

Жизнь на Земле возникла благодаря физическим и химическим реакциям и развивалась в процессе естественного отбора.

Прежде чем приступить к обсуждению эволюции, едва ли не самого важного понятия в науках о жизни, мне хотелось бы напомнить вам одну мысль, высказанную во Введении. Слово «теория» в научном понимании не обязательно подразумевает отсутствие уверенности в рассматриваемых представлениях. Вопреки обычаям и исторически сложившемуся значению этого слова, многие теории (включая теорию относительности) на самом деле относятся к наиболее широко признанным составляющим научного мировоззрения.

В настоящее время реальность эволюции уже не подвергает сомнению никто из серьезных ученых, хотя существует несколько конкурирующих теорий, каждая из которых предлагает свой вариант развития событий. В этом отношении эволюция аналогична гравитации. Существует несколько теорий гравитации — закон всемирного тяготения Ньютона, общая теория относительности и, в один прекрасный день, возможно, появится универсальная теория. Однако существует *факт* тяготения — если вы уроните любой предмет, он упадет. Подобно этому существует факт эволюции, несмотря на то, что споры ученых по частным вопросам теории продолжаются.

Если обсуждать историю жизни на Земле, то следует рассмотреть две стадии, на каждой из которых события были обусловлены двумя разными принципами. На первой стадии процессы химической эволюции на древнейшей Земле привели к образованию первой живой клетки из неорганических материалов. На второй стадии потомки этой живой клетки развивались в разных направлениях, порождая многообразие жизни на планете, которое мы наблюдаем сегодня. На этой стадии развитие определял принцип естественного отбора.

### Химическая эволюция

Человеческая мысль лишь сравнительно недавно обогатилась представлением о том, что мы можем понять процесс организации неживых материалов, в результате которого образуются простые живые системы. Важной вехой на пути к этому представлению был поставленный в 1953 году эксперимент Миллера—Юри, впервые показавший возможность возникновения основных биологических молекул в результате самых обычных химических реакций. С тех пор ученые предложили много других путей, по которым могла идти химическая эволюция. Некоторые из этих идей перечислены ниже, но важно помнить, что до сих пор нет единого мнения о том, какой из этих путей может быть верным. Одно мы знаем точно: что один из этих процессов или другой процесс, до которого еще никто не додумался, привел к возникновению первой живой клетки на планете (если только жизнь не возникла в другом месте — представление о *панспермии* обсуждается

я в главе Кислоты и основания).

*Первичный бульон.* В результате процессов, воспроизведенных в эксперименте Миллера—Юри, в атмосфере образовались молекулы, упавшие с дождем в океан. Здесь (или, возможно, в водоеме, образованном приливом) неизвестный пока процесс привел к организации этих молекул, породивших первую клетку.

*Первичное нефтяное пятно.* Процессы Миллера—Юри могут давать начало *липидам*, молекулы которых спонтанно образуют маленькие сферы (вы часто видите такие каплевидные образования на поверхности супа). В каждой сфере собрано случайное число молекул. Один из миллионов пузырьков на поверхности океана мог содержать правильный набор молекул с точки зрения энергии и материалов, и мог поделиться пополам. Такой могла бы быть первая клетка.

*Мир РНК.* Одна из проблем эволюционной теории связана развитием системы кодирования, основанной на использовании молекул РНК ( *см. также* Центральная догма молекулярной биологии). Проблема в том, что белки закодированы на ДНК, но для того чтобы прочесть записанный ДНК код, нужна активность белков. Недавно ученые открыли, что РНК, которая в настоящее время участвует в преобразовании записанного на ДНК кода в белки, может также выполнять одну из функций белков в живых системах. Похоже, что образование молекул РНК было важнейшим событием в развитии жизни на земле.

*Океанический путь.* В условиях огромного давления, господствующего на дне океана, химические соединения и химические процессы могут быть совсем не такими, как на поверхности. Ученые изучают химизм этой среды, который, возможно, мог способствовать развитию жизни. Если ответ на этот вопрос будет положительным, то жизнь могла зародиться на дне океана и позднее мигрировать на сушу.

*Автокаталитические комплексы.* Эта концепция ведет начало от теории сложных саморегулирующихся систем. Согласно этому предположению, что химизм жизни не развивался ступенчато, а возник на стадии первичного бульона.

*Глиняный мир.* Первой моделью жизни могли быть не химические реакции, а

статические электрические заряды на поверхности глины, покрывающей океанское дно. По этой схеме сборка сложных молекул жизни происходила не в результате случайных комбинаций, а благодаря электронам на поверхности глины, удерживающим небольшие молекулы вместе во время их сборки в более крупные молекулы.

Как вы видите, в идеях о способах развития жизни из неорганических материалов недостатка нет. Однако до конца 1990-х годов происхождение жизни не являлось приоритетной областью науки, никто особенно не стремился разобраться с этими теориями. В 1997 году НАСА включила исследования происхождения жизни в список своих основных задач. Я надеюсь, что уже вскоре ученые смогут создать в своих лабораториях простые организмы, похожие на те, которые могли существовать на нашей планете 4 миллиарда лет назад.

### Естественный отбор

После появления на планете первого способного к воспроизведению живого организма жизнь «переключила скорость», и дальнейшие изменения направлял естественный отбор. Большинство людей, используя термин «эволюция», подразумевают именно естественный отбор. Представление о естественном отборе ввел английский натуралист Чарльз Дарвин, опубликовавший в 1859 году свой монументальный труд *О происхождении видов путем естественного отбора или сохранении благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь*

. Идея естественного отбора, к которой независимо от Дарвина пришел Алфред Рассел Уоллес (Alfred Russel Wallace, 1823–1913), основана на двух положениях: 1) представители любого вида в чем-то различаются между собой, и 2) всегда существует конкуренция за ресурсы. Первый из этих постулатов очевиден для каждого, кто наблюдал за любой популяцией (включая популяцию людей). Некоторые представители крупнее, другие быстрее бегают, окраска третьих позволяет им оставаться незаметными на фоне среды обитания. Второй постулат отражает прискорбный факт из жизни мира природы — рождается значительно больше организмов, чем выживает, и таким образом, происходит постоянная конкуренция за ресурсы.

Вместе эти постулаты приводят к интересному выводу. Если некоторые особи обладают особенностью, позволяющей им успешней конкурировать в условиях определенной среды — например, развитая мускулатура хищников позволяет им успешнее охотиться — то для них увеличиваются шансы дожить до взрослого состояния и оставить потомство. И их потомство, вероятно, унаследует эту особенность. Пользуясь современной терминологией, мы скажем, что особи с высокой вероятностью передадут потомству гены, отвечающие за быстрый бег. С другой стороны, для плохих бегунов вероятность выжить и оставить потомство ниже, поэтому их гены могут и не перейти к следующему поколению. Поэтому в поколении «детей» особей с «быстрыми» генами будет больше, чем в поколении «родителей», а в поколении «внуков» — еще больше.

Таким образом признак, повышающий вероятность выживания, в конце концов распространится по всей популяции.

Этот процесс Дарвин и Уоллес назвали естественным отбором. Дарвин находил в нем сходство с искусственным отбором. Люди используют искусственный отбор для того чтобы выводить растения и животных, обладающих желаемыми признаками, отбирая для этого половозрелые особи и допуская только их до скрещивания. Если люди могут делать это, рассуждал Дарвин, то почему не может природа? Для возникновения разнообразия видов, которое мы наблюдаем на планете сегодня, более чем достаточно улучшенной выживаемости особей с адаптивными признаками в последовательных поколениях и на протяжении длительного периода времени.

Дарвин, сторонник доктрины униформизма, понимал, что образование новых видов должно происходить постепенно — различия между двумя популяциями должны усиливаться все больше и больше, до тех пор, пока скрещивание между ними не окажется невозможным. Позднее ученые обратили внимание на то, что эта закономерность не всегда соблюдается. Вместо этого вид в течение длительного времени остается неизменным, затем внезапно меняется — этот процесс называется *периодическим равновесием*

. Действительно, изучая ископаемых, мы видим оба варианта видообразования

, что не кажется странным с высоты современных представлений о генетике. Теперь нам понятна основа первого из двух перечисленных постулатов: на ДНК различных особей записаны различные версии одного и того же гена. Изменение ДНК может иметь совершенно разные последствия: от полного отсутствия эффекта (если изменение затрагивает участок ДНК, не используемый организмом) до громадного эффекта (если изменится ген, кодирующий ключевой белок). После того как ген изменится, что может сказаться постепенно или немедленно, действие естественного отбора будет направлено либо на то, чтобы распространить этот ген во всей популяции (если изменение полезное), либо на то, чтобы уничтожить его (если изменение вредное). Другими словами, скорость изменения зависит от генов, но когда такое изменение уже произошло, именно естественный отбор определяет направление изменений в популяции.

Как любая научная теория, теория эволюция должна была получить подтверждение в жизни. Имеются три крупных класса наблюдений, подтверждающих эту теорию.

Ископаемые свидетельства

После гибели растения или животного останки обычно рассредоточиваются в

окружающей среде. Но иногда некоторые из них могут погрузиться в почву, например, в ил при наводнении, и оказаться недоступными для разложения. Со временем, по мере того как ил будет превращаться в горную породу (см. Цикл преобразования горной породы) медленные химические процессы приведут к замещению кальция в скелете или других твердых частях тела минеральными веществами, содержащимися в окружающей породе. (В редких случаях условия оказываются такими, что могут сохраниться и более мягкие структуры, например, кожа или перья). В конце концов этот процесс завершится образованием идеального отпечатка оригинальной части тела в камне — окаменелости. Все обнаруженные окаменелости вместе называют ископаемыми свидетельствами.

Возраст ископаемых составляет приблизительно 3,5 миллиарда лет — столько лет отпечаткам, найденным в бывших отложениях тины на древних австралийских скалах. Они рассказывают увлекательную историю о постепенном усложнении и расширении многообразия, которое привело к огромному разнообразию жизненных форм, населяющих сегодня Землю. Большую часть прошлой жизни была относительно простой, представленной одноклеточными организмами. Приблизительно 800 миллионов лет назад начали появляться многоклеточные жизненные формы. Поскольку их тело было мягким (вспомните медузу), от них почти не осталось отпечатков, и лишь несколько десятилетий назад ученые убедились в том, что они жили в ту эпоху, на основании оставленных в осадочных отложениях отпечатков. Приблизительно 550 миллионов лет назад появились твердые покровы и скелеты, и именно с этого момента появляются настоящие ископаемые. Рыбы — первые позвоночные животные, появились около 300 миллионов лет назад, динозавры начали вымирать приблизительно 65 миллионов лет назад (см. Массовые вымирания), и 4 миллиона лет назад в Африке появились ископаемые люди. Обо всех этих событиях можно прочитать в Летописи ископаемых.

### Биохимические свидетельства

У всех живых организмов на нашей планете одинаковый генетический код — мы все не более чем набор различной информации, записанной универсальным языком ДНК. Тогда можно ожидать, что если жизнь развивалась по описанному выше сценарию, то у современных живых организмов степень совпадения последовательностей ДНК должна быть различной, в зависимости от того, насколько давно жил их общий предок. Например, у человека и шимпанзе одинаковых последовательностей ДНК должно быть больше, чем у человека и рыбы, поскольку общий предок человека и шимпанзе жил 8 миллионов лет назад, а общий предок человека и рыбы — сотни миллионов лет назад. Действительно, анализируя ДНК живых организмов, мы находим подтверждения этого предположения: чем дальше друг от друга на эволюционном дереве находятся два организма, тем меньше сходства обнаруживается в их ДНК. И это вполне понятно, поскольку чем больше прошло времени, тем больше накопилось у них различий.

Использование анализа ДНК для того, чтобы открыть наши глаза на наше эволюционное

прошлое, иногда называют молекулярными часами. Это убедительнейшее доказательство теории эволюции. ДНК человека ближе к ДНК шимпанзе, чем к ДНК рыбы. Могло бы оказаться совсем наоборот, но не случилось. На языке философии науки, этот факт показывает, что теория эволюция *опровергаема* — можно представить себе исход, который указывал бы на ложность этой теории. Таким образом, эволюция не является так называемым креационистским учением, как бы основанным на библейской Книге бытия, поскольку нет таких наблюдений или экспериментов, которые могли бы осязаемо убедить креационистов в том, что их учение ложно.

### Несовершенство замысла

Хотя несовершенство замысла как таковое не является доводом в пользу эволюции, оно совершенно согласуется с картиной жизни, предложенной Дарвином, и противоречит представлению о том, что живые существа были созданы, уже имея особое предназначение в жизни. Дело в том, что для того чтобы передать гены следующему поколению, организму нужно быть не совершенным, а всего лишь настолько хорошим, чтобы успешно противостоять врагам. Следовательно, каждая ступень на эволюционной лестнице должна быть пристроена к предыдущей, и характеристики, которые могли быть благоприятствующими на одной из стадии, будут «заморожены» и сохранятся даже после того, как появятся более подходящие варианты.

Инженеры называют эту особенность QWERTY-эффектом (QWERTY — последовательность букв верхнем ряду почти всех современных клавиатур). Когда проектировали первые клавиатуры, основная цель заключалась в том, чтобы снизить скорость печати и не допустить зажимания клавиш механических пишущих машинок. Такая конструкция клавиатуры сохранилась до сих пор, несмотря на возможность использования производительных клавиатур.

Подобно этому особенности строения «закрепляются» на ранних стадиях эволюции и сохраняются в прежнем виде, несмотря на то, что любой современный студент-технарь справился бы с этой задачей лучше. Вот несколько примеров.

Глаз человека устроен так, что падающий свет превращается в нервные импульсы перед сетчаткой, хотя по такой схеме в глаз попадает не весь падающий свет.

Зеленый цвет листьев растений означает, что они отражают часть падающего на них света. Любому инженеру известно, что приемник солнечной энергии должен быть черного цвета.

В глубоких подземных пещерах обитают змеи, у которых глазницы находятся *под кожей*. Это имеет смысл, если предки этих змей жили на поверхности и нуждались в глазах, но лишено смысла для животных, созданных для подземной жизни.

В туловище китов есть маленькие кости задних конечностей. Сегодня эти кости абсолютно бесполезны, но их происхождение понятно, если предки китов когда-то жили на суше.

Неизвестно, какую функцию выполняет аппендикс у человека, хотя у некоторых травоядных животных аппендикс участвует в переваривании травы.

Эти свидетельства дополняют друг друга и настолько грандиозны, что не только давно убедили серьезных ученых в справедливости эволюционной теории Дарвина, но и являются стержнем любых разъяснений, касающихся функционирования живых систем на нашей планете.