

Содержание

Пролог	11
Глава 1 Всего два слова	15
Глава 2 Эмбриональные идеи	42
Глава 3 Дирижеры генома	76
Глава 4 Прекрасные монстры	110
Глава 5 Талант имитатора	145
Глава 6 Внутреннее поле битвы	168
Глава 7 Кости брошены	191
Глава 8 Слияния и поглощения	217
Эпилог	241
<i>Благодарности</i>	245
<i>Дополнительная литература и комментарии</i>	249
<i>Источники иллюстраций</i>	275
<i>Предметно-именной указатель</i>	277

Глава 1

Всего два слова

Некотрые люди находят себе тему для исследований в лаборатории или в экспедиции. Я свою нашел на одной картинке на экране.

В начале аспирантуры я посещал курс лекций одного заслуженного профессора о самых важных событиях в истории жизни. Это было страшно интересно, и меня сразу увлекли большие загадки эволюции. Темой для еженедельных обсуждений были разные эволюционные превращения. На одном из первых занятий профессор показал простую схему, отражавшую на тот момент, в 1986 году, наши знания о превращении рыб в сухопутных животных. В верхней части рисунка была изображена рыба, внизу — раннее ископаемое земноводное. От рыбы к земноводному вела стрелка. Мой взгляд ухватился не за рыбу, а именно за эту стрелку. Я посмотрел на рисунок и почесал голову. Сухопутная рыба? Как такое возможно? Это показалось мне превосходной научной загадкой, которой следовало заняться. Это была любовь с первого взгляда. Так началась сорокалетняя эпопея с путешествиями на оба полюса и по нескольким континентам в поисках окаменелостей, которые могли бы проиллюстрировать этот переход.

Но когда я пытался объяснить мою задачу родным и знакомым, я часто натыкался на странные взгляды и вежливые вопросы. Превращение рыбы в наземное существо подразуме-

вает формирование нового типа скелета с конечностями для ходьбы, а не для плавания. Кроме того, нужен новый способ дыхания — с помощью легких, а не жабр. Способы питания и воспроизводства тоже подлежат трансформации: питаться и откладывать яйца в воде и на суше — совсем не одно и то же. Буквально все системы организма должны измениться одновременно. Какая польза от ног для передвижения по суше, если животное не может есть, дышать и воспроизводиться? Переход к наземной жизни требует не какого-то одного изобретения, а сотен взаимосвязанных изобретений. И такая же сложность возникает при объяснении любого из тысяч других превращений в истории жизни — от обретения способности летать или ходить на двух ногах до происхождения тел и самой жизни. Мои поиски казались обреченными на неудачу с самого начала.

Решение этой дилеммы отражается в знаменитой фразе писательницы Лилиан Хеллман. Описывая свою непростую жизнь (в 1950-х годах она состояла в черном списке людей, подозревавшихся в антиамериканской деятельности), она однажды заметила: “Ничто, конечно же, не начинается в тот момент, когда вы думаете, что оно началось”. Этой фразой, сама того не подозревая, она описала суть одной из самых мощных эволюционных идей, которая объясняет происхождение большинства органов, тканей и последовательностей ДНК у всех существ, живущих на планете Земля.

Семена этой идеи в биологии стали прорасти благодаря одной из самых противоречивых фигур в истории науки — ученому, который, будучи верен себе, изменил науку тем, что был не прав.

Чтобы понять смысл последних открытий в изучении генома, нам следует вернуться ко временам более ранних исследований. Викторианская Англия была кристаллизатором идей и открытий. Есть что-то поэтическое в том, что понимание роли ДНК в истории жизни основано на идеях, возникших прежде, чем люди узнали о существовании генов.

Сент-Джордж Джексон Майварт (1827–1900) родился в Лондоне в семье набожных евангелистов. Его отец проделал путь от дворецкого до владельца одной из самых известных гостиниц города. Это дало сыну возможность стать джентльменом и самому выбрать себе профессию. Майварт, как и его современник Чарльз Дарвин, интересовался природой чуть ли не с пеленок. В детстве он коллекционировал насекомых, растения и минералы, часто делая подробные записи и придумывая схемы классификации. Казалось, естественная история — его судьба.

Но затем в его жизни возникла еще одна важная тема — борьба с авторитетами. С наступлением подросткового возраста ему все труднее было уживаться с семейной англиканской верой. К огромному разочарованию родителей, он перешел в католичество. Этот серьезный для шестнадцатилетнего подростка поступок имел неожиданные последствия. Принадлежность к римской католической церкви означала, что Майварт не может поступить в Оксфорд или Кембридж, поскольку английские университеты в то время были закрыты для католиков. Не имея никакой возможности изучать естественную историю, он избрал единственный оставшийся путь: поступил в юридическую школу, где религиозные взгляды не имели значения, и стал адвокатом.

Я не знаю, вел ли когда-нибудь Майварт юридическую практику, но естественная история осталась его страстью. Как джентльмен он был вхож в высшие научные круги, где завел знакомства с известными людьми той эпохи, в частности с Томасом Генри Гексли (1825–1895), который вскоре стал виднейшим защитником идей Дарвина в публичном пространстве. Гексли был специалистом в области сравнительной анатомии и собрал вокруг себя группу способных учеников. Майварт сблизился с этим знаменитым человеком, работал в его лаборатории и даже принимал участие в семейных праздниках в доме Гексли. Под руководством Гексли Майварт выполнил продуктивную, хотя и почти исключительно описательную



Сент-Джордж Джексон Майварт, умудрившийся разозлить всех участников эволюционных споров

работу по сравнительной анатомии приматов. Его подробное описание строения скелета до сих пор имеет ценность. На момент публикации Дарвином первого издания книги “О происхождении видов” в 1859 году Майварт считал себя сторонником новой идеи Дарвина — вероятно, просто по той причине, что попал под влияние Гексли.

Однако, как это случилось в молодости в отношении англиканской веры, в отношении идей Дарвина о постепенных изменениях у Майварта тоже возникли сомнения и возражения. Он начал выражать свое мнение на публике — сначала робко, потом все смелее. Собрав доказательства в поддержку своих раскольнических взглядов, он сочинил ответ на книгу “О происхождении видов”. Если у него и оставались какие-то друзья среди бывших коллег по работе в области естествен-

ной истории, он потерял их всех, заменив в заголовке своей книги “О генезисе видов” одно-единственное слово из заголовка книги Дарвина.

Не давал покоя Майварт и католической церкви. В религиозных журналах он писал о том, что концепции непорочного зачатия и непогрешимости церкви столь же маловероятны, как идеи Дарвина. После выхода книги “О генезисе видов” его фактически исключили из научных кругов. А его публикации заставили католическую церковь формально предать Майварта анафеме за шесть недель до его смерти в 1900 году.

Критика теории Дарвина со стороны Майварта помогает представить себе атмосферу интеллектуальной поножовщины викторианской эпохи в Англии и идентифицировать те вопросы, которые по-прежнему остаются камнем преткновения для многих людей, не готовых принять теорию Дарвина. Майварт начал нападение с того, что заговорил о себе в третьем лице и использовал формулировки, демонстрировавшие широту его взглядов: “Поначалу он не собирался отвергать удивительную теорию Дарвина”.

Майварт объяснил свою точку зрения в пространной главе, описывая фатальную, по его мнению, ошибку Дарвина, заключавшуюся в “невозможности для естественного отбора учитывать зарождающиеся фазы полезных структур”. Фраза труднопроизносимая, но за ней скрывается очень важный вопрос: Дарвин считал, что эволюция представляет собой бесконечный поэтапный переход от одного вида к другому. Чтобы эволюция происходила, каждый промежуточный этап должен сопровождаться адаптациями и повышать вероятность выживания особей. Майварт возражал, что промежуточные этапы кажутся маловероятными. Например, происхождение способности летать. Какую пользу могут приносить зачаточные элементы крыла? Гораздо позднее палеонтолог Стивен Джей Гулд называл этот вопрос “проблемой двух процентов крыла”: крохотный зачаток крыла у прародителя птиц, кажется, не имеет никакого утилитар-

ного смысла. В какой-то момент крыло станет достаточно большим, чтобы помогать в плавном движении, но зачаток крыла бесполезен для полета.

Майварт приводил один за другим примеры, в которых промежуточные стадии развития казались бессмысленными. У камбалы оба глаза находятся на одной стороне тела, у жирафа очень длинная шея, у некоторых китов есть усы, окраска каких-то насекомых имитирует кору дерева и т. д. Но какая польза от небольшой перестановки глаз, небольшого удлинения шеи или едва заметного изменения окраски? А как может прокормить кита тоненькая полоска китового уса? По-видимому, такая эволюция заканчивалась бесконечными мертвыми ветвями между всеми важными переходами.

Майварт был одним из первых ученых, обративших внимание на то, что основные переходные моменты в эволюции не заключались в изменении какого-то одного органа, а затрагивали целый набор параметров всего тела. В чем польза от эволюции конечностей, если существо не имеет легких, чтобы дышать воздухом? Или в качестве другого примера рассмотрим способность птиц к полету. Для настоящего полета требуется множество изобретений: крылья, перья, полые кости, высокая скорость метаболизма. Эволюция крыльев бесполезна для существа с такими тяжелыми костями, как у слона, или с таким медленным метаболизмом, как у саламандры. Но если для любого значительного превращения должно измениться все тело и многие параметры должны измениться одновременно, как же эти значительные превращения могут происходить постепенно?

На протяжении полутора столетий после публикации трудов Майварта его идеи были важной опорой для многих критиков Дарвина. Но вместе с тем они стали катализатором развития одной из великих дарвиновских идей.

Дарвин видел в Майварте важного оппонента. Первое издание книги “О происхождении видов” вышло в 1859 году, а труд Майварта был опубликован в 1871-м. В шестое и окон-

чательное издание книги “О происхождении видов”, опубликованное в 1872 году, Дарвин добавил новую главу, в которой отвечал критикам, в том числе Майварту.

В соответствии с условностями дебатов викторианской эпохи Дарвин начинал свой ответ словами: “Известный зоолог Ст. Джордж Майварт сделал недавно сводку всех возражений, когда-либо выдвинутых мною и другими против теории естественного отбора в той форме, в какой она была высказана м-ром Уоллесом и мною, и с замечательным искусством и силой подкрепил их примерами. Расположенные таким образом, они производят сильное впечатление”.

А затем заглушил критику Майварта одной-единственной фразой, за которой последовал целый ряд его собственных примеров: “Все возражения м-ра Майварта уже были или еще будут обсуждены и в этой книге. Единственный новый пункт, который, кажется, смутил многих читателей, заключается в том, “что естественный отбор не может объяснить начальных стадий полезных черт органов”. Этот вопрос тесно связан с вопросом о градации признаков, сопровождающейся часто *сменой функции*”¹.

Трудно переоценить величайшее значение этих двух слов для науки. В них содержатся зачатки нового подхода к восприятию главных перемен в истории жизни.

Как это возможно? Как обычно, ответ помогает найти рыба.

Глоток свежего воздуха

Когда в 1798 году Наполеон Бонапарт захватил Египет, его армия пришла не только с кораблями, солдатами и оружием. Наполеон считал себя ученым и хотел преобразовать Еги-

1 “О происхождении видов” и далее цитируется по: Дарвин Ч. *О происхождении видов путем естественного отбора или сохранении благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь*. Сочинения. Т.3. М.: АН СССР, 1939.

пет, помогая ему контролировать Нил и поднимать уровень жизни, а также понять его культурную и естественную историю. Наполеона сопровождали некоторые ведущие французские инженеры и ученые. Среди них был Этьен Жоффруа Сент-Илер (1772–1844).

Сент-Илеру было всего 26 лет, но он был научным гением. Он уже возглавлял кафедру зоологии в Музее естественной истории и впоследствии стал одним из величайших анатомов всех времен. Но уже в двадцатилетнем возрасте он привлек к себе внимание, описав анатомическое строение млекопитающих и рыб. Во время наполеоновской экспедиции ему досталась увлекательная задача препарировать, анализировать и классифицировать животных, которых во множестве находили в высохших долинах, оазисах и реках Египта. Одним из таких животных была рыба, которая, как сказал позднее директор парижского музея, оправдала весь египетский поход Наполеона. (Конечно, Жан-Франсуа Шампольон, расшифровавший египетские иероглифы с помощью Розеттского камня, вполне мог обидеться на такую формулировку.)

По внешним признакам — чешуя, плавники, хвост — это существо походило на обычную рыбу. Во времена Сент-Илера анатомическое описание требовало тщательнейшего препарирования, часто в присутствии художников, которые зарисовывали каждую важную деталь и иногда даже делали цветные литографии. В верхней задней части черепа рыбы, на уровне “плеч”, обнаружили два отверстия. Это само по себе уже было странно, но главный сюрприз преподнес пищевод. Определить расположение пищевода у рыбы обычно несложно, поскольку это просто трубка, ведущая от рта к желудку. Но в данном случае все было не так. На обоих концах пищевода находились плавательные пузыри.

В то время ученые уже знали, что это такое. Были описаны плавательные пузыри многих видов рыб, однажды их упомянул даже немецкий поэт и философ Гёте. Пузыри и у морских, и у речных рыб заполняются воздухом, а потом



Научный гений Этьен Жоффруа Сент-Илер

сдуваются, позволяя рыбе плавать на разных глубинах. Как у подводной лодки, выпускающей воздух при сигнале погружения, содержание воздуха в плавательном пузыре может изменяться, и рыба может плавать на разной глубине и в условиях разного давления водяного столба.

Дальнейшее вскрытие преподнесло настоящий сюрприз: плавательные пузыри были соединены с пищеводом посредством небольшой трубки. Этот тонкий канал, связывавший плавательный пузырь с пищеводом, сильно повлиял на ход мыслей Сент-Илера.

Наблюдение за этими рыбами в природе подтвердило то, что Сент-Илер начал подозревать при изучении их анатомического строения. Рыбы заглатывали воздух через дырочки в задней части черепа. В их поведении наблюдалась даже некоторая синхронность, когда большие стаи рыб засасывали

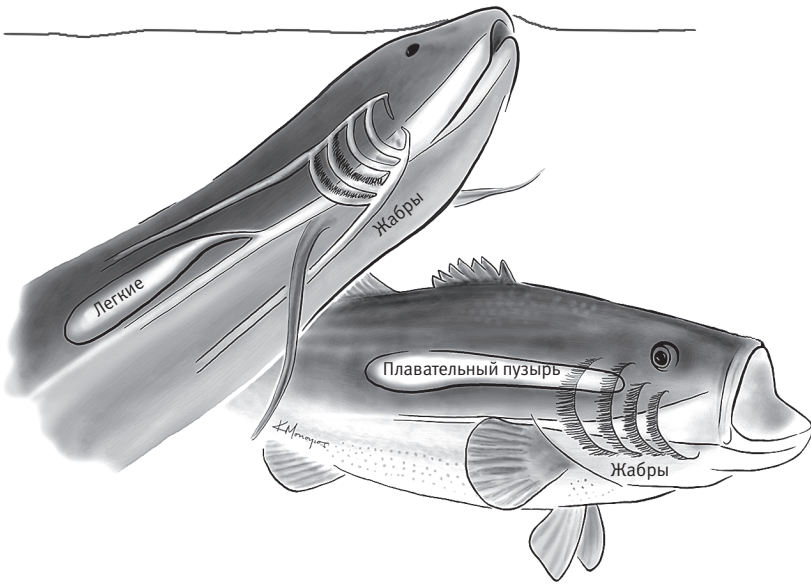
воздух в унисон. Группы пыхтящих рыб, которых называют нильскими многоперами, выпуская воздух, издают и другие звуки, напоминающие глухой шум или стон, — вероятно, чтобы привлечь партнеров для спаривания.

Но оказалось, эти рыбы делают и еще кое-что необычное. Они дышат воздухом. Их воздушные пузыри пронизаны кровеносными сосудами — а это означает, что рыбы используют их для доставки кислорода в кровь. Более того, они засасывают воздух через дырочки в голове, заполняя плавательные пузыри, тогда как тело остается в воде.

У них есть одновременно и жабры, и другой орган, позволяющий дышать воздухом. Само собой, эти рыбы стали знаменитостями.

Через несколько десятилетий после египетского открытия группа австрийцев отправилась в экспедицию на Амазонку по случаю бракосочетания австрийской принцессы. Исследователи собирали насекомых, лягушек и растения, чтобы найти новые виды и назвать их в честь августейшей фамилии. Среди находок была новая рыба, которая, как любая рыба, имела жабры и плавники. Но внутри у нее была такая же сосудистая система: не просто плавательный пузырь, а орган, состоящий из нескольких долей и снабженный кровеносными сосудами и тканями, характерными для настоящих легких, как у человека. Это существо было промежуточным звеном между двумя формами жизни — рыбами и земноводными. Отражая эту странность, исследователи назвали существо *Lepidosiren paradoxa* — что на латыни буквально означает “парадоксальная чешуйчатая саламандра”.

Называйте их как хотите — рыбами, земноводными или кем-то еще, — но у этих существ были плавники и жабры, чтобы жить в воде, а также легкие, чтобы дышать воздухом. И они не были уникальны. В 1860 году в Квинсленде в Австралии нашли еще одну рыбу с легкими. Кроме того, у нее и зубы оказались особенные. Зубы такой же формы, вроде широкого кухонного ножа, были у давно вымершего живот-



У двоякодышащих рыб есть и жабры, и легкие. Они используют легкие, как мы, чтобы дышать воздухом, когда в воде недостаточно кислорода, чтобы покрывать их физиологические нужды.

У других рыб имеется плавательный пузырь, который позволяет держаться на воде

ного, названного *Ceratodus*, окаменелости которого обнаружили в камнях возрастом свыше 200 миллионов лет. Направившись очевидный вывод: дышащие воздухом рыбы с легкими были распространенным явлением и жили на планете Земля уже сотни миллионов лет.

Одно странное наблюдение может изменить наш взгляд на мир. Обнаружение у рыб плавательных пузырей и легких породило целое поколение ученых, изучавших историю жизни через наблюдения за окаменелостями и за живыми существами. Окаменелости показывают, какой была жизнь в отдаленном прошлом, живые существа демонстрируют анато-

мические структуры в действии, а также процесс превращения яйцеклетки во взрослый организм. Как мы увидим, это весьма мощный метод.

Параллельное исследование окаменелостей и эмбрионов оказалось плодотворным для ученых, изучавших естественную историю после Дарвина. Бэшфорд Дин (1867–1928) занимал особое место в академических кругах: это единственный человек в истории, который был одновременно куратором в музее Метрополитен и в Американском музее естественной истории — с противоположной стороны от Центрального парка в Нью-Йорке. У него было два главных увлечения — окаменелости рыб и воинские доспехи. Он создал коллекцию доспехов в Метрополитене и проводил там выставки на эту тему, а также создал коллекцию рыб и организовывал выставки в Музее естественной истории. Дин был незаурядной личностью с разносторонними интересами. Он сам для себя изготавливал доспехи и даже показывался в них на улицах Манхэттена.

Когда Бэшфорд Дин не занимался средневековыми доспехами, он изучал древних рыб. Он считал, что где-то на пути превращения эмбриона из яйцеклетки во взрослое существо кроются ответы на загадки истории и ключи к пониманию механизмов происхождения современных рыб от древних видов. Сравнивая эмбрионы рыб с окаменелостями и следя за работой анатомических лабораторий, Дин обнаружил, что легкие и плавательные пузыри в процессе развития выглядят практически одинаково. Оба органа отходят от пищеварительного тракта, и оба образуют воздушные пузыри. Основное различие заключается в том, что плавательный пузырь развивается сверху от пищеварительного тракта, ближе к позвоночнику, а легкие — снизу, со стороны живота. На этом основании Дин заключил, что плавательный пузырь и легкие являются разными версиями одного и того же органа и образуются в результате одного и того же процесса развития. На самом деле некая версия плаватель-



Бэшфорд Дин — куратор музея Метрополитен и Американского музея естественной истории, увлекавшийся воинскими доспехами и рыбами

ного пузыря есть практически у всех рыб за исключением акул. Как многие научные идеи, идеи Дина имели долгую историю. Их проблески можно заметить уже в работах немецких анатомов XIX века.

Но какое отношение плавательный пузырь имеет к критике Майварта и ответу Дарвина?

На удивление многие рыбы способны довольно долго дышать воздухом. Шестидюймовый илистый прыгун может жить и двигаться в иле больше 24 часов. Удачно названная

рыба ползун¹ может при необходимости переползть из одного водоема в другой, иногда даже перебираясь через сучки и ветки. Но это только один вид. Сотни видов могут заглатывать воздух, когда в среде обитания снижается концентрация кислорода. Как они это делают?

Одни, как илистый прыгун, поглощают кислород кожей. Другие имеют над жабрами специальный орган для газообмена. Некоторые сомы и другие рыбы заглатывают кислород в желудочно-кишечный тракт, как еду, но используют его для дыхания. И у целого ряда рыб есть парные легкие, напоминающие наши. Двоякодышащие рыбы большую часть времени проводят в воде и дышат жабрами, но когда концентрация кислорода в водоеме недостаточна для поддержания метаболизма, они поднимаются на поверхность и заглатывают воздух. Дыхание через легкие — не какое-то невероятное исключение у отдельных странных рыб, это обычное дело.

Недавно исследователи из Корнеллского университета с помощью новых генетических методов вновь провели сравнение между плавательным пузырем и легкими. Их интересовало, какие гены задействованы в формировании плавательного пузыря в процессе развития рыб. Анализируя список генов, проявляющих активность при развитии эмбрионов рыб, они обнаружили нечто, что понравилось бы и Дину, и Дарвину. В построении плавательного пузыря рыб задействованы те же самые гены, что и в построении легких — и рыбьих, и человеческих. Воздушный пузырь есть практически у всех рыб, но одни используют его в качестве легких, а другие для того, чтобы держаться на воде.

¹ Другое название — анабас. (Здесь и далее — прим. перев.)