

РЕЦЕПТ БОГА:

ИСТОРИЯ САМОГО ДРЕВНЕГО МИРА

СКЕПТИКИ СРАВНИВАЮТ ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАРОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ С УРАГАНом, КОТОРЫЙ ПРОНЕССЯ НАД СВАЛКОЙ ЗАПЧАСТЕЙ И ИЗ ОБЛОМКОВ СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ ВДРУГ СОБРАЛ НОВЫЙ БОИНГ. НО, КАК ЭТО ЧАСТО БЫВАЕТ, НЕВЕРОЯТНОЕ КАЖЕТСЯ НАМ НЕВЕРОЯТНЫМ ЛИШЬ ИЗ-ЗА НЕЗНАНИЯ ФАКТОВ

Текст
АЛЕКСЕЙ РЖЕШЕВСКИЙ





1

Первые живые организмы появились на Земле как минимум около 4 миллиардов лет назад. В 2013 году ученые нашли в геологической формации Исуа (Гренландия) возрастом 3,8 миллиарда лет графит со следами древних бактерий. Признаки жизни постоянно обнаруживаются в таких отдаленных временах, куда только ученые способны дотянуться своими инструментами. Но каким образом из случайных молекул могла зародиться жизнь?

ШАГ 1. РАСТОПИТЕ ЛЕД

Как и другие планеты Солнечной системы, Земля сформировалась из газопылевого облака около 4,6 миллиарда лет назад, и в тот момент условия на ней были малопригодны для какой-либо жизни. Десятки миллионов лет планета обращалась вокруг Солнца холодной бессмысленной глыбой, но вода, необходимое условие жизни, на ней уже была — в составе твердых пород в виде гидроокислов. Какую-то часть воды (лед) могли принести на Землю метеориты и кометы, активно бомбардировавшие нашу планету в этот «холодный» период.

Чтобы растопить лед и выпарить воду из недр, понадобилось разлучить два главных земных минерала — кремний и железо. Тяжелое железо постепенно отделялось от кремния и оседало вглубь Земли, формируя ядро планеты. Это оседание железа, в свою очередь, вызвало мощные вулканические процессы, которые и образовали гидросферу. Началось формирование водоемов с жидкой водой.

Но расплавить лед — это только полдела. Необходимо, чтобы вода оставалась жидкой. Нам повезло: Земля оказалась именно на таком расстоянии от Солнца, на котором вода не испаряется, как на Венере, и не замерзает, как на Марсе. Солнце обеспечило первобытной Земле необходимую для жизни температуру. А дальше начались химические эксперименты природы, которые и привели к отправной точке зарождения жизни — появлению молекулы РНК.

- 1 Колония бацилл, палочковидных бактерий
- 2 Астробиолог Линн Ротшильд зондирует бактериальный мат в озере
- 3 Геотермальные поля — вероятная колыбель жизни



2

ШАГ 2. ВЫНЕСИТЕ БУЛЬОН НА СОЛНЦЕ

Эксперименты Джона Сазерленда, Мэтью Поунера и Беатрис Жерлан, биологов из Манчестерского университета дают основания полагать, что главная роль в ранних процессах зарождения жизни была отведена формамиду — простому соединению атомов углерода, кислорода, водорода и азота. В течение нескольких дней британцы облучали ультрафиолетом смесь разнообразных химических соединений, растворенных в формамиде. В результате она чудесным образом «очистилась» от всех лишних «неправильных» нуклеотидов, остались лишь урацил и цитозин — два нуклеотида, входящие в состав РНК. Ультрафиолет уничтожил все лишнее и оставил только самое ценное.

Этот эксперимент подтвердил высказанную ранее российскими биологами гипотезу о том, что ультрафиолет на юной Земле не только выступал в качестве источника энергии для химических реакций, но и служил инструментом отбора. Миллиарды лет назад ультрафиолетовое излучение было гораздо мощнее, чем сегодня, — в атмосфере древней Земли еще не было защитного озонового слоя. Как теперь известно, кроме нуклеотидов из формамида при нагревании и облучении могут образовываться также и аминокислоты — полный набор для создания жизни.



3

МАТЕМАТИКА

Неизбежное невероятное

Чарлз Кокелл, директор Центра астробиологии Великобритании, пару лет назад скептически оценил вероятность обнаружить жизнь на далекой планете. Она складывается из вероятностей: а) возникновения жизни на потенциально обитаемой планете, б) охвата биомассой всей планеты, в) производства этой биомассой специфических веществ-маркеров, г) существования этих веществ в достаточно больших количествах. Даже если каждая из четырех вероятностей составляет около 10 процентов, то мы можем ожидать в среднем один обитаемый мир на 10 000 обнаруженных, что в 10 раз больше известного числа экзопланет. Но Кокелл еще оптимист по сравнению с биологом Евгением Куниным, оценившим вероятность возникновения жизни в 10^{-1018} , то есть как исчезающе малую. За эту цифру сразу ухватились креационисты (выступающие за идею творения, а не самозарождения жизни), однако сам Кунин подчеркивает, что в бесконечной Вселенной зарождение жизни «в то же самое время и неизбежно, несмотря на то, что в любой ее точке исключительно маловероятно».

ШАГ 3. ПОСТАВЬТЕ В ПАРОВАРКУ

Весь XX век среди биологов господствовало мнение, что жизнь зародилась в океане, в «первичном бульоне», где свободно плавали органические вещества, ставшие основой для клеток. Эта версия поставила ученых перед неразрешимой загадкой, получившей название натрий-калиевого парадокса. Первым его сформулировал еще в 1904 году канадский ученый Арчибальд Макаллум. Дело в том, что для нормального синтеза белков в живой клетке нужно много калия и мало натрия. Чтобы откачивать натрий из клетки, в мембраны клеток животных встроены ионные натрий-калиевые насосы — весьма непростые механизмы. На их работу живые организмы, в том числе и человек, тратят почти половину всей энергии. Между тем в океане очень много натрия (в 40 раз больше, чем в клеточной цитоплазме). Как в нем могла появиться первая клетка?

Возможный ответ был предложен биофизиком Арменом Мулкиджаняном и его коллегами. Они предположили, что первые клетки возникли не в океанах, а в богатой калием среде, и обратили внимание на особые горячие источники — геотермальные поля, где под действием вулканических процессов из-под земли выходит горячий пар. Российские геохимики обследовали такие поля на Камчатке и обнаружили то, что искали: среду с богатым содержанием калия и почти без натрия.

Кроме калия геотермальный пар несет кремниевые соединения, сероводород и ионы переходных металлов, таких как железо, цинк и марганец. На древней Земле эти соединения должны были взаимодействовать между собой и осаждаться, образуя пористые структуры. Их ячейки могли служить природными инкубаторами для самых первых организмов.

Нам повезло: Земля оказалась именно на таком расстоянии от Солнца, на котором вода не испаряется, как на Венере, и не замерзает, как на Марсе. Солнце обеспечило первобытной Земле необходимую для жизни температуру



1

Также геотермальный пар выносит на поверхность образующиеся при высокой температуре в глубинах Земли органические молекулы, в частности жирные кислоты, — то, из чего состоят мембраны клеток.

Наконец, именно в геотермальных полях создаются наилучшие условия для концентрации формамида. Геотермальный пар содержит цианид, который, связываясь с водой, превращается в формамид. Из отдельных фрагментов, как из кусков мозаики, сложился образ «колыбели» первой жизни на Земле.

ШАГ 4. ДАЙТЕ ПОДНЯТЬСЯ

Около 4 миллиардов лет назад на Земле появились первые одноклеточные организмы, бактерии и археи. И те и другие относятся к прокариотам, то есть не имеют ядра, однако они имеют разную эволюционную родословную.

Биолог Евгений Кунин сделал анализ геномов всех известных бактерий и архей тех времен и обнаружил у них несколько десятков общих белков. Это могло означать только одно: у самых первых бактерий и архей, а также у клеток животных, произошедших от архей, был общий предок, «прародитель» всех клеток на Земле.

Его назвали *LUCA* (*Last Universal Cellular Ancestor*), последний общий клеточный предок. *LUCA* был очень коммуникабельным и «дружелюбным» существом. Он еще не научился жить самостоятельно и существовал в сообществе себе подобных — в своеобразном клеточном «общезитии», замкнутой экосистеме с общими биологическими циклами. Там эти древние клетки обменивались друг с другом через проницаемые мембраны необходимыми веществами, белками и метаболитами.

Что было до *LUCA*, ученые пока сказать не могут. Ясно, что *LUCA* были не первыми клетками, так как они достаточно сложны. Например, они содержали рибосомы (внутриклеточные органеллы, где происходит синтез белка), состоявшие из нескольких десятков специальных белков и РНК. Известно также, что геном *LUCA* был достаточно большим для того времени, около миллиона пар нуклеотидов (такой же, как и у некоторых современных бактерий).

1 Австралийские строматолиты — ископаемые остатки цианобактериальных матов

2 Колония архей *Methanosarcina*, выделяющих метан

3 Астрохимик Макс Бернштейн воссоздает в лаборатории условия открытого космоса, при которых могла бы возникнуть жизнь



2

Свой особый путь развития выбрали первые геномные паразиты — вирусы. Они образовались еще до *LUCA*, и сегодня все известные науке вирусы обладают общим набором генов, которых нет у клеток. Вирусы существовали обособленно друг от друга, но, проникнув в «общего врага» — клетку, активно обменивались генами, усиливая и обогащая своих собратьев. Таким образом они поступают и по сей день.

ШАГ 5. ХОРОШО ПЕРЕМЕШАЙТЕ

Бактерии, археи и вирусы полновластно правили Землей около двух миллиардов лет, пока не появились эукариоты — клетки с ядром, содержащим

У самых первых бактерий и архей, а также у клеток животных, произошедших от архей, был общий предок, «прародитель» всех клеток на Земле



ДНК, а также сложной организацией. По времени появление клеток-эукариот совпало с «кислородной революцией» — резким повышением содержания кислорода в атмосфере Земли. Вызвана эта «революция» была тем, что железо стало меньше взаимодействовать с кислородом (окисляться им), осаждаясь и опускаясь вглубь недр в виде железных руд. Кислород, производимый цианобактериями, стал накапливаться и поначалу чуть не убил все живое на Земле.

В условиях стресса одноклеточные начинают активно заглатывать все подряд из внешней среды. Спасаясь от кислорода, который был ядом для первых клеток, археи активно поглощали ДНК соседей. Начался симбиогенез — активный обмен генами между археями и бактериями. Археи становились все сильнее, приобретая необходимые для выживания свойства.

Археи обитали в нижних слоях «бактериального мата», сообщества одноклеточных организмов. Этажом выше жили пурпурные фотосинтезирующие бактерии, которые приспособились к кислороду, освоив аэробное дыхание. Вскоре археи-фагоциты поглощали соседей. Так в клетке из поглощенных бактерий образовались митохондрии, представляв-

шие собой крохотные заводы по производству энергии.

Попутно с этим археи-пожиратели столкнулись с новой малознакомой опасностью — внедрением в них геномных паразитов, вирусов и мобильных элементов. Чтобы противостоять им, археи окружили свой геном «защитой» — так появилось ядро с ДНК. Большую группу генов, ответственных за размножение (а по одной из версий, и само ядро), первые эукариоты получили от вирусов.

ШАГ 6. ОСТАВЬТЕ БРОДИТЬ

Эукариотическая клетка, взяв самое лучшее от бактерий, вирусов и архей, постепенно приобретает современный вид. После этого эволюция выходит на прямую дорогу, самый сложный и долгий период ею уже пройден. Жизнь развивается по сценарию, основы понимания которого были заложены Дарвином и который состоит из трех пунктов: наследственность, изменчивость, отбор. И ей остается пройти последний отрезок — путь длиной в 1,5 миллиарда лет до «кембрийского взрыва», появления первых сложных многоклеточных организмов. А затем еще около 500 миллионов — до появления человека. 🌐