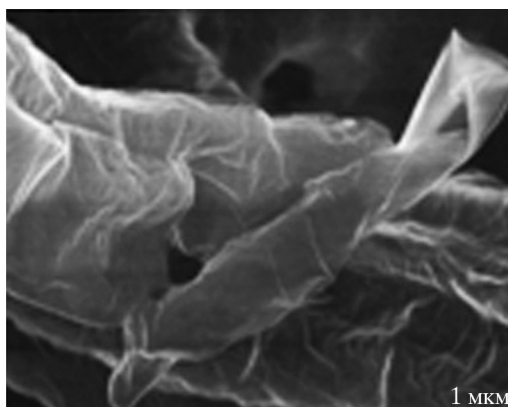
Одна из серьезных проблем – нарушение симметрии, гомохиральность. Речь идет о пространственной асимметрии живого вещества. Некоторые органические молекулы (в том числе молекулы аминокислот) могут существовать в двух формах, которые отличаются ориентацией отдельных группировок атомов. При этом группировка одной формы – зеркальное отображение другой, они получили название “левая” и “правая” форма. Существуют “левые” и “правые” аминокислоты. По своим химическим свойствам они совершенно идентичны, но пространственно их невозможно совместить. При синтезе белков в лаборатории всегда в равных количествах присутствуют обе формы, но белки, входящие в состав живых организмов на Земле, относятся только к “левой”. Хиральность (гомохиральность) – важнейший признак живого вещества, но как она возникает – неизвестно. Любая теория происхождения жизни должна объяснить хиральность. В последние годы важные результаты получил доктор физико-математических наук Г.Г. Манагадзе

(ИКИ РАН). В экспериментах с ударниками он показал, как может возникнуть хиральность в плазменном факеле ударной волны при метеоритном ударе. Так как некоторые метеориты несут с собой воду и простейшую органику, то здесь открывается возможность для предбиологической эволюции.

Современные представления о возникновении жизни радикально отличаются от тех, которые имели место даже пару десятилетий назад. Первое отличие состоит в представлении о том, *когда* возникла жизнь на Земле. В середине прошлого века господствовало представление, что после формирования Земли она в течение 2 млрд лет оставалась безжизненной. Считалось, что в течение этого времени на Земле шел процесс предбиологической химической эволюции и лишь спустя 2 млрд лет на Земле появились первые микроорганизмы. Отсюда возникло представление, что если на других планетах этот процесс занял более длительное в несколько раз время, то сложные организмы не успели на них возникнуть, и Земля в этом плане уникальна. Однако более поздние исследования показали, что одноклеточные организмы появились на Земле около 4 млрд лет тому назад, сразу после образования Земли как самостоятельного планетного тела (см., например, “Проблемы происхождения жизни”. М.: ПИН РАН, 2009). Другое отличие состоит в том, *где* возникла жизнь. В середине прошлого века господствовало представление, что жизнь возникла в первобытном океане, теперь считается, что она возникла в небольших водоемах. Важным элементом современных представлений о происхождении жизни является гипотеза о существовании древнего мира РНК как возможного предшественника жизни на Земле.

#### МИР РНК

Как отмечает академик А.С. Спирин, в течение длительного периода господствовало мнение о том, что биохимический катализ осуществляют только белки-ферменты. Поэтому все теории происхождения жизни основа-



*Псевдоморфозы по бактериальным нитям и цианобактериальным чехлам, обнаруженные в метеорите Оргей. По данным А.Ю. Розанова (Проблемы происхождения жизни. М.: ПИН РАН, 2009, с. 161).*

ны на том, что первичными в данном процессе являются белки, поскольку без них невозможен биохимический метаболизм. Но в 1980-х гг. были открыты каталитические функции РНК, что перевернуло все прежние представления об исключительной роли белков не только в происхождении жизни, но и в понимании самого феномена жизни. Обнаружены и другие функции РНК, в том числе способность, подобно белкам, создавать пространственные структуры. Таким образом, оказалось, что РНК – это уникальные биополимеры, которым свойственны как функции ДНК (кодирование), так и функции белков. Конечно, отмечает А.С. Спириин, белки делают это более эффективно, но они, в принципе, не способны к са-

мовоспроизведению. РНК содержит все необходимые предпосылки для точного воспроизведения ее собственной структуры. Следовательно, молекулы РНК могли существовать и самовоспроизводиться на древней Земле или других небесных телах до появления клеточных форм жизни. Гипотеза о том, что жизнь началась с молекул РНК и их ансамблей в настоящее время, как отмечает А.С. Спириин, считается “почти общепринятой”. В древнем мире РНК не было ни белков, ни ДНК, а лишь ансамбли различных молекул РНК, выполняющих разные функции, которые эволюционировали в клеточные формы жизни. А.С. Спириин описывает, как мог протекать такой процесс. В ту раннюю эпоху, около 4 млрд лет

назад, океанов на Земле еще не было. Процесс протекал в небольших водоемах – “дарвиновских лужах”. Существенную роль играл циклический процесс: периодическое подсушивание и затопление водоемов. Вопрос о том, как в “дарвиновских лужах” могла образоваться первая РНК, остается открытым. Весь путь эволюции, включая создание молекул РНК, и далее от колоний РНК до индивидуальных организмов с клеточной структурой, ДНК и аппаратом белкового синтеза должен был быть пройден за время от формирования Земли как планеты (около 4,5 млрд лет) до окончания метеоритной бомбардировки и появления первых клеточных организмов (примерно 3,9 млрд лет назад). А.С. Спиринов не исключает, что примитивные клеточные формы жизни могли быть занесены на Землю из космоса.

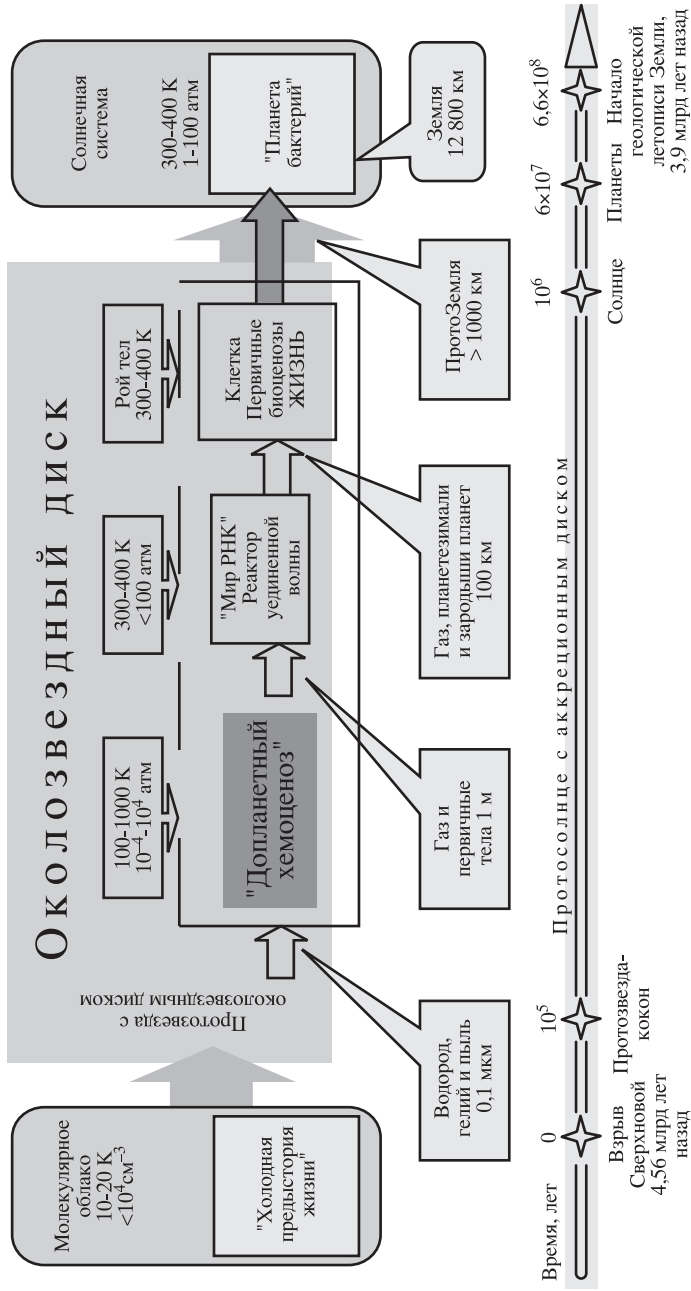
Возможные следы бактериальной жизни найдены в метеоритах. Они представляют собой фосилизированные (окаменевшие) формы, в которых органика замещена веществом окружающей породы с сохранением тончайших морфологических структур замещающих бактерий. Эти данные были получены в Палеонтологическом институте РАН под руководством академика А.Ю. Розанова и в NASA Р. Гувером. Окаменевшие структуры в метеоритах вполне подобны тем, которые обнаруживаются в земной коре, что облегчает их идентификацию как окаменевших бактерий (Земля и Вселенная, 1997, № 4). Обнаруженные остатки относятся к прокариотам (простейшим одноклеточным организмам, не имеющим клеточного ядра), но есть намеки на то, что среди них могут быть и эвкариоты (имеющие клеточное ядро). Обнаруживаются они только в углистых хондритах, в метеоритах других типов их нет. Возраст углистых хондритов превышает возраст Земли, это, по мнению А.Ю. Розанова, указывает на то, что, по крайней мере, прокариотная (а возможно, и эвкариотная) жизнь существовала в Солнечной системе еще до образования Земли. Мир РНК должен быть еще более древним. Интересны дан-

ные о происхождении жизни в процессе эволюции протопланетного диска.

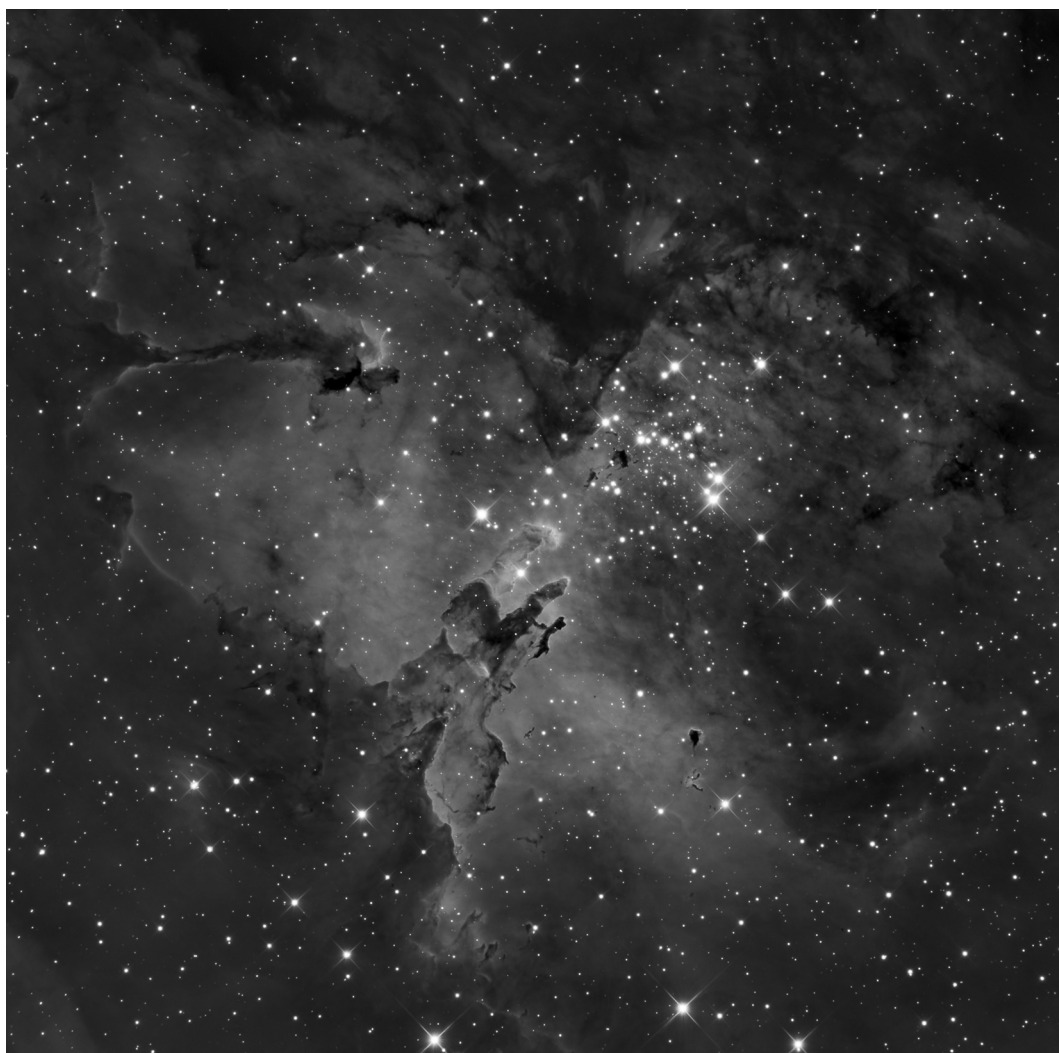
#### ЭВОЛЮЦИЯ ПРОТОПЛАНЕТНОГО ДИСКА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ

Протопланетные диски формируются в молекулярных газопылевых облаках. Основная часть вещества в них принадлежит молекулярному водороду  $H_2$ . Имеются молекулы воды и молекулы органических соединений.

Вращающееся облако сжимается, образуя центральное тело (протозвезду) и окружающий слой газа и пыли – протопланетный диск. Кандидат физико-математических наук В.Н. Снытников (Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН) выдвинул гипотезу эволюции протопланетного диска. Сжатие газа в диск ведет к повышению в нем температуры и концентрации пылинок. Такая среда с активными органическими соединениями и наночастицами пыли благоприятна для синтеза минералов, входящих в состав углистых хондритов, а также для синтеза слоистых силикатов и глин – эффективных катализаторов при синтезе органических соединений. Катализаторами выступают также металлоорганические соединения и сами органические молекулы. На данном этапе в протопланетном диске идет каталитический синтез органических соединений и катализаторов. В.Н. Снытников называет этот процесс астрокатализом. В дальнейшем, когда диск теряет газовую компоненту и превращается в тонкий субдиск, в нем идет синтез высокомолекулярных соединений. Возникают условия, максимально благоприятные для синтеза предбиологических соединений, который заканчивается формированием “мира РНК”. Дальнейшая эволюция протопланетного диска приводит к условиям, при которых начинается преобладать деструкция органических веществ. В этих условиях могли сохраниться только те соединения на поверхности тел, которые изолировались полимерной оболочкой. Весь биохимический процесс и его детали, признается В.Н. Снытников, малопонятны,



Сценарий происхождения жизни по В.Н. Снытникову.



*Молодое звездное скопление M16 (NGC 6611) и туманность Орла, расположенные в 7 тыс. св. лет от нас. Здесь находятся области звездообразования и протопланетные диски. Изображение получено в мае 2014 г. KTX. Фото NASA.*

но именно в нем происходит зарождение клетки. Образовавшаяся допланетная биосфера распространилась от Юпитера до Венеры. Свидетельством данного этапа, по мнению В.Н. Снытикова, могут быть микрофоссилии (окаменелости) бактерий, обнаруженные в метеоритах. На последнем этапе в протопланетном диске идет окончательное формирование планет. Оно заканчивается периодом интенсивной метеоритной бомбардиров-

ки, который для Земли длился около 600 млн лет. В период бомбардировки органические вещества разрушаются, представители биосферы гибнут. В таких жестких неблагоприятных условиях смогли выжить только те микроорганизмы, которые сформировали биоценозы, адаптирующиеся к изменяющимся внешним условиям. Период бомбардировки закончился 3,9 млрд лет назад образованием "планеты бактерий". С этого времени начи-

нается документированная геологическая история Земли.

Существуют и другие сценарии, где основная роль отводится процессам, происходящим внутри протопланетных тел. Согласно А.В. Витязеву, Г.В. Печерниковой (Институт динамики геосфер РАН), Солнце и окружающий его газопылевой диск сформировались в гигантском молекулярном облаке рядом с молодыми звездами классов O и B. Ультрафиолетовое излучение звезд обеспечило слабую хиральность в органических соединениях межзвездной пыли. Часть ее за орбитами 3–4 а.е. вошла в состав первых планетезималей. После плавления их недр в результате нагрева короткоживущими изотопами  $^{26}\text{Al}$  и  $^{60}\text{Fe}$  органика опустилась в ядро планетезималей. Это произошло в первые 3–4 млн лет, то есть задолго до того, как Солнце вышло на главную последовательность. Дальнейшая эволюция органических соединений протекала внутри этих планетезималей. Если она привела к возникновению жизни, то ее следует искать в кометных ядрах.

Доктор физико-математических наук В.В. Бусарев (ГАИШ МГУ) обращает внимание на то, что процесс происхождения жизни, который мог начаться и в межзвездной среде, для своего завершения нуждается в защите от жестких космических факторов и в необходимых условиях для появления жидкой воды и катализаторов. Эти условия могли реализоваться на планетных (или протопланетных) телах и/или в их недрах. Такими объектами в ранней Солнечной системе могли быть каменно-ледяные тела. В их недрах происходил распад короткоживущих изотопов, в первую очередь  $^{26}\text{Al}$  – основного энергетического источника для создания внутренней водной среды, в которой было возможно появление жизни. Подобные ранние процессы развития внутреннего океана, водной дифференциации и силикатно-органических ядер, по мнению В.В. Бусарева, должны были протекать на всех крупных каменно-ледяных телах Солнечной системы за границей конденсации водяного пара, в частности в зоне фор-

мирования Юпитера. В дальнейшем проникновение во внутренние области Солнечной системы происходило за счет взаимодействия с астероидами Главного пояса (столкновения, дробление).

Группа ученых (Лаборатория радиационной биологии ОИЯИ, Дубна и ряд итальянских университетов) получила важные, в плане предбиологической эволюции, результаты, о которых Э. ди Мауро и Е.А. Красавин рассказали 19 февраля 2014 г. на пресс-конференции в итальянском посольстве в Москве. В основе химических реакций, ведущих к предбиологическим соединениям, лежит молекула цианосодородной кислоты HCN, широко распространенная в межзвездной среде. Следующий шаг – производный от нее и воды формамид  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ , также широко распространенный в межзвездной среде. В проведенных экспериментах формамид подвергался облучению протонами, имитирующему воздействие галактических космических лучей. Получены разнообразные соединения, важные для предбиологической эволюции. Существенно, что в этих экспериментах в едином процессе тогда же были синтезированы соединения, необходимые для осуществления генетических и метаболических циклов. Тем самым было показано, как подчеркнул Э. ди Мауро, что генетика и метаболизм имеют общее происхождение; они используют одну и ту же химическую схему и появляются одновременно в одних и тех же физико-химических условиях. Также было установлено, что вещество метеоритов является активным катализатором этих процессов. Если это так, то катализатором может служить и космическая пыль.

Хотя в теории предбиологической эволюции достигнуты определенные локальные успехи, в целом проблема далека от решения. Важное достижение состоит в понимании того, что эволюция могла происходить не только на Земле или планетах земного типа, но и в межпланетной среде и в телах раннего протопланетного диска.



*Возможно, зародыши жизни переносятся метеоритами. Рисунок.*

#### ПАНСПЕРМИЯ

Идея заселения Земли из космоса родилась под впечатлением крушения теории самозарождения. В XIX в. считалось, что жизнь никогда и нигде не возникает, она существует вечно, подобно материи или энергии. “Зародыши жизни”, блуждая в мировом пространстве, время от времени попадают на подходящую по условиям планету и там дают начало биологической эволюции. Таких взглядов придерживались, в частности, такие крупные естествоиспытатели, как Г. Гельмгольц и У. Томсон. В начале XX в. теорию панспермии развил Сванте Аррениус (1859–1927). Вскоре она подверглась суровой критике, так как считалось, что споры и микроорганизмы должны погибать в межзвездной среде под действием УФ-излучения, жесткой (рентгеновской) радиации и космических лучей. Примерно во второй-третьей четверти XX в. теория панспермии считалась похороненной. Однако более позднее

детальное изучение показало, что споры и микроорганизмы могут сохраняться в центре межзвездных пылинок, не говоря уже о внутренних частях метеорных тел и комет. Наиболее устойчивы к космическим факторам вирусы и вириды. Эти новые данные привели в последней четверти XX в. к возрождению теории панспермии, чему способствовали и трудности, с которыми сталкивается теория происхождения жизни в результате химической эволюции.

Большой вклад в теорию панспермии внесли Ф. Хойл и Ч. Викрамасингх (Великобритания). В середине XX в., основываясь на спектрах межзвездной пыли, они выдвинули гипотезу, что межзвездная пыль в значительной мере состоит из бактерий, которые, подобно ядрам пылинок, окружены “шубой” из грязного льда, предохраняющей их от разрушения. Согласно новым идеям Ч. Викрамасингха (2011), это не живые бактерии, а их обломки. Ученый считает, что каждая обитаемая планета, подобно дереву, разбрасывающему

семена, выбрасывает в межзвездное пространство огромное число микроорганизмов, ничтожная доля которых – порядка  $10^{-24}$  – достигает подходящих планет и дает начало жизни на них. Большинство же бактерий разрушаются, и их обломки входят в состав межзвездной пыли. В противоположность господствующим представлениям о том, что органические соединения в межзвездной среде последовательно воспроизводят шаги, ведущие к жизни – от простейших соединений до более сложных типа полициклических ароматических углеводородов, Ч. Викрамасингх считает, что все обстоит как раз наоборот. Органические соединения в межзвездной среде можно выстроить в ряд – от обломков бактерий, вирусов и вироидов до соединений типа полициклических ароматических углеводородов и более простых. Скорее всего, в межзвездной среде протекают оба процесса: синтез органических соединений и распад микроорганизмов, вынесенных за пределы обитаемых планетных систем.

Несмотря на большое внимание, которое привлекает теория панспермии, надо признать, что она не решает проблему происхождения жизни, а лишь переносит ее с Земли на другие планеты. Как возникла жизнь на этих планетах, остается за рамками теории. В XIX в. считалось, что Вселенная вечна и неизменна. Поэтому в ней вечно, в тех или иных мирах, может существовать жизнь, откуда она и переносится на другие планеты. Исходя из современных представлений об эволюции горячей Вселенной и ее возникновении из сингулярного состояния, жизнь (по крайней мере, в ее молекулярной форме) не могла существовать в ранней Вселенной. Следовательно, если даже теория панспермии может объяснить происхождение жизни на той или иной планете (например, на Земле), она оставляет открытым вопрос о том, как же первоначально возникла жизнь во Вселенной – на каких-то первомирах, откуда она начала потом свое распространение.

Остается предположить, что жизнь произошла из неживой материи в ре-

зультате некоего случайного процесса. Маловероятно, что это произошло именно на Земле, но можно предположить, что такой процесс мог иметь место на одной из миллиардов планет во Вселенной, откуда жизнь распространилась затем на другие миры. Наиболее полный анализ проблемы выполнил В.А. Мазур (Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН, Иркутск) в 2010 г. Пусть в первобытном океане или “дарвиновской луже” случайно возник концентрированный раствор органических молекул – моносахаридов, липидов, аминокислот и нуклеотидов. Хаотическое тепловое движение этих мономеров привело к случайному синтезу первичной биологической макромолекулы, обладавшей способностью к саморепликации. Это запустило процесс развития клеточной жизни. Важно определить, какова вероятность случайного образования такой молекулы. Простые расчеты показывают, что она ничтожно мала не только в масштабах Земли, но и в масштабах всей видимой Вселенной за все время ее существования. Однако, согласно инфляционной космологии, видимая часть Вселенной составляет очень малую часть домена, образовавшегося в первоначальную эпоху экспоненциально быстрого раздувания Вселенной. Чрезвычайно большие размеры домена приводят к тому, что вероятность указанного синтеза на одной из планет в масштабах всего домена практически равна единице. Среднее расстояние между обитаемыми планетами в домене много меньше размера домена, но много больше размера горизонта видимой Вселенной. Поэтому вероятность создания еще одной первичной макромолекулы в видимой Вселенной практически равна нулю. Означает ли это, что Земля – одна из тех редких планет в домене, где возникла жизнь, и других обитаемых планет внутри горизонта Вселенной не существует? Такой вывод противоречил бы принципу Коперника – Бруно. Но если гипотеза панспермии справедлива, отмечает В.А. Мазур, то обитаемых планет внутри горизонта видимости может



*Дуб Боргер. Гравюра на дереве М.К. Эшера. 1919 г. Согласно Ч. Викрамасингху, обитаемая планета, подобно дереву, выбрасывающему семена, выбрасывает в межзвездное пространство огромное число микроорганизмов.*

быть много. Все они, в том числе и обитаемая Земля, должны быть продуктом панспермии одной, первоначально возникшей жизни. И тогда, очевидно, должны быть идентичны на молекулярном уровне. Неясным остается, как может происходить перенос жизни на расстояниях, намного превышающих горизонт Вселенной. По-видимому, единственный способ – использовать кротовые норы.

Гипотеза панспермии сталкивается с серьезными трудностями в связи с проблемой так называемых следовых элементов. В состав земных организмов помимо основных элементов (Н, С, N, P, S) входят в совершенно ничтожном количестве следовые элементы Mo, Mn, Si, F, Cu, Zn и некоторые другие. Концентрация их в бактериях, грибах, растениях и сухопутных животных тесно коррелирует с их концентрацией в морской воде. По мнению ряда ученых (например, Д. Голдсмит, Т. Оуэн), такая корреляция означает, что жизнь

на нашей планете появилась в земных морях, а не была занесена из космоса. Проблема следовых элементов снимается, если происходит перенос не живых микроорганизмов, а продуктов предбиологической эволюции. Тогда формирующаяся на Земле жизнь может использовать следовые элементы.

Такой процесс рассматривает в ряде работ А.Д. Панов (Земля и Вселенная, 2014, № 1). Он исходит из того, что жизнь на Земле образовалась практически сразу после ее сформирования и времени на предбиологическую эволюцию было слишком мало. На этом основании он делает вывод, что предбиологическая эволюция началась давно и протекала на других планетах земного типа около звезд много старше Солнца. А затем продукты предбиологической эволюции были перенесены на Землю. А.Д. Панов рассчитал время, в течение которого продукты предбиологической эволюции, за счет панспермии, распространяются на всю Галактику. Оно оказалось порядка 400 млн лет (два галактических года). Если на некоей планете в результате химической эволюции возникает удачная конкурентоспособная система, то за это время она распространится на все планетные системы Галактики. И если на какой-то из них начался свой процесс химической эволюции, продукты его будут подавлены занесенной из Космоса более конкурентоспособной системой – своего рода естественный отбор на уровне продуктов предбиологической эволюции. Такая модель приводит к увеличению вероятности происхождения жизни на много порядков по сравнению с предбиологической эволюцией на любой изолированной планете. Более того, в данной модели жизнь возникает на одной молекулярной основе, с единым генетическим кодом и с одной хиральностью практически одновременно на всех планетах, где созрели подходящие условия.

В 1981 г. В.С. Троицкий высказал гипотезу об одновременном однократном происхождении жизни в Галактике. Обосновывая свое предположение, он ссылается на то, что скачок от нежи-

вого к живому до сих пор остается непонятым и необъясненным. Еще более непонятно, почему мы должны считать, что такой скачок возможен всегда, независимо от стадии развития Вселенной. Скорее наоборот: формирование такой сложной формы организации, как жизнь, должно зависеть от фазы развития Вселенной. Например, можно предположить, что этот процесс происходит только при определенных свойствах пространства-времени, при определенном значении реликтового фона и других параметров. Гипотеза непрерывного возникновения жизни базируется на том, что жизнь связана только со структурой молекул, но, возможно, не меньшее значение имеет структура пространства-времени, определяющаяся состоянием расширяющейся Вселенной.

Соображения В.С. Троицкого весьма интересны, но они носят чисто умозрительный характер. Гипотеза А.Д. Панова о синхронном самосогласованном происхождении жизни в Галактике обосновывается более строго и совсем из иных соображений. Он обращает также внимание на то, что синтез сложных органических соединений может происходить не только на планетах, но и в молекулярных газопылевых облаках. Реальная предбиологическая эволюция, согласно А.Д. Панову, может быть результатом сложного взаимодействия процессов, происходящих в открытом космосе и на планетах. Поскольку продукты химической эволюции, как он показал, достаточно быстро разносятся по всей Галактике, то предбиологическая эволюция в молекулярных облаках также будет самосогласованной.

Для полноты картины следует упомянуть о гипотезе направленной панспермии, которую выдвинули в 1973 г. лауреат Нобелевской премии Ф. Крик и его коллега Л. Оргел. Согласно ей, жизнь занесена на Землю из космоса, но не в результате естественного процесса, а в результате сознательной деятельности высокоразвитых внеземных существ. Подобные мысли ранее высказали Дж. Холдейн и К.Э. Циолковский, который считал, что жизнь возникает самопроизвольно лишь на

некоторых планетах (в том числе на Земле). Когда разумные существа достигают высокого развития, они приступают к планомерному заселению Вселенной. В отличие от своих предшественников, которые исходили из общих умозрительных соображений, Ф. Крик и Л. Оргел пытались обосновать гипотезу направленной панспермии универсальностью генетического кода. Ведь в условиях спонтанного возникновения жизни путем химической эволюции множества молекул можно ожидать образования организмов с различными системами генетического кода. Между тем все живые организмы на Земле – от бактерий до человека – используют один и тот же универсальный генетический код. Гипотеза позволяет решить также проблему следовых элементов. Возможно, направленная панспермия действительно осуществлялась на уровне преджизни, то есть переносилась лишь управляющая программа, а для построения “тела” клетки использовались те элементы, которые есть в окружающей среде.

Подводя итоги, мы видим, что проблема происхождения жизни на Земле пока еще далека от решения. Идея случайного происхождения жизни на Земле (вероятностное чудо!) не имеет серьезных оснований и должна быть оставлена.

В противоборстве идей панспермии и химической эволюции ни у той, ни у другой нет решающего перевеса. Очень важной является концепция возникновения Мира РНК. Но механизм образования первой молекулы РНК и дальнейшие шаги к клеточным структурам пока не ясны. По мнению автора, чаша весов склоняется в пользу космического происхождения жизни. По крайней мере, если говорить не о происхождении жизни вообще где-то во Вселенной, а о происхождении жизни на Земле. Возможно, панспермия осуществляется на уровне продуктов предбиологической эволюции, которая начинается на одной из планет Галактики (или в межзвездной среде) и завершается на других планетах. Но это лишь одна из возможностей.