

Ливио и Шостака прекрасно описывают, как сочетание астрофизических, геологических и химических условий на ранней Земле привело к зарождению жизни. Авторы этой книги, глубокой и провокационной, затрагивают вечный вопрос: есть ли жизнь на других планетах? Хотите узнать ответ — придется прочитать книгу.

*Томас Р. Чек, нобелевский лауреат,
автор книги «Катализатор» («The Catalyst»)*

В книге «Код жизни» сведены воедино данные новейших исследований по двум вопросам: «Существует ли внеземная жизнь?» и «Как зародилась жизнь на Земле?» — и авторы доступно и увлекательно показывают, где ответы на них пересекаются. Такова величайшая миссия человечества — осознать свое место во вселенной. Всячески советуем прочитать эту книгу. Она уж точно уникальна.

*Адам Рисс, нобелевский лауреат, заслуженный профессор Блумберга,
Университет Джонса Хопкинса*

Книга «Код жизни» — завораживающее исследование происхождения жизни и вероятности ее зарождения вне нашей планеты. Глубокие соображения астрофизика Ливио и моего научного руководителя Шостака, лауреата Нобелевской премии, делают ее обязательным чтением для каждого, кто интересуется вселенной и нашим местом в ней.

*Дженнифер Даудна, нобелевский лауреат,
соавтор книги «Трещина в мироздании»
(совместно с Сэмюэлом Стернбергом)*

Мне еще не встречалось более четкого описания современных представлений о том, как живая материя возникла из простых химических соединений, в сопоставлении с перспективами обнаружить внеземную жизнь. Эти два вопроса входят в число величайших загадок науки, и читать эту книгу невероятно интересно.

*Венки Рамакришнан, нобелевский лауреат,
председатель Лондонского королевского общества с 2015 по 2020 год*

Как зародилась жизнь? Одиноки ли мы в космосе? Эти загадки веками завораживали нас. Но сегодня — и это так восхитительно — появились новые открытия и усовершенствованные научные приборы, которые позволяют добиться существенного прогресса на пути к ответу на эти вопросы. Любопытные читатели будут благодарны двум авторам этой книги, выдающемуся астрофизику и выдающемуся биохимику, за подробное, прозрачное и профессио-

нальное объяснение сути современной дискуссии в этой области и наших перспектив. Эта книга весьма своевременна и заслуживает самой широкой аудитории — ведь она показывает, как научная фантастика превращается в самую настоящую науку.

Мартин Рис, британский королевский астроном и автор бестселлера «Спасет ли нас наука» («If Science Is to Save Us»)

Наконец-то появилась научно-популярная книга о происхождении жизни, где естественно-научные основы этого вопроса разобраны до самых глубин. Бросайтесь в эти глубины — и вас ждет щедрая награда!

Джон Д. Сазерленд, член Лондонского королевского общества, обладатель медали Дарвина, Лаборатория молекулярной биологии при Совете медицинских исследований, Кембридж, Великобритания

Искусно выстроенное и познавательное путешествие по историческим вехам к переднему краю современной науки. Книга «Код жизни» — бесценное руководство для каждого, кто хочет разобраться во всех тайнах и загадках, связанных с зарождением жизни и возможностью ее существования вне Земли.

Сара Сигер, профессор физики, планетологии, воздухоплавания и астронавтики, Массачусетский технологический институт, США

Как геохимия юной Земли породила биохимию? Можно ли считать, что жизнь в космосе — явление обычное? В своей блистательной новой книге Ливио и Шостак подводят нас к порогу грядущих фундаментальных открытий, и лучших проводников на этом пути нам, безусловно, не отыскать. Эта глубокая, прекрасно написанная, восхитительно современная книга — увлекательное путешествие по истории науки последнего десятилетия, когда был достигнут головокружительный прогресс. Перед нами — «Код да Винчи» в мире научно-популярной литературы, от которого не оторваться с начала и до самого конца.

Димитр Сасселов, профессор астрономии Филлипса, Гарвардский университет, директор Гарвардской инициативы по изучению происхождения жизни

Ливио и Шостак представили полный и убедительный обзор всех данных о том, как могла зародиться жизнь и каковы шансы найти ее еще где-то во вселенной. Это великолепное сочетание химии и биологии зарождения жизни, о котором нам рассказывают один

из ведущих исследователей в этой области и астрофизик, автор научно-популярных бестселлеров. Они расскажут о череде восхитительных открытий в экзобиологии и о перспективах поисков внеземной жизни. Увлекательная и крайне познавательная книга для широкого круга читателей, которые ищут ответа на вопрос, одни ли мы во вселенной.

*Дж. Крейг Вентер,
руководитель рабочих групп по секвенированию
первого генома человека и созданию
первой синтетической клетки*

Уникальная книга об уникальном вопросе. Сейчас, в эпоху, когда астрономы поняли, что готовы наконец всерьез заняться поисками внеземной жизни, Ливио и Шостак предлагают нам прекрасно написанный и доступный путеводитель по главным проблемам в этой области исследований. Книга «Код жизни» подробно знакомит читателя с самыми важными открытиями на переднем крае науки, необходимыми, чтобы ответить на эти вопросы — от зарождения жизни до того, на каких планетах такое возможно. Обязательное чтение для каждого, кто интересуется вечным вопросом жизни и ее распространенности в космосе.

*Адам Франк, профессор астрофизики,
автор «Малой книги инопланетян» («The Little Book of Aliens»)*

Головокружительный полет по миру РНК и за его пределы в попытке ответить на главный вопрос о происхождении жизни: одиноки ли мы во вселенной?

*Джозеф Силк, астрофизик,
член Лондонского королевского общества и Национальной АН США,
автор книги «Обратно на Луну» («Back to the Moon»)*

МАРИО ЛИВИО
ДЖЕК ШОСТАК

КОД ЖИЗНИ

**КАК СЛУЧАЙНОСТЬ
СТАЛА БИОЛОГИЕЙ**



УДК 573.5
ББК 28.01
Л55

Mario Livio & Jack Szostak
IS EARTH EXCEPTIONAL?
THE QUEST FOR COSMIC LIFE

This edition published by arrangement with Basic Books, an imprint of Perseus Books LLC, a subsidiary of Hachette Book Group, Inc. USA via Igor Korzhenevskiy of Alexander Korzhenevski Agency (Russia). All rights reserved.

Перевод с английского Анастасии Бродоцкой
Научное редактирование к.ф.-м.н. А. М. Красильщикова,
л. Астрофизики высоких энергий ФТИ им. А. Ф. Иоффе;
к.х.н. А. А. Новикова, доц. РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

Ливิโอ М., Шостак Д.

Л55 Код жизни. Как случайность стала биологией / Марио Ливิโอ, Джек Шостак ; [пер. с англ. А. Бродоцкой]. — М. : КоЛибри, Издательство АЗБУКА, 2025. — 336 с. — (Научный интерес).

ISBN 978-5-389-23334-8

В книге «Код жизни» астрофизик Марио Ливิโอ и нобелевский лауреат, биохимик Джек Шостак мастерски соединяют последние научные открытия с захватывающим повествованием. Вы узнаете, как вспышки звезд, извержения вулканов и взаимодействия молекул предположительно создали первые клетки на Земле. Погрузитесь в мир РНК, протоклеток и удивительных химических превращений, которые привели к появлению жизни!

Однако Земля — не единственное место, где проводятся исследования: поиски внеземной жизни происходят не только на планетах и спутниках Солнечной системы, но и на далеких экзопланетах.

Эта книга — редкий случай, когда сложные научные концепции становятся понятными и увлекательными даже для неподготовленного читателя. Со свежими данными из передовых лабораторий авторы не просто дают ответы, но и вдохновляют на новые вопросы о нашем месте во Вселенной.

УДК 573.5
ББК 28.01

ISBN 978-5-389-23334-8

© Mario Livio and Jack Szostak, 2024
© Бродоцкая А. М., перевод на русский язык, 2025
© Издание на русском языке, оформление.
ООО «Издательство АЗБУКА», 2025
КоЛибри®

Глава I

Дикая химическая случайность или вселенский императив?

*Мы только сегодня ее нашли!
Это самый настоящий, живой детеныш –
живее некуда!¹*

Льюис Кэрролл «Алиса в Зазеркалье»

Повседневная жизнь приучила нас к тому, что направление психологической «оси времени» позволяет нам оценивать, изучать, обдумывать и вспоминать события прошлого. Так же ясно мы осознаем, что нельзя помнить будущее. Мы изо всех сил стараемся делать прогнозы, рассуждать о них, представлять себе будущее силой воображения. Как изящно сформулировал поэт Халиль Джебран: «Потому что жизнь идет не назад и не дожидается Вчера»².

Есть некий парадокс в том, что, если речь заходит о феномене биологической жизни на Земле, мы прекрасно знаем, как Природа-Мать в конце концов, в далеком будущем, искоренит ее, но так и не выяснили, как именно она зародилась. Естественное уничтожение жизни в привычном нам виде (то есть не вызван-

¹ Цит. по: Кэрролл Л. Алиса в Стране чудес. Алиса в Зазеркалье / Пер. Н. Демуровой, пер. стихов С. Маршака. М.: Азбука, 2024.

² Цит. по: Джебран Х. Пророк / Пер. И. Зотиковой. М.: Радуга, 1989.

ное самоубийственными действиями нынешнего доминирующего вида) произойдет в результате относительно изученных и предсказуемых астрофизических и атмосферных процессов (если не произойдет непредсказуемых космических катастроф вроде падения астероида или близкого гамма-всплеска, который приведет к нашей безвременной гибели).

Например, мы знаем, что примерно через пять миллиардов лет, когда наше Солнце раздуется до немыслимых размеров и превратится в красный гигант, Земля сторит и, возможно, будет поглощена расширяющейся солнечной оболочкой. Сложная многоклеточная жизнь вымрет значительно раньше, примерно через миллиард лет, поскольку биосфера Земли все это время будет чахнуть из-за повышения температуры на поздних стадиях эволюции Солнца.

С другой стороны, само *происхождение* жизни до сих пор окутано завесой тайны. Хотя в понимании строительного материала биологии достигнут колоссальный прогресс, мы до сих пор не знаем, что именно привело к спонтанному возникновению жизни и как так вышло, что внезапно появились самые первые клетки. Как остроумно заметил британский химик Джон Сазерленд: все, что можно сказать о судьбоносном моменте, когда химия породила биологию, можно было бы написать берлинской лазурью, содержащей цианидные группы, поскольку цианид, как мы увидим, сыграл важнейшую роль в возникновении жизни.

С тайной происхождения жизни тесно связан другой вопрос, который занимал человечество по крайней мере со времен древнегреческих пифагорейцев: одиноки ли мы во вселенной? Или же, если переформулировать его более современно и практично: так ли густо населена наша Галактика, как убеждают нас всевозможные научно-фантастические произведения? Иначе говоря, нам хочется узнать, удастся ли человечеству почувствовать себя не таким одиноким за время своего краткого пребывания в галактике Млечный Путь.

Поскольку один из нас — астрофизик, а другой — химик и биолог, мы оба интересовались этими космическими загадками на протяжении всей научной карьеры. Да, данные вопросы занимали нас, но довольно долго мы довольствовались лишь

праздными умозаключениями, поскольку до самого последнего времени считалось, что к ответам мы в принципе не сможем даже приблизиться на протяжении своей жизни, а иногда их и вовсе считали псевдонаучными или относили к категории «слишком сложных».

В последние тридцать лет ситуация резко изменилась. Попытки ответить именно на эти вопросы — как зародилась жизнь на Земле и одиноки ли мы в галактике Млечный Путь — стали предметом самых оживленных, динамичных и передовых научных исследований.

Примечательно, что ответы на них строятся на третьем вопросе, сформулировать который относительно просто. Определен он очень четко, а получить ответ вполне возможно (по крайней мере в принципе): *какова вероятность зарождения жизни на поверхности потенциально обитаемой планеты?*

Этим вопросом занимались две совершенно разные и во многом независимые научные дисциплины. Во-первых, это современные лабораторные исследования, цель которых — определить, возможно ли возникновение биологии из чистой химии. Во-вторых, это астрономия, которая во многом посвящена поискам явных признаков жизни на других планетах и спутниках, как в Солнечной системе, так и вокруг других звезд. Обе дисциплины сегодня вызывают существенный интерес и вдохновляют целые сообщества ученых энтузиастов на упорные исследования. В сущности, поиски жизни на планетах вокруг других звезд, помимо Солнца, называемых экзопланетами, стали сейчас общей целью астрономического сообщества США, и это подчеркивалось в докладе, выпущенном Национальной академией естественных наук, инженерного дела и медицины в ноябре 2021 года. В этих изысканиях принимаем посильное участие и мы, авторы, каждый в своей области.

Одна из главных мыслей нашей книги состоит в том, что изучение происхождения жизни на Земле и поиски жизни вне Земли состоят в теснейших симбиотических отношениях. Успех в одной области подарит самые перспективные данные для другой и даст сильнейший стимул для исследований в ней. Причина очевидна. Если мы сумеем выявить, как жизнь зарождается из химических реакций в лаборатории, значит,

велика вероятность, что именно так поступает и Природа, имеющая в распоряжении богатейший арсенал всевозможных сред и практически бесконечный запас времени, причем, возможно, не в одном месте в космосе, а в нескольких, в том числе в нашей родной галактике Млечный Путь. Более того, если бы мы сумели полностью восстановить последовательность событий, процессов и смены условий, которая привела к возникновению жизни на Земле, нам удалось бы гораздо лучше определить, насколько вероятно, чтобы жизнь спонтанно возникла на других планетах и спутниках. Следовательно, все эти находки смогли бы направлять нас в наших поисках внеземной жизни.

С другой стороны, если бы астрономические наблюдения показали, что внеземная жизнь достаточно распространена, это существенно подкрепило бы нас в убеждении, что биохимический путь к созданию жизни точно существует. Это убеждение, в свою очередь, сильно мотивировало бы нас еще упорнее искать правильные первоначальные условия, вещества-предшественники, необходимые источники энергии и ту сеть химических реакций, которые послужили бы предпосылками для возникновения жизни. В более широком смысле всестороннее изучение задач, имеющих отношение как к происхождению жизни, так и к поискам ее вне Земли, дает уникальную возможность развивать самый широкий спектр научных областей и дисциплин — от астрономии и геологии до химии и биологии.

Здесь нужно принять во внимание еще одно важное обстоятельство. Мы знаем, что ко многим сферам и обстоятельствам применим так называемый принцип «ноль-один-бесконечность». То есть либо что-то вообще невозможно, либо это такая редкость, что встречается только в одном экземпляре, либо можно ожидать появления очень большого количества экземпляров. Если будет обнаружена какая-то форма инопланетной жизни, полностью независимая от земной (такое событие называют «Второе происхождение»), то резонно предположить (по принципу «ноль-один-бесконечность»), что примеров жизни во вселенной практически бесконечно много.

В нашей книге рассказана история этих двух увлекательных параллельных научных направлений: цель одного из них — найти путь от неживых химических соединений к живым в ла-

боратории, цель другого — открыть внеземную жизнь. Ученые, которые ведут эти исследования, постоянно сотрудничают друг с другом, иногда соперничают (кто первым достигнет цели), но неизменно увлечены своим делом, и их открытия дополняют друг друга в стремлении решить загадки, лежащие в основе самой природы человека: откуда мы взялись, почему мы здесь и одиноки ли мы во вселенной. Иначе говоря, пусть наши слова прозвучат излишне пафосно, но все же мы скажем, что конечная цель этих исследований — в буквальном смысле понять, каково наше происхождение и место в этом древнем, огромном, запутанном мироздании.

Что такое жизнь?

Хотя вопросы «Как появилась жизнь?» и «Существует ли внеземная жизнь?» терзают человечество с древнейших времен, на протяжении письменной истории почти все полагали, что ответ на первый вопрос крайне прост: «Ее создал Бог». Более того, вплоть до начала XIX века даже ученые были твердо убеждены, что живые существа наделены каким-то полумистическим витализмом, который отличает их от неодушевленного вещества. А вот второй вопрос тысячелетиями вызывал споры и провоцировал самые безумные спекуляции в попытках доказать или опровергнуть идею «множественности обитаемых миров». К примеру, еще в I веке до н. э. римский поэт-эпикуреец Тит Лукреций Кар писал:

...остается признать неизбежно,
Что во вселенной еще и другие имеются земли,
Да и людей племена и также различные звери¹.

Очевидным переломным моментом в этой теоретической схватке стало появление гелиоцентрической модели Коперника: она не только заставляла совершенно по-новому представить себе место и значимость Земли в мироздании, но и позволяла

¹ Цит. по: Тит Лукреций Кар. О природе вещей / Пер. Ф. Петровского. М.: Азбука-Аттикус, 2019.

выстроить реалистичную картину мира, в рамках которой существование других миров, подобных Земле, становилось как минимум представимым. В конце XVI века итальянский монах-доминиканец и философ Джордано Бруно проработал и обобщил идеи Коперника, тогда еще новаторские, и, как известно, заключил, что «в космосе существует бесчисленное множество созвездий, солнц и планет; мы видим только солнца, поскольку они дают свет; планеты остаются невидимыми, так как они малы и темны. Существует также неисчислимое множество земель, вращающихся вокруг своих солнц, не хуже и не меньше нашей сферы»¹. Пророческое воображение Бруно предвосхищало современную науку и увлекало его еще дальше: «Никакой логический разум не может предположить, что небесные тела, гораздо великолепнее нашего, не могут нести на себе существ, подобных тем, кто обитает на нашей человеческой земле, и даже превосходящих нас». Трагедия в том, что за упорство, с которым Бруно защищал другие неортодоксальные этические и богословские идеи, тогда считавшиеся еретическими, 17 февраля 1600 года его сожгли на костре по приговору инквизиции.

В XVII веке о множественности миров заговорили и другие мыслители. Выдающиеся ученые, в том числе астрономы Иоганн Кеплер и Христиан Гюйгенс, а также другие влиятельные интеллектуалы, например французский ученый и писатель Бернар ле Бовье де Фонтенель, открыто отстаивали существование внеземной жизни. Когда Галилео Галилей открыл четыре спутника Юпитера, Кеплер сразу же заключил: «Вывод очевиден. Наша Луна существует для нас, жителей Земли, а не для других небесных тел. Эти четыре маленькие луны существуют для Юпитера, а не для нас. Каждой планете с ее обитателями служат ее собственные спутники. Следуя таким логическим рассуждениям, мы заключаем, что Юпитер с высокой вероятностью обитаем». Сам Галилей, с другой стороны, довольно агностически относился к множественности миров и был осторожен в высказываниях: «Я со своей стороны не утверждаю, что жизнь на иных планетах существует, но и не отрицаю этого, предоставляя решать тем, кто мудрее меня».

¹ Здесь и далее, если не сказано иное, перевод Анастасии Бродоцкой.

Одновременно с голосами, отстаивающими множественность обитаемых миров, звучали и не менее громкие голоса, отрицавшие существование внеземной жизни. Возражения строились главным образом на том, что сама идея существования обитателей иных планет была чревата неприятными последствиями для некоторых доктрин католической церкви. Отрицатели указывали на всякого рода клерикальные головоломки наподобие «Если на других планетах существуют люди, произошли ли они тоже от Адама и Евы?» и «Был ли Иисус Христос и их Спасителем?»

Если учесть, какой громадный авторитет имели религиозные идеи на протяжении почти всей истории человечества, не стоит удивляться, что как вера в витализм, так и идея, что жизнь должна существовать по всему космосу, изначально основывались не на научных, а на богословских аргументах. Идея витализма в целом вдохновлялась буквальным толкованием библейского текста: «И создал Господь Бог человека из праха земного [курсив наш], и вдунул в лицо его дыхание жизни, и стал человек душою живою»¹. Аристотель также настаивал, что душа «есть сущность... тела, обладающего в возможности жизнью»². Точно так же на основании религиозных убеждений некоторые мыслители XIX века настаивали на существовании внеземных обитаемых миров, поскольку иначе получалось, что Творец впустую тратил силы на безбрежные просторы космоса.

В XX веке философы и ученые, склонные к философствованию, предпринимали множество попыток *определить* жизнь. Даже Эрвин Шрёдингер, один из основателей квантовой механики, в 1944 году опубликовал книжку под названием «Что такое жизнь?»³, которая вдохновила ученых искать химические основы наследственности. Однако в целом попытки определить жизнь привели к тому, что определений было почти столько же, сколько их авторов. Молекулярный биофизик Эдуард Трифонов собрал коллекцию из 123 определений многих

¹ Цит. по: Библия. Книги Священного Писания Ветхого и Нового Завета. Бытие 2:7.

² Цит. по: Аристотель. О душе / Пер. Э. Радлова, П. С. Попова, Е. В. Алымовой. М.: Издательство АСТ, 2021.

³ Шрёдингер Э. Что такое жизнь? / Пер. К. Егоровой. М.: Издательство АСТ, 2018.

исследователей и, изучив их лексику, в 2011 году выдвинул, по его словам, идеальное консенсусное определение: «Жизнь есть самовоспроизводство с изменениями». Астробиологический отдел НАСА предпочитает более раннее определение, хотя оно, как и большинство других, вызвало значительные споры: «Жизнь — самоподдерживающаяся химическая система, способная эволюционировать по Дарвину». Здесь нас, однако, интересует не универсальное определение жизни. Мы чувствуем, что в целом дискуссия о том, что есть жизнь, не особенно приблизила нас к пониманию происхождения жизни. Она привела к путанице, неизбежной, когда одно слово используют для описания множества совершенно разных явлений. На самом деле, как нам видится, главное — найти, какая последовательность событий привела к появлению биологической жизни в условиях молодой планеты. Задача описать этот неуловимый маршрут становится еще сложнее, если учесть, что на сегодня нам известен лишь один пример жизни во всей вселенной — жизнь на Земле. Жизнь в других местах в принципе может приобретать формы, которые мы не узнаем и, вероятно, даже не способны себе представить.

Чтобы продвинуться в этом направлении, биологи выявили несколько важнейших составляющих, без которых жизнь, по-видимому, невозможна, и небольшое число свойств, характерных по крайней мере для всех форм земной жизни (и необходимых для их существования). Необходимые ингредиенты — это 1) источник энергии, чтобы питать метаболические реакции, 2) жидкий растворитель, способствующий этим и другим реакциям, и 3) питательные вещества, необходимые для создания биомассы.

Свойства, характерные для жизни на Земле, таковы: 1) живая ткань состоит из клеток, 2) способна производить метаболизм (то есть собирать и запасать энергию и вещества из своего окружения и использовать их для роста и размножения), 3) задействует катализаторы, которые вызывают и ускоряют химические реакции, и 4) содержит в себе информационную систему. Последнее свойство означает, что жизнь может воспроизводить собственные характеристики и способна эволюционировать по Дарвину: у нее есть химические инструкции, как действовать, и ин-

формация, которую можно передать следующему поколению. Короче говоря, жизнь в нашем понимании должна каким-то образом бесповоно соединять в себе четыре подсистемы: компартиментализацию (клетки), метаболизм, катализ и генетику.

Все исследователи происхождения жизни согласны, что эти черты присущи всем живым существам на Земле, однако в течение нескольких десятков лет те же самые исследователи спорили, причем подчас непримиримо, по поводу того, можно ли считать какое-то из этих свойств самым фундаментальным, и если да, то какое. А точнее, какая из этих черт должна была появиться на Земле первой, чтобы жизнь могла возникнуть? Как мы вскоре убедимся, именно эту загадку удалось решить в последние два десятка лет — и решение вышло несколько неожиданным.

Книга жизни

В пьесе Оскара Уайльда «Женщина, не стоящая внимания» лорд Иллингворт заявляет: «Книга Жизни начинается с мужчины и женщины в саду». «А кончается Откровением», — парирует миссис Оллонби¹.

Несмотря на сильную религиозную и эмоциональную приверженность идее, что жизнь предполагает какое-то волшебство или божественное вмешательство, к началу XIX века мнения начали меняться. Шаг в сторону освобождения жизни от потребности в «жизненной силе», непостижимой для науки, был предпринят в 1828 году, когда немецкий химик Фридрих Вёлер случайно синтезировал мочевины — вещество, которое содержится в моче и возникновение которого до этого считалось возможным только в живой материи — из обычных химических реактивов. В полном восторге от того, что ему удалось имитировать природу в лаборатории, Вёлер, склонный к экзальтации, написал своему учителю и коллеге химику Йёнесу Якобу Берцелиусу: «Я больше не могу, так сказать, держать в себе свои химические воды и должен сообщить вам, что создал мочевины без

¹ Цит. по: Уайльд О. Пьесы. Перевод с английского и французского / Пер. Н. Дарузес. М.: Государственное издательство «Искусство», 1960.

посредства почки, ни человеческой, ни собачьей: мочеви́на — не что иное, как цианат аммония»¹.

Сопоставимый по масштабам скачок в понимании биологии произошел с появлением дарвиновской теории эволюции путем естественного отбора. Сама теория Дарвина обходила вопрос о происхождении жизни в принципе — она ничего не говорит о том, как возникли первые живые организмы, — однако в 1871 году Дарвин в письме своему другу Джозефу Далтону Хукеру высказал некоторые соображения о том, как могла появиться жизнь на Земле. Как известно, он писал: «Если бы (и о, как велико это «если бы») мы могли представить себе, что в теплом озерце со всякого рода солями аммония и фосфорной кислоты, где достаточно света, тепла, электричества и т. п., возникло в результате химических реакций какое-то белковое соединение, которое претерпит дальнейшие сложные изменения, сегодня такое вещество мгновенно было бы съедено или поглощено, но этого не случилось бы, если бы такое произошло прежде, чем образовались живые существа!»

Мудрое предсказание Дарвина интересно по целым пяти причинам. Во-первых, оно полностью избавляет нас от всякой потребности в сверхъестественном вмешательстве при возникновении жизни. Во-вторых, оно предполагает, что жизнь зародилась «в теплом озерце», а это представление, как мы вскоре увидим, поразительным образом соответствует нашим современным представлениям. В-третьих, в нем указано, что необходимые (потенциально) ингредиенты для создания живой материи — это соли аммония и фосфаты (соединения, содержащие азот и фосфор), и это опять же невероятно проницательно. В-четвертых, в нем говорится, что важную роль в химических реакциях, которые привели к зарождению жизни, должно сыграть «белковое соединение». А в-пятых, чтобы не сложилось впечатление, будто живые организмы могут появляться спонтанно, когда заблагорассудится, Дарвин подчеркивает, что условия, в которых возникли первые формы жизни, сегодня уже невозможны.

¹ Это, конечно же, на самом деле не так: Вёлер пытался получать цианат аммония, который изомеризовался в мочеви́ну при нагревании. Собственно цианат аммония он смог получить два года спустя взаимодействием сухого аммиака с циановой кислотой. — *Здесь и далее, если не сказано иное, примечания научных редакторов.*

Такая мысль — что жизнь — это не более чем комбинация сверхсложных химических систем — поначалу отпугивала очень многих. Жизнь, говорили эти скептики, устроена слишком хитроумно, чтобы возникнуть в результате случайных процессов, подчиняясь одним лишь законам физики и химии. А следовательно, даже среди тех, кто в принципе был готов смириться с химическим происхождением жизни, находилось немало таких, кто по-прежнему думал, что для этого требовалось какое-то невероятно редкое стечение обстоятельств — иначе все компоненты первых живых клеток не очутились бы одновременно в одном болотце.

Представление о внезапном возникновении сложных систем из хаотичного первичного бульона, содержащего простые химические вещества, подкреплялось еще и тем, как головокружительно сложно устроена вся клеточная жизнь на нашей Земле в наши дни. А самое обескураживающее в этом хитросплетении — то, что все части и процессы живой материи зависят от всех других частей и процессов, причем по кругу. Например, сложный метаболизм нужен для выработки биохимических веществ, которые нужны для синтеза ферментов, служащих катализаторами реакций... самого метаболизма! Подобным же образом молекулы нуклеиновых кислот ДНК и РНК необходимы для кодирования информации, описывающей синтез белков, рабочих лошадок живой материи, которые нужны для выработки... да, вы верно догадались, ДНК и РНК. Все еще усложняется тем, что для исполнения задач всем этим молекулам требуются клеточные мембраны, удерживающие все молекулы-участницы поблизости друг от друга. Однако клеточные мембраны состоят из гидрофобных соединений, так называемых липидов, а липиды синтезируются белковыми ферментами. Такая самозамкнутая, рекурсивная деятельность (напоминающая знаменитую гравюру Эшера, на которой две руки рисуют друг друга) так характерна для самых основ современных живых организмов, что многие годы казалось, будто потребовалось какое-то чудо, чтобы перекинуть мостик через пропасть между случайной смесью химических веществ и высокоорганизованной структурой живой клетки. Даже в 1981 году Фрэнсис Крик, один из первооткрывателей двойной спиральной структуры ДНК, подчеркивал,

что «честный человек, вооруженный всеми доступными нам на сегодня знаниями, может лишь утверждать, что возникновение жизни в то время — это практически чудо, ведь столько условий требовалось выполнить, чтобы оно состоялось».

Нет нужды говорить, что такое отношение к зарождению жизни на Земле — как к какой-то дикой химической случайности — привело к крайне мрачным и пессимистическим оценкам вероятности, что мы обнаружим жизнь еще где-нибудь. В конце концов, возникновение жизни — переломный момент, знаменующий превращение экзопланеты из просто «пригодной для обитания» в действительно обитаемую. В результате лишь очень немногие астрономы в пятидесятые и даже в начале шестидесятых годов прошлого века осмеливались признаваться, что верят в существование внеземной жизни как таковой — а особенно разумной.

В конце шестидесятых маятник качнулся в другую сторону. Сначала это произошло в области биологии и химии. И все равно, чтобы преодолеть понятийные барьеры, воздвигнутые убеждением, будто возникновение жизни в результате химических реакций практически невысказуемо, потребовалось целых два открытия, удостоенных Нобелевской премии, а также тотальный пересмотр наших представлений о происхождении жизни.

Первое открытие касается определения структуры особой молекулы РНК, так называемой транспортной РНК, или тРНК, участвующей в синтезе белков. Сложная трехмерная фигура, которую очерчивает нить этой нуклеиновой кислоты, вызвала у научного сообщества настоящее потрясение. В отличие от ДНК, относительно безликой и довольно жесткой — это просто двойная спираль с равномерной структурой, — РНК оказалась молекулой, состоящей из одной нити, затейливо скрученной, почти как белок. Химик из Корнельского университета Роберт Холли, который первым исследовал последовательность тРНК и изучал ее двумерную химическую структуру, получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 1968 году совместно с Харом Гобиндом Кораной из Висконсинского университета и Маршаллом Ниренбергом из Национальных институтов здоровья. Вскоре после этого Аарон Круг из Кембриджского совета по медицинским исследованиям и Александер Рич из Массачу-

сетского технологического института описали неожиданную трехмерную свернутую структуру РНК.

Несколько ученых, в том числе сам Фрэнсис Крик и британский химик Лесли Орджел, быстро поняли, что может следовать из такой поразительной структуры. Она означает, что РНК может работать как фермент, биологический катализатор — точь-в-точь как белки. Затем Орджел выдвинул революционную идею, что первые живые организмы на Земле вполне могли обходиться вообще без ДНК и белков. Он предположил, что жизнь началась с одной только РНК! В то время это было смелое предположение, и идея, что РНК могла одновременно и нести в своей последовательности информацию, и катализировать химические реакции (прежде биологи считали, что это прерогатива исключительно белковых ферментов), была для большинства ученых абсолютно неудобоваримой. Лишь двадцать лет спустя химик Томас Чек и молекулярный биолог Сидни Олтмен совершили еще один научный подвиг, удостоенный Нобелевской премии, и действительно открыли РНК-ферменты (рибозимы). Это была судьбоносная вежа, которая совершенно перевернула представления о происхождении жизни.

Открытие Чека и Олтмена означало, что РНК в принципе способна действовать как фермент и катализировать *даже собственную репликацию*, а это дарило надежду найти ответ на большой вопрос о курице и яйце. Внезапно мы получили возможность представить себе примитивную клетку, которая была куда проще любой ныне существующей. В такой гипотетической «протоклетке» молекулы РНК играли двойную роль — и несли генетическую информацию, и служили клеточными ферментами, обеспечивая основные функции клетки. А главное — в число этих функций входила репликация генетической информации. Согласно пересмотренному сценарию, ДНК и белки можно было считать более поздним «изобретением» эволюции, созданным специально для хранения информации и катализа химических реакций соответственно. Соблазнительное предположение, что когда-то в истории жизни все было проще и РНК одновременно играла все главные роли в ансамбле важнейших клеточных актеров — была и курицей, и яйцом, — получила название «Гипотеза мира РНК».

Со стороны астрономии прогресс поначалу несколько отставал, зато потом помчался вперед с головокружительной скоростью. Речь идет о том, что 6 октября 1995 года астрономы Мишель Майор и Дидье Кело объявили, что обнаружили первую планету, обращающуюся вокруг солнцеподобной звезды вне Солнечной системы. Неудивительно, что в 2019 году они получили за свое революционное открытие Нобелевскую премию по физике.

Парад пригодных для обитания планет?

Было бы справедливо сказать, что за последние 30 лет мы заметно приблизились к ответу на вопрос о множественности обитаемых миров, однако он все еще остается открытым.

К осени 2023 года астрономы открыли более 5500 *экзопланет* более чем в 4100 планетных системах. Более чем в 930 из этих систем обнаружено две и больше планеты. Кроме того, найдено более 7400 кандидатов в экзопланеты, открытых в первую очередь космическими телескопами Кеплер и TESS¹, и их статус ожидает подтверждения. Только представьте себе! Всего каких-нибудь 30 лет назад астрономия не знала ни одной планеты, которая обращалась бы вокруг других звезд, а сегодня достигнут такой колоссальный прогресс, и в нашей сокровищнице их многотысячные россыпи. Простая статистическая логика позволяет сказать, что наша галактика Млечный Путь буквально кишит планетами.

А что еще интереснее, по оценкам астрофизиков, по меньшей мере каждая пятая звезда размером с Солнце или меньше содержит планету размером с Землю в своей так называемой *обитаемой зоне* (а может быть, такие планеты встречаются у каждой третьей звезды или даже чаще). Обитаемая зона — это та самая «зона Златовласки»², кольцо вокруг звезды, находящееся как раз на таком расстоянии, чтобы температура на планете,

¹ «Transiting Exoplanet Survey Satellite» (англ.) — «Транзитный спутник для исследования экзопланет». — *Прим. ред.*

² Имеется в виду отсылка к английской сказке «Златовласка и три медведя» (аналогична русской «Три медведя»). Героиня сказки Златовласка пользуется вещами трех медведей, из которых одна оказывается слишком большой, другая — слишком маленькой, а третья — в самый раз.

Научно-популярное издание / Танымал ғылыми басылым

Научный интерес

Ливио Марио, Шостак Джек

КОД ЖИЗНИ

Как случайность стала биологией

Ответственный редактор *Арина Миронова*

Научные редакторы *Александр Красильщикова, Андрей Новиков*

Дизайнер обложки *Михаил Левыкин*

Технический редактор *Ксения Кочурина*

Корректоры *Полина Шевнина, Ольга Ануфриева*

Верстальщик *Виктор Демин*

На авантитуле использовано изображение по лицензии Shutterstock, Inc.

Подписано в печать / Баспаға қол қойылды 18.08.2025.

Формат 72×100¹/₁₆. Гарнитура «Book Antiqua».

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 27,3.

Тираж 3000 экз. W-SCI-32286-01-R. Заказ № .

Изготовитель: ООО «Издательство АЗБУКА» – обладатель товарного знака Колибри 115093, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Даниловский, пер. Партийный, д. 1, к. 25 Тел. (495) 933-76-01, факс (495) 933-76-19 E-mail: sales@atticus-group.ru	Өндіруші: «АЗБУКА Баспасы» ЖШҚ – Колибри тауар белгісінің иесі 115093, Мәскеу, қ. ш. аум. Даниловский муниципалдық округі, Партийный т.ш., 1-үй, к. 25 Тел. (495) 933-76-01, факс (495) 933-76-19 Эл. поштасы: sales@atticus-group.ru
Филиал ООО «Издательство АЗБУКА» в г. Санкт-Петербурге 191024, Санкт-Петербург, Херсонская ул., д. 12–14, лит. А Тел. (812) 327-04-55 E-mail: trade@azbooka.spb.ru	Санкт-Петербург қаласындағы «АЗБУКА Баспасы» ЖШҚ филиалы 191024, Санкт-Петербург, Херсон көшесі, 12–14 үй, лит. А Тел. (812) 327-04-55 Эл. поштасы: trade@azbooka.spb.ru
www.azbooka.ru; www.atticus-group.ru	www.azbooka.ru; www.atticus-group.ru

Отпечатано в России. Ресейде басып шығарылған.

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ
о техническом регулировании можно получить по адресу:
<https://certification.atticus-group.ru/>.

Техникалық реттеу туралы РФ заңнамасына сай басылымның сәйкестігін
растау туралы мәліметтерді мына адрес бойынша алуға болады:
<https://certification.atticus-group.ru/>.

Знак информационной продукции (Федеральный закон № 436-ФЗ от 29.12.2010 г.)
Ақпараттық өнім белгісі (29.12.2010 ж. № 436-ФЗ федералдық заң)

