



**New Scientist**  
ЛУЧШЕЕ ОТ ЭКСПЕРТОВ ЖУРНАЛА

От  
Дарвина  
до  
современных  
теорий

**ЭВОЛЮЦИЯ**

**Сборник**  
**Элисон Джордж**  
**Эволюция. От Дарвина**  
**до современных теорий**  
Серия «New Scientist. Лучшее  
от экспертов журнала»

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=50850205](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=50850205)*

*Эволюция. От Дарвина до современных теорий:*

*ISBN 978-5-17-117849-9*

### **Аннотация**

Появление жизни на Земле – это случайность или неизбежность? С чего все начиналось? Есть ли у эволюции цель или направление? Как жираф отрастил такую шею? Почему человек видит много разных цветов, но не видит ультрафиолет? Если выживают сильнейшие, то откуда берутся альтруисты? Но разве эволюция – это не просто теория?

В этой книге собраны лучшие статьи экспертов журнала New Scientist. Здесь вы найдете мысли ведущих ученых и интервью с ними, познакомитесь с прошлым, настоящим и будущим науки об эволюции, узнаете о величайших изобретениях природы.

# Содержание

Над книгой работали	5
Введение	8
1	10
Эволюционная революция	11
О происхождении видов	23
Эволюция и божественное создание: что на самом деле произошло в легендарных дебатах 1860 года?	25
Путь к успеху	36
2	39
3	51
Генетическая революция в эволюции	52
Что же такое «ген»?	66
Как происходит эволюция генов	67
Пять классических примеров эволюции генов	77
Путь к становлению геноцентричных взглядов на эволюцию	88
4	91
Познакомьтесь с создателем	92
Конец ознакомительного фрагмента.	93

# **Эволюция. От Дарвина до современных теорий**

© New Scientist, 2017

© Оформление, ООО «Издательство АСТ», 2020

# Над книгой работали

Эта книга основана на статьях, опубликованных в *New Scientist*, и специальных материалах. Авторами выступает целый ряд экспертов.

**Элисон Джордж** – редактор *Instant Expert* для *New Scientist*. Элисон имеет докторскую степень в области биохимии и работала микробиологом в Британской антарктической службе.

**Адриан Бердис** – профессор генетики в Эдинбургском университете. Написал об эпигенетике (глава 8).

**Сью Блэкмор** – психолог, лектор и писатель, исследующий сознание, мемы и аномальные переживания, а также приглашенный профессор в Плимутском университете. Написала о мемах (глава 3).

**Питер Боулер** – историк эволюционной науки и заслуженный профессор Университета Квинс в Белфасте. Написал о генетической революции в эволюции (глава 3).

**Ли Алан Дугаткин** – профессор биологических наук в Луисвиллском университете. Он написал «Принимая близ-

ко к сердцу» (глава 9).

**Стив Джонс** – почетный профессор генетики человека в Университетском колледже Лондона. Написал «О происхождении видов» (глава 11).

**Кевин Лаланд** – профессор поведенческой и эволюционной биологии в Сэнт-Эндрюсском университете. Написал «Эволюционирующая эволюция: за пределами эгоистичного гена» (глава 10).

**Джордж Тернер** – профессор зоологии в Университете Бангор; специализируется на биологии и эволюции цихлид. Написал об образовании новых видов (глава 7).

**Дэвид Слоан Уилсон** – профессор биологических наук и антропологии в Бингемптонском университете. Написал о групповом отборе (глава 9).

**Джон ван Уайхе** – историк наук в Национальном университете Сингапура и основатель Darwin Online ([darwinonline.org.uk/](http://darwinonline.org.uk/)). Написал о том, как Дарвин и Уоллес придумали теорию эволюции (глава 1).

Также выражаем благодарность следующим авторам и редакторам:

Клэр Эйнсворт, Колин Баррас, Майкл Брукс, Марк Бью-

кенен, Майкл Чорост, Боб Холмс, Роуэн Хупер, Дэн Джонс,  
Саймон Ингс, Шелли Иннес Грэм Лоутон, Майкл ле Пейдж,  
Элисон Пирн, Пол Рейни, Пенни Сарчет, Джон Уоллер.

# Введение

*«Есть один общий закон для прогрессирувания всех органических существ, а именно: размножайтесь, меняйтесь, и пусть сильнейшие выживают, а слабейшие умрут».*

Так Чарльз Дарвин писал в своей книге «Происхождении видов» в 1859 году. В этой книге он объяснял, почему жизнь настолько разнообразна, а живые существа так хорошо вписываются в свою среду обитания. Это возможно благодаря эволюции путем естественного отбора.

Теперь мы знаем, как за 3,8 миллиарда лет слепые, жестокие и бесцельные методы эволюции наполнили некогда бесплодную планету многообразием окружающих нас растений, животных, грибов и микробов. Мы выяснили, как простые процессы создают на удивление сложные структуры – от крыльев и глаз до биологических компьютеров и солнечных батарей.

Но Дарвин с Альфредом Расселом Уоллесом (он разработал собственную теорию эволюции почти одновременно с Дарвином) сделали гораздо больше, чем просто объяснили разнообразие жизни. Они изменили представление человека о себе как об особом божьем создании, показав, что люди являются лишь крошечной ветвью на огромном древе жизни.

ни, где все мы произошли от общего предка.

Время не преуменьшило эти достижения, а наоборот, сделало их еще более значимыми. Вторая революция произошла в 30-х и 40-х годах XX века, когда в теорию эволюции была добавлена новая отрасль науки – генетика. Теперь мы понимаем эволюцию с точки зрения распространения генов.

Эта книга исследует внутренние механизмы эволюции и рассматривает сложные вопросы, возникающие в процессе эволюции. Была ли жизнь неизбежной или оказалась чистой случайностью? С чего все начиналось? Есть ли в эволюции цель или направление? В книге также описываются величайшие открытия (и ошибки) и исследуется щекотливая тема – эволюция альтруизма, которая не теряет своей актуальности со времен первого ее обсуждения Дарвином 150 лет назад.

Фундаментальная идея Дарвина и Уоллеса об эволюции через естественный отбор выдержала испытание временем. Однако некоторые биологи считают, что по мере того, как мы открываем все больше сложностей в механизмах эволюции, нашей теории жизни потребуется еще одна революция.

Книга «Эволюция. От Дарвина до современных теорий» знакомит вас с прошлым, настоящим и будущим науки об эволюции и ее интригующими выводами.

*Элисон Джордж*

# 1

## Дарвиновское открытие

*До недавнего времени считалось, что все виды на Земле создал Бог. Это мнение изменилось лишь в 1858 году, когда работы Чарльза Дарвина и Альфреда Рассела Уоллеса объяснили, что люди являются еще одним животным со своей ветвью развития на огромном древе жизни. Но как именно Дарвин изобрел свою теорию эволюции? На каких идеях она зиждется? Были ли заслуги Уоллеса преуменьшены? И насколько шокирующей оказалась идея об эволюции для христианского общества того времени.*

# Эволюционная революция

*С давних пор жители христианской Европы привыкли верить в то, что наш мир существует 6000 лет. Эта вера основывалась на выдержках из Библии, поскольку точная дата создания мира в книге отсутствовала. Но христианские мыслители стали менять свои убеждения под влиянием новых данных о Земле, полученных в процессе развития геологии и горного дела. К началу XIX века люди уже знали, что Земля существует намного дольше, чем несколько тысяч лет.*

Также выяснилось, что со временем Земля претерпела ряд изменений. Подробное изучение горных пород и окаменелостей познакомило нас со сложной историей различных эпох. Один слой геологического разреза мог показать нам бурную тропическую растительность, населенную рептилиями, не похожими ни на один из ныне существующих видов. В слоях горных пород чуть выше существовал уже другой наземный мир с различными растениями и животными. Пытаясь объяснить эти метаморфозы, великий французский исследователь Жорж Кювье в 1812 году выдвинул идею о том, что каждая временная эпоха внезапно заканчивалась некой масштабной катастрофой.

Еще одной загадкой стало открытие гигантских окамене-

лых животных в Европе и Америке. Где бы смогли жить такие существа, как мамонты, сегодня? Возможно, их вид попросту изжил себя?

Но такого не могло случиться, ведь, если верить традиционным представлениям, Бог бы не допустил гибели ни одного из своих созданий. Детальное анатомическое исследование Кювье раз и навсегда прояснило, что животные вроде мамонтов отличались от всех ныне живущих существ и весь их вид вымер. Для нас вымирание кажется чем-то весьма обыденным. Поэтому мы не способны понять, насколько новой и выдающейся казалась данная идея. Однако вскоре ее признал почти весь научный мир. С одним важным исключением – французским биологом Жаном Батистом Ламарком..

## Ламаркизм

Ламарк считал, что эти незнакомые окаменелые формы не вымерли. Наоборот, они видоизменились, превратившись в нечто другое. Тем не менее его взгляд на данный процесс отличался от того, что позже предложил Дарвин (см. «Додарвиновский период»). Например, мамонт мог эволюционировать в слона.

Кювье использовал все свое влияние, чтобы очернить Ламарка, как не раз делал это со своими конкурентами. В результате в первые десятилетия XIX века абсурдной и ненаучной считалась не только теория Ламарка, но и любая другая

теория эволюции. И хотя Ламарк смог заинтересовать своей работой нескольких ученых, большинство из них все же разделили мнение Кювье о случайном характере изменения эпох.

Но как появлялись новые виды после вымирания? Геолог Чарльз Лайель в своих «Принципах геологии», опубликованных в начале 1830-х годов, утверждал, что Земля менялась под влиянием медленных процессов. Утверждение Лайелля стало толчком для кардинальных перемен. Окружающая среда постепенно меняется, а обитающие в ней виды оказываются неприспособленными к новым условиям и начинают вымирать, поскольку существует определенный предел изменений, которые эти виды могут претерпеть для своей адаптации. Однако механизм возникновения новых видов оставался неясным.

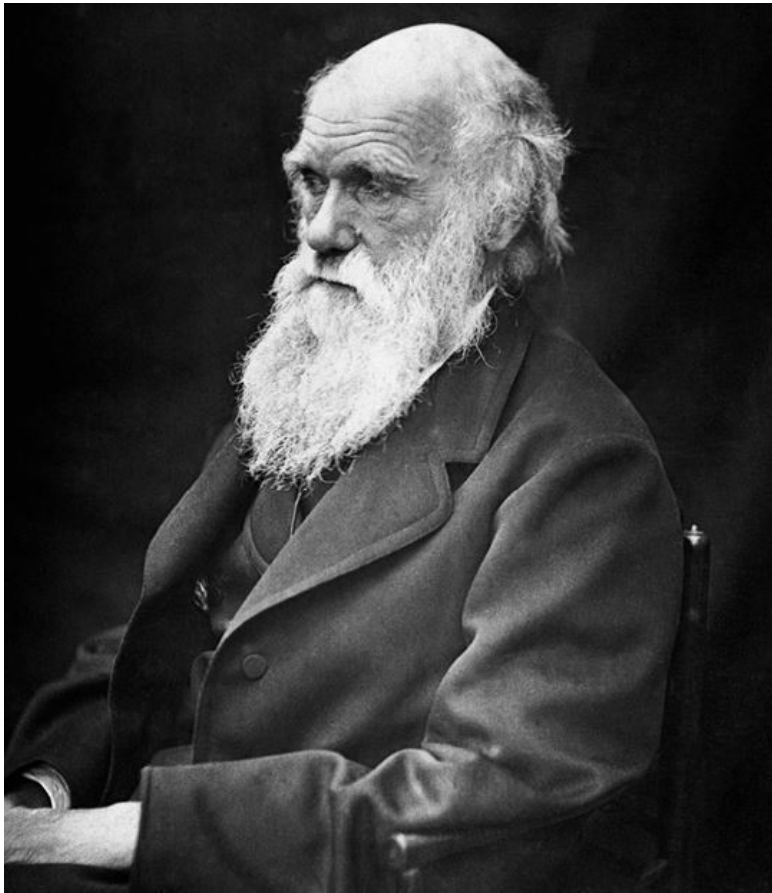


Рис. 1.1. Большинство фотографий Чарльза Дарвина были сделаны в пожилом возрасте. Но Дарвина было всего 22 года, когда он отправился в плавание на «Бигле».

Работа Лайелля вызвала большой интерес у Чарльза Дарвина – молодого выпускника Кембриджа, который в 1831 году должен был присоединиться к исследовательскому путешествию на корабле Ее Величества «Бигль» в качестве натуралиста. Вопреки бытующему мнению, Дарвин не приглашался в качестве друга-компаньона капитана, а судовой хирург не являлся официальным натуралистом. За время пятилетнего путешествия Дарвин стал одним из опытейших ученых своего поколения. В основном он работал геологом, а параллельно собирал обширную коллекцию живых существ, от выюрок до грибов.

Экспедиция сначала посетила Южную Америку, а затем обследовала воды вокруг Галапагосских островов. Лишь в середине XX века визит на Галапагосские острова стал считаться знаменательным событием в жизни Дарвина. Однако сам ученый никогда так не думал. Несмотря на всю красивую историю о том, как Дарвин заметил, что выюрки адаптируют свои клювы под различные рационы питания, в ней нет ни доли правды. Никакого феноменального озарения на Галапагоссе не произошло.

### *Додарвиновский период*

В учебниках по биологии ламаркизм олицетворяет собой додарвиновский период, в течение которого считалось, будто эволюция видов происходит посредством наследования характеристик, приобретенных в течение жизни организма. Согласно

этому учению, длинная шея у жирафа возникла после того, как животное захотело дотянуться до вершины деревьев. Эта слегка удлинённая шея передалась следующему поколению, затем его потомкам и т. д. Но в центре ламаркизма стояла другая идея. Ламарк считал, что жизнь стремится прогрессировать до достижения совершенства под влиянием «тенденции к усложнению».

Благодаря самозарождению (то есть появлению жизни из неорганической материи) непрерывно возникали новые виды, способные адаптироваться к локальным условиям среды путем наследования приобретенных признаков. Многие биологи, включая Дарвина, соглашались с идеями Ламарка об эволюции.

## **Глубокие вопросы о природе**

Сразу по возвращении корабля Ее Величества «Бигля» в 1836 году Дарвин приступил к работе по описанию горы образцов. Он задавался глубинными вопросами о природе, жизни и религии. Со временем Дарвин отказался от христианской веры. «Она не подкреплена доказательствами», – заключил он. Тем не менее, насколько нам известно, он не переставал верить в сверхъестественное существо, создавшее природу.

Некоторые доказательства заставили Дарвина признать факт эволюционирования видов. Во время путешествия по

Южно-Американскому континенту он заметил, что родственные виды постепенно заменяют друг друга. Фауна Галапагосских островов привела ученого в недоумение. Несмотря на уникальность некоторых видов, большая их часть была поразительно похожа на южноамериканских «соплеменников». Но цепочка морских вулканов под названием «Галапагосские острова» никогда не была связана с Южной Америкой, а здешний климат существенно отличался.

По мнению Лайелля, виды каким-то образом создавались для выживаемости в новой среде. Так почему же фауна Галапагосских островов так сильно напоминала обитателей Южной Америки и не была представлена только видами скалистых островов? Дарвин объяснил это тем, что предки галапагосских видов являлись выходцами из Южной Америки, но со временем изменились.

В 1838 году Дарвин прочел «Эссе о принципах народонаселения» (1798) Томаса Мальтуса, в котором утверждалось, что постоянный рост населения ведет к массовому голоду и сокращению ресурсов. Это заставило его задуматься о причинах того, почему выживают и передают свои признаки именно эти особи, а не другие.

Он предположил, что каждый организм претерпевал множество небольших изменений, а дальнейшую судьбу особи определяли вариации, которые либо помогали, либо препятствовали выживанию. В результате данный адаптационный механизм получил название «естественный отбор» – по ана-

логии с процессом, в котором фермеры изменяли одомашненные растения и животных, подбирая подходящих особей для разведения. При этом подчеркивались одни признаки и сокращались другие (см. «Эволюция в двух словах»).

Дарвину потребовалось более 20 лет для публикации своих идей. К началу 1858 года он подготовил множество глав. От публикации грандиозного труда из нескольких томов его отделял один или два года.

## **Известия от Уоллеса**

Затем, 18 июня, случилось нечто удивительное. На почту пришло эссе от Альфреда Рассела Уоллеса, в котором излагалась почти идентичная теория.

Уоллес был блестящим коллекционером, который с 1854 года работал в Юго-Восточной Азии. Он уже давно понял для себя, что виды должны эволюционировать. Но, несмотря на то что говорят современные эксперты, он не искал определенного механизма эволюции. Его теоретические взгляды постепенно сформировались в процессе сбора тысяч тропических насекомых и птиц.

В феврале 1858 года на крошечном острове пряностей Тернате Уоллес, находясь в лихорадочном бреду, размышлял о способе, благодаря которому виды естественным образом адаптируются к изменяющемуся миру. Это был процесс селекции жизни и смерти, слишком схожий с дарвинов-

ским естественным отбором. После выздоровления Уоллес написал эссе «О тенденции разновидностей к неограниченному отклонению от первоначального типа», направленное в первую очередь на антиэволюционные аргументы Лайелля.

Вскоре после этого Уоллес получил от Дарвина обнадеживающее письмо, в котором говорилось, что герой Уоллеса, Лайелль, восхищался работой Уоллеса. Это подвигло Уоллеса к отправке эссе Дарвину с просьбой переслать работу Лайеллю.

Дарвин был поражен сходством взглядов Уоллеса. В тот же день Дарвин отправил эссе Лайеллю, сожалея о том, что вынужден отправить работу Уоллеса перед публикацией своей собственной. Этот поступок казался благородным даже для викторианского землевладельца (см. «Знакомство с Дарвином»).

Лайель и еще один коллега Дарвина – Джозеф Долтон Гукер, не разделили это мнение. Уже много лет они знали о существовании теории Дарвина и потому не были готовы молчать о том, что Дарвин разработал идеи об эволюции намного раньше. Тогда был предложен компромисс: представить на Лондонском Линнеевском обществе сочинение Уоллеса вместе с несколькими неопубликованными работами Дарвина. Современное мнение на такое решение может быть весьма неоднозначным. Особенно среди тех, кто считал, что с Уоллесом обошлись несправедливо. Но было и другое мнение – родом из середины XX века. В соответствии со стан-

дартами того времени такая договоренность казалась вполне справедливой. При отправке своего сочинения Уоллес не просил сохранить его в тайне. А правила того времени позволяли Дарвину или Лайелю опубликовать эту работу. Уоллес неизменно считался сооткрывателем естественного отбора и никогда не уставал выражать свою благодарность и почтение.

Сокращенные работы Дарвина и Уоллеса содержали первые заявления о естественном происхождении видов, однако вызвали на редкость малый резонанс.

Стараясь кратко изложить свою масштабную работу, Дарвин потратил 13 месяцев на то, чтобы вместить 20 лет исследований в один том. Эта книга вышла 24 ноября 1859 года под названием «Происхождение видов».

### *Знакомство с Дарвином*

Для того, кто разработал столь революционную идею, Чарльз Дарвин вел на удивление тихую жизнь. В 1842 году Дарвин с женой Эммой переехали из Лондона в провинциальный Кент на юге Англии. Тогда у них было двое детей, а затем родилось еще восемь.

Дарвин вел весьма размеренную жизнь. Он вставал рано и шел на прогулку. После завтрака работал в своем кабинете до 9:30 – в свое самое продуктивное время суток. Затем читал корреспонденцию лежа на диване. И после возвращался к работе.

В полдень Дарвин отправлялся на очередную прогулку с собакой, останавливался у оранжереи и

осматривал свои ботанические эксперименты. Затем он шел по песчаной дорожке – тропе, посыпанной гравием, вокруг лесной полосы. Прогуливаясь по «тропе для размышлений» Дарвин размышлял над своими нерешенными научными проблемами.

После ланча он читал газету и писал письма. Его собеседники по переписке присылали ученому информацию со всех уголков земного шара.

Дарвины не были строгими родителями, и детям разрешалось безобразничать. Их кроткий отец терпеливо работал на фоне шума и топота играющих детей, пробегающих мимо двери его кабинета.

После обеда Дарвин играл в нарды со своей женой. Оба супруга были весьма азартны. Однажды Дарвин написал: «На сегодняшний день счет в нарды с моей женой таков: она, бедное создание, выиграла всего 2490 игр, а я выиграл, ура, ура, 2795 игр!»

Несмотря на слабое здоровье Дарвин продолжал публиковать серию новаторских и оригинальных работ вплоть до своей последней книги о дождевых червях в 1881 году. Книга тут же стала популярной. Дарвин умер через год после публикации в возрасте 73 лет.

Но наука и здесь не оставила его в покое. Вместо тихого погребения на церковном кладбище, которое Дарвин назвал «самым сладким местом на земле», ученому устроили государственные похороны в лондонском Вестминстерском аббатстве.

*Эволюция в двух словах*

Теория эволюции Дарвина и Уоллеса гласит, что новые виды развиваются из более старых. Этот продолжительный процесс возможен благодаря разнообразию организмов. Происходит естественная «селекция» небольших вариаций по критерию их полезности для выживания в жесточайшей борьбе за существование. Многие рождаются, но лишь немногие выживают. Успешные вариации передаются дальше. Данный процесс бесконечного отсеивания вариантов позволяет особям лучше приспосабливаться к окружающей среде.

## **О происхождении видов**

*Книга вызвала противоречивые чувства. Но ее активно читали и обсуждали. Дарвин подвергся множеству насмешек и издевательств. Предположение о том, что человек произошел от более древних видов, вызывало ярое возмущение социума. Те же чувства провоцировало и откровение о том, что Бог не прилагал свою руку к созданию рода человеческого, а виды развились самостоятельно.*

В то же время Дарвин получил сильную поддержку, особенно в лице более молодого поколения натуралистов, среди которых был Томас Генри Гексли (сегодня его часто называют «бульдог Дарвина», но в то время этого прозвища еще не было). Дарвин приводил массу исчерпывающих доводов в пользу эволюции, начиная с эмбриологии и рудиментарных органов и заканчивая географическим распределением видов.

Несмотря на столь яркое боевое крещение, книга «Происхождение видов» практически смогла убедить международное научное сообщество в том, что эволюция – реальна. В своей книге «Дарвинизм» (1889 год) Уоллес писал о совершенной Дарвином революции: «Это совершенно беспрецедентное изменение общественного мнения стало результатом работы одного человека и произошло за короткий отрезок

зок времени длиной в двадцать лет!»

С тех пор теория эволюции прошла долгий путь. В наше время мы рассматриваем эволюцию через призму генов и ДНК, но во времена Дарвина и Уоллеса о них еще ничего не знали. Генетика была добавлена в эволюционную теорию лишь в 1930-х и 1940-х годах (см. главу 3). Новые открытия не перестают удивлять нас даже сейчас. Но в основе современной теории так и осталась идея Дарвина о наследовании и модификации.

# **Эволюция и божественное создание: что на самом деле произошло в легендарных дебатах 1860 года?**

*«Благопристойность Общества была нарушена» – именно так написал в своем дневнике государственный служащий Артур Манби 1 июля 1860 года. Это было неудивительно, поскольку накануне на ежегодном собрании Британской ассоциации содействия развитию науки в Оксфорде разгорелся совершенно не джентльменский спор. На повестке дня стояла новая – и опасная! – идея Дарвина. Епископ Сэмюэл Уилберфорс был на страже идей о творении Божьем. Зоолог Томас Гексли присутствовал в роли пропагандиста эволюционных идей. Многие из того, что известно о той легендарной дискуссии, весьма недостоверно, поскольку было описано лишь 20 лет спустя людьми со своими корыстными интересами. Историк Фрэнк Джеймс потратил 10 лет на изучение дневников, писем и других свидетельств очевидцев, записанных в течение нескольких дней или недель после знаменательного события. Эти записи, говорит он, приводят нас к совершенно иному выводу о результатах дня.*

Все шло не так, как планировалось: помещение было слишком маленьким, а времени было в обрез. И лишь биб-

лиотека в новом университетском музее могла вместить толпу желающих. Но даже в этом огромном зале не хватило мест для рассадки всех участников. Группа плотников приступила к работе, и воздух наполнился опилками и звуком громких ударов.

Из-за чего возник ажиотаж? Скучный американец по имени Джон Дрейпер в одночасье стал звездой вечера. Тематика его доклада – эволюционная теория Дарвина – вызывала широкий и неподдельный интерес. Книга «Происхождение видов» была опубликована семь месяцев назад, и общественное настроение накалилось добела. Однако внимание к себе привлек не Дрейпер. Ходили слухи, что планировали выступить и самые ярые противники эволюции, включая епископа Оксфорда.

В результате могли получиться односторонние дебаты. Дарвин не смог присутствовать на встрече из-за плохого самочувствия, а Томас Гексли, главный защитник эволюции, просто не хотел приходить. Однако за день до запланированного события он был вынужден изменить свое решение, поскольку столкнулся с обвинением в том, что забросил свои идеи.

## **Бабушки и дедушки-обезьяны**

Зал был переполнен. Сначала выступили скептики, среди которых отметился президент Королевского общества. За-

тем под бурные аплодисменты Уилберфорс начал свою речь с утверждения о том, что человеческий род был создан специально, а не произошел от нечеловеческих предков. Эта идея являлась главным оплотом христианства. По материалам *The Press*, вышедшим через неделю после дебатов, в конце своей речи Уилберфорс задал свой известный вопрос: хотел бы сам Гексли, чтобы его бабушкой и дедушкой были обезьяны?

Ответ Гексли был неоднозначным. Проявив уважение к оппоненту, но не идя на уступки, он назвал Уилберфорса «ненаучным авторитетом», однако воздал должное интеллекту епископа. «Если бы мне пришлось выбирать свое происхождение: от обезьяны или человека, который мастерски пользовался своими великими риторическими способностями для подавления спора, – то я бы предпочел первое», – заявил он. Согласно статье в *The Evening Star* от 2 июля, Гексли продолжил защиту дарвиновских идей в «аргументированной речи и под громкие аплодисменты».

В сентябре, излагая собственную версию событий того вечера в письме морскому зоологу Фредерику Дистеру, Гексли обрисовал себя в еще более выигрышном свете. В письме он говорил о «безудержном смехе зрителей» в ответ на его остроумную ремарку. «Могу поспорить, что в следующие двадцать четыре часа я был самым популярным человеком в Оксфорде».

## Разгром Уилберфорса

Были и те, кого выступление Гексли не впечатлило. Аргументы Гексли не убедили Роберта Фитцроя – капитана «Бигля» во всех значимых путешествиях Дарвина. А биолог и археолог Джон Леббок верил в то, что гипотеза Дарвина была просто лучшим из всего существующего.

Джозеф Хукер, помощник директора Королевских ботанических садов в Кью, пересказывая события дня Дарвину, жаловался на то, что Гексли «не представил идеи в форме или виде, понятном для аудитории», поэтому ему пришлось сделать это самому. «Я потопил [Уилберфорса] шквалом аплодисментов... Сэм прикусил язык, не проронив ни слова в ответ, и встреча была окончена без промедления».

Уилберфорс запомнил все иначе. «Я уверен, что разбил его на голову», – писал он археологу Чарльзу Андерсону три дня спустя. Физик Бальфур Стюарт согласился с этим описанием: «Думаю, что епископ одержал верх».

Похоже, победа в дебатах была весьма субъективна. Потратив целое десятилетие на изучение документов, Джеймс, историк Королевского института (Лондон), предположил, что широко известное мнение о победе Гексли возникло только от малой симпатии к Уилберфорсу. Этот факт отсутствует в большинстве источников. «Если бы Уилберфорс не был так непопулярен в Оксфорде, он бы точно одержал верх

над Гексли».

Но что же говорится в официальных записях? Почти ничего. В отчете ассоциации за 1860 год вообще отсутствуют упоминания о дебатах. «Британская ассоциация придерживалась этических принципов джентльменства. А в тех дебатах не было ничего джентльменского», – подытоживает Джеймс.

В результате джентльмены из Британской ассоциации скрыли слишком много информации о тех дебатах, не осознав последствий подобного решения. История о победе Гексли была придумана двадцатью годами позже – когда это стало соответствовать культурному климату. «В 1880-х годах произошел раскол между религией и наукой», – рассказывает Джеймс. – «Но в 1860-х годах этого еще не было». Однако ввиду отсутствия каких-либо официальных записей, способных опровергнуть эти заявления, ученые, стремящиеся поднять свой авторитет, ссылаются на дебаты как на знаменательный момент, когда наука победила религию. Это сражение, говорят они, уже было выиграно. «Как вы видите, сейчас эта встреча считается событием чрезвычайной важности. Однако в то время в ней не было ничего выдающегося», – объясняет Джеймс. Превратив локальные дебаты во всемирную выдумку, мужчины и женщины конца XIX века поспособствовали отделению науки от христианской веры.

*Интервью. Писать «Происхождение видов» было «сродни признанию в убийстве»*

Через 150 лет после публикации «Происхождения видов» журнал *New Scientist* опубликовал интервью с автором<sup>1</sup>.

– Каково это – придумать идею, изменившую весь мир?

– Сродни признанию в убийстве.

– На вас, должно быть, сильно сказывалась эмоциональная и физическая борьба, через которую вы проходили?

– Целых девять месяцев я страдал от непрерывной рвоты, и это настолько ослабило мой мозг, что любое волнение вызывало головокружение и обмороки.

– Вы бы явно предпочли, чтобы я оставил вас в покое. Но должен признаться, что осознание вашей идеи о том, что жизнь менялась и эволюционировала миллиарды лет, стало для меня настоящим открытием.

– Вы даже не представляете себе, насколько приятно знать, что понятие естественного отбора подействовало как слабительное на вашу систему застойной непреложности. Как только натуралисты признают изменение видов подтвержденным фактом, откроется бескрайнее поле для исследований.

– Именно так. Теперь я должен задать вам вопрос, который обязательно задают всем авторам: как вы пришли к своим идеям?

---

<sup>1</sup> Все цитаты Дарвина взяты из его масштабной переписки, собранной в Интернете в рамках проекта *Darwin Correspondence Project*. Слова Дарвина приводятся в оригинальном виде. Вопросы формулировались так, чтобы максимально соответствовать контексту, в котором писал Дарвин.

– Мне казалось весьма вероятным, что родственные виды произошли от общего предка. Но в течение нескольких лет я не мог понять, как именно каждая форма так хорошо приспособлялась к своей среде обитания. Затем я занялся систематическим изучением домашнего производства и в какой-то момент четко увидел, что основной составляющей являлась селекция со стороны человека. За годы изучения поведения животных я оценил важность борьбы за выживание. А моя работа в области геологии дала мне некоторое представление о прошлом. Поэтому после прочтения «Мальтуса о популяции» идея естественного отбора возникла сама собой.

– «Величайшая идея всех времен и народов» возникла сама по себе! Ваша скромность и скрупулезный экспериментальный подход являются источником вдохновения для всех нас. Что бы вы сказали сегодняшним молодым ученым, делающим первые шаги в науке?

– Когда я очутился на «Бигле» в качестве натуралиста, то очень мало знал о естествознании. Но я усердно трудился.

– Вы стали одним из самых влиятельных ученых всех времен, но ваша работа продолжает вызывать противоречивые чувства, особенно среди религиозных людей. Как известно, вы говорили о том, что в эволюции есть величие. Помогает ли вам в жизни атеистический подход?

– Мне было легче смотреть на всю ту боль

и страдания в мире как на неизбежный результат естественной последовательности событий, то есть общих законов, а не прямого вмешательства Бога.

– Считаете ли вы себя атеистом?

– Даже в периоды своих крайностей я никогда не был атеистом в смысле отрицания существования бога. Довольно часто (а по мере моего взросления – все чаще и чаще), но не всегда, я считаю, что агностицизм был бы наиболее точным описанием моего образа мышления.

– А как вы относитесь к очевидному конфликту между вашими теориями и религиозными убеждениями?

– Мне кажется абсурдным тот факт, что человек не может быть одновременно и страстным теистом, и эволюционистом.

– Некоторые ваши «бульдоги» готовы с этим поспорить. Иногда их обвиняют в чрезмерной категоричности по отношению к противникам эволюции.

– Я уверен, что наш хороший друг Гексли, несмотря на уже имеющееся у него влияние, достиг бы большего, будь он чуточку поскромнее и не так част в своих нападках.

– Ваша дочь Энни умерла в возрасте десяти лет, и это трагическое событие сильно на вас повлияло. Могли бы вы описать свои чувства?

– Слава богу, она почти не страдала и покинула нас так же спокойно, как и маленький ангел. Наше единственное утешение в том, что она прожила

короткую, но радостную жизнь. Из всех детей я любил Энни сильнее всех за ее сердечность, открытость, жизнерадостность и сильную привязанность ко мне. Мой бедный маленький ангел. Ну, теперь уже все кончено.

– Вас иногда обвиняют – на мой взгляд, беспочвенно – в расизме. Как вы относитесь к рабству, которое все еще процветало во времена работы на «Бигле»?

– Я видел достаточно рабства и определенного отношения к неграм, чтобы испытывать отвращение к той лжи и бессмыслице, которую каждый слышит в Англии... Видит Бог [стиль автора сохранен], как бы я хотел, чтобы это величайшее зло на земле – рабство – было отменено.

– Повлияли ли эти взгляды на вашу политику?

– Я не стал бы консерватором, если бы их сердца остались холодны к скандалу с христианскими нациями и рабством.

– Большое спасибо за ваше согласие побеседовать с нами.

– Смею сказать, что вы сочли меня гнусной чумой.

– Напротив, это была честь для меня.

*Что если бы Дарвин не поплыл на «Бигле»?*

Насколько сильно изменилась бы история, если бы Чарльз Дарвин не отправился в пятилетнее путешествие по Южной Америке?

Большинство дарвиновских последователей сходятся как минимум в одном: если бы Дарвин

не поплыл на борту «Бигля», то он бы не пришел к своей эволюционной теории о естественном отборе. Потребовалось бы огромное количество экспедиций в чужеродные страны, чтобы пошатнуть его представления о природе как о гармоничной, безобидной и статичной системе. Слишком большое количество аспектов дикой природы ставило молодого человека в тупик и заставляло задавать неловкие и даже смущающие вопросы. И вот, через несколько месяцев после возвращения из экспедиции, он посмел усомниться в неоспоримом – неизменности видов.

Вдохновленный от увиденного на «Бигле», Дарвин тайне стал эволюционистом. А затем, зимой 1838 года, он вывел правдоподобное объяснение изменчивости – естественный отбор. Сложно представить себе, чтобы Дарвин смог совершить те же когнитивные скачки, окажись он викарием в английской деревушке – именно эту стезю готовил для него отец.

Но имеет ли это историческое значение? В конце концов, Альфред Рассел Уоллес пришел к той же теории. Не окажись Чарльз Дарвин на «Бигле», мы бы просто называли эту теорию «Уоллесизмом».

Возможно, но Уоллесу пришлось бы очень непросто. Во-первых, в 1858 году у него была лишь небольшая часть данных, доступных Дарвину. А скромное происхождение Уоллеса усложнило бы процесс принятия опасной эволюционной идеи.

Большинство из нас все равно бы верило в эволюцию путем естественного отбора даже и без

Дарвина. Считать иначе – значит игнорировать колоссальные достижения в области биологии первой половины XX века, которые и сделали эту теорию настолько привлекательной. И хотя мы не можем точно сказать, сколько времени потребовалось бы биологам для изобретения эволюционной теории, одно можно утверждать наверняка: в 1859 году Чарльз Дарвин дал ту самую поддержку и защиту все еще шаткой теории эволюции, позволившую ей укрепить свои корни и стать, пожалуй, самой значимой идеей современной науки.

# Путь к успеху

**1795**

Эразм Дарвин, дедушка Чарльза, опередил Дарвина, написав: «Будет ли слишком большой дерзостью предположить, что все теплокровные животные произошли от одного живого волокна... способного приобретать новые части».

**1798**

Предостерегающий труд Томаса Мальтуса «Опыт закона о народонаселении» предупреждает о страшных последствиях неограниченного роста населения. Книга оказала ключевое влияние на Чарльза Дарвина.

**1809**

Французский натуралист Жан-Батист Ламарк публикует «Философию зоологии», схематически объясняя собственную идею эволюции в соответствии с «прогрессивным совершенствованием».

В Шрусбери (Великобритания) рождается Чарльз Роберт Дарвин, пятый из шести детей в состоятельной семье.

**1813**

Французский зоолог Жорж Кювье публикует «Эссе о теории Земли», излагая свою теорию о том, что появление но-

вых видов обусловлено происходящими катастрофами (например, наводнениями).

### **1823**

В деревне Лланбадок, на границе Англии и Уэльса, рождается Альфред Рассел Уоллес, седьмой из девяти детей.

### **1831**

Дарвин отправляется в плавание на корабле «Бигль» в Южную Америку. Путешествие длится пять лет.

### **1837**

Дарвин делает набросок первого «дерева жизни», пытаясь объяснить в своем журнале эволюционные отношения между видами.

### **1848**

Уоллес отправляется в экспедицию в Бразилию. На обратном пути четырьмя годами позже пожар уничтожает множество его образцов.

### **1858**

Уоллес формулирует свою теорию о приспособляемости видов к изменяющемуся миру. 1 июля идеи Уоллеса и Дарвина были представлены в Лондонском Линнеевском обществе.

**1859**

Публикация «Происхождения видов» Дарвина. Книга становится объектом насмешек и оскорблений.

**1860**

В разгар Оксфордских дебатов епископ Сэмюэль Уилберфорс спрашивает Томаса Гексли, защитника идей Дарвина, с чьей стороны – бабушки или дедушки – предки Гексли были обезьянами.

**1870**

Большая часть международного научного сообщества признает эволюцию как факт.

## 2

# Что же такое эволюция?

*В современной биологии эволюция стала связующим звеном. Она объединяет в себе такие разные области, как генетика, микробиология и палеонтология. Эволюция представляет собой элегантное и убедительное объяснение невероятного разнообразия животных – порядка 9 миллионов видов на Земле. И вот из чего она складывается.*

*Существует несколько направлений эволюции. Первое – это теория о том, что все живые виды являются видоизмененными потомками более древних видов, и что все мы в далеком прошлом произошли от общего предка. Таким образом, все виды связаны между собой на одном огромном древе жизни. Второе направление эволюции характеризуется естественным отбором, или «выживанием наиболее приспособленных».*

Дарвин утверждал, что все особи ведут борьбу за выживание на ограниченных ресурсах. Однако некоторые из них обладают небольшими наследственными отличиями, повышающими их шансы на выживание и размножение. Такие особи обладают более высокой эволюционной приспособля-

емостью, а их полезные признаки распространяются внутри популяции, поскольку выживает большее количество потомков.

В конечном счете, эти благоприятные признаки становятся нормой. Неблагоприятные признаки, наоборот, быстро искореняются, поскольку их обладатели менее успешны в размножении. Следовательно, естественный отбор способствует созданию популяции, идеально подходящей для своей среды обитания и способной адаптироваться к изменениям.

## **Война полов**

Особи подвергаются экологическому отбору, конкурируя за ограниченные ресурсы своей среды обитания. Причем к полезным признакам относятся не только черты, повышающие выживаемость, но и те, которые увеличивают вероятность размножения растения или животного. Данные признаки регулируются половым отбором.

Признаки, выделяемые в процессе полового отбора, могут повышать привлекательность мужской особи для женской. Например, павлиний хвост. Иногда эти признаки связаны со здоровьем особи, следовательно, являются наглядным подтверждением ее приспособляемости. Другой разновидностью половых признаков является физическое превосходство одного самца над другим. Например, рога оленя. Половой отбор может проявляться и на молекулярном уровне.

Птицы известны своей яркой окраской для привлечения партнеров. Но данный признак повышает их шансы быть замеченными хищниками. Другие признаки, регулируемые половым отбором, включают в себя: гриву львов, оперение синиц или волнистых попугаев, брачные игры тетеревов, ритуалы спаривания насекомых, высокий рост мужчин, человеческие волосы, интеллект и черты лица. Но естественный и половой отбор – это не единственное, что вызывает биологические изменения. Другим фактором является случайный генетический дрейф. Его можно охарактеризовать как «выживание счастливых» (см. рис. 6.1).

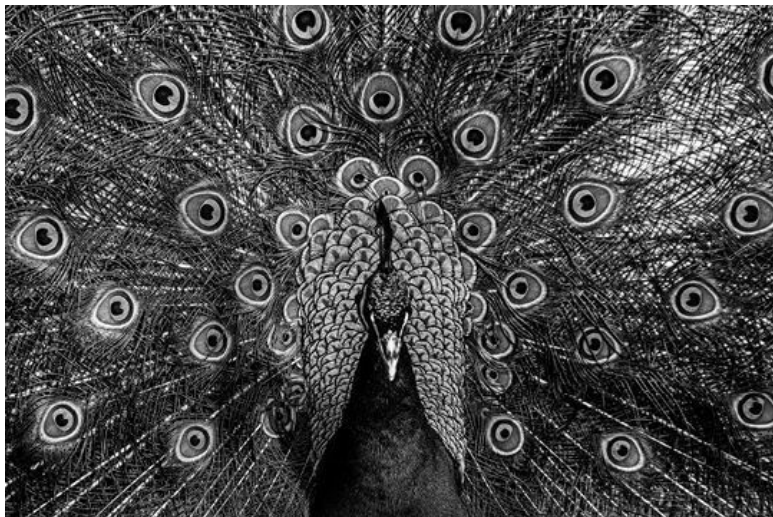


Рис. 2.1. Павлин – отличная иллюстрация полового отбо-

ра. Яркий хвост развивается благодаря тому, что их обладатели привлекают больше самок, чем конкуренты.

## **Видовой нерест**

Несмотря на то что Дарвин назвал свою книгу «Происхождение видов», объяснить видообразование он все-таки не смог. Сам Дарвин называл видообразование «тайной за семью печатями». И по сей день, полтора столетия спустя, механизм возникновения генетической несовместимости двух групп животных так и остается одной из величайших загадок в биологии.

Мы понимаем, каким образом дарвиновские галапагосские вьюрки смогли эволюционировать от одного вида: разные популяции изолировались, и со временем настолько адаптировались к различным условиям среды, что перестали скрещиваться друг с другом.

Такое аллопатрическое видообразование наблюдается в случаях, когда некое географическое изменение (например, изменение русла реки или образование нового горного хребта) разделяет вид на две части. После разделения вида популяции продолжают развиваться обособленно, пока в конечном счете не трансформируются в отдельную и репродуктивно изолированную разновидность. Наглядный пример тому – антилоповые суслики по обе стороны Большого каньона в США.

Однако видообразование может происходить быстро и без какой-либо физической изоляции популяций. Такие случаи сложнее объяснить, и исследователи все еще пытаются понять точные биологические механизмы, лежащие в его основе. Примерами такого симпатрического видообразования являются 13 видов галапагосских вьюрков или африканских цихлид. Данные виды адаптируются к различным условиям окружающей среды, а затем перестают скрещиваться между собой. Возможно, это происходит из-за какого-то изолирующего механизма. К тому же новые виды могут образовываться в результате гибридизации (например, подсолнухи). (Подробнее об этом см. «Как образуются новые виды» в главе 7.)

Виды, как и особи в популяции, борются за выживание, и большинство из них со временем вымирает. Виды могут исчезать в процессе массового вымирания (например, того, который повлек за собой гибель динозавров). Сегодня мы можем сталкиваться с другой формой массового вымирания, вызванного чрезмерной эксплуатацией естественной среды обитания животных со стороны человека.

## **Сценарии эволюции**

Начиная с путешествия на «Бигле», Дарвин посвятил свою жизнь сбору доказательств теории естественного отбора. В «Происхождении видов» он показал, как его теория подтверждалась в эмбриологии, географии, палеонтологии и

сравнительной анатомии. Доказательства своей теории Дарвин обнаружил и на примерах конвергентной эволюции, коэволюции и адаптивной радиации.

**Конвергентной эволюцией** называется явление, когда при равном давлении отбора в различных линиях видов возникают одинаковые адаптации. В наши дни конвергентная эволюция прослеживается в таких не похожих друг на друга видах, как акулы и верблюды; креветки и кузнечики; фламинго и колпицы; сумчатые, плацентарные млекопитающие и биолюминесцентные морские обитатели. Другим наглядным примером служат уши и зубы млекопитающих.

В процессе **коэволюции** эволюционная история двух видов или групп видов тесно взаимосвязана. Среди примеров можно выделить: коэволюцию цветковых растений и опылителей (пчелы, ящерицы и мотыльки); гоферовые и их вши; люди и кишечные микробы; а также война, которую наша иммунная система ведет с атакующими ее болезнетворными микроорганизмами.

**Адаптивная радиация** – это быстрое видообразование одного родственного вида для заполнения нескольких пустых экологических ниш. Наиболее часто адаптивная радиация отмечается в случаях, когда растения и животные оказываются на ранее необитаемых островах. Примеры адаптивной радиации: галапагосские вьюрки, австралийские сумчатые, гавайские цветочницы и дрозофилы, мадагаскарские хищники и другие млекопитающие, новозеландские птицы

и доисторические летающие птерозавры.

### *Как жираф отрастил свою шею?*

Многие верят в то, что длинные шеи жирафам нужны для пропитания. Если у вас длинная шея, считают люди, вы сможете дотянуться до таких высоких деревьев, до которых не дотянутся ваши конкуренты. Но есть и другое объяснение. Появление столь необычной шеи имеет мало общего с пропитанием и напрямую связано с размножением.

Доказательства в поддержку теории о пропитании весьма неоднозначны. Южноафриканские жирафы проводят много времени в поисках пищи высоко на деревьях. Однако исследования в Кении показали, что даже при отсутствии пищи жирафы не проявляют беспокойства.

Длинные шеи имеют свою цену. Мозг жирафа расположен в 2 метрах над сердцем, поэтому оно должно быть большим и мощным. Получается, что для того, чтобы кровь достигла мозга, ее необходимо перекачивать с самым высоким давлением среди всех животных. Так что должна быть какая-то другая веская причина.

Другая теория гласит, что длинные шеи жирафа являются результатом полового отбора. То есть шеи самцов развивались для привлечения самок.

Для жирафов-самцов характерна «борьба шеями», чтобы привлечь самок. Самцы подходят друг к другу и начинают раскачивать затылками, нанося друг другу удары в ребра и ноги. В этой борьбе жирафам помогают

их чрезвычайно толстые черепа, а также роговидные отростки на макушке, называемые оссиконами. То есть жирафы как бы таранят друг друга головами. И в таких дуэлях длинные и мощные шеи служат явным преимуществом. Было замечено, что самцы с длинными шеями чаще одерживают победу, а также их охотнее предпочитают самки.

Идея «шеи для секса» тоже весьма спорна, однако она объясняет, почему в процессе эволюции шеи жирафов вытянулись больше, чем ноги. Если бы жирафы развивались для того, чтобы дотягиваться до более высоких ветвей, то логичнее было бы предположить, что будут стремительно удлиняться и ноги. Однако этого не произошло.

В теории о сексуальной составляющей есть другая проблема: по идее, у самок жирафов не должно быть длинных шей. Однако они есть. И одно из предположений заключается в том, что, возможно, шеи жирафов, начинали расти как способ добывать труднодоступную пищу, а затем «переключились» на спаривание. Как только шеи достигают определенной длины, самцы начинают пользоваться ими для борьбы шеями, и здесь вступает в силу половой отбор, доводя длину шеи до экстремальных размеров.

## **Секретный код**

Дарвин смог открыть естественный отбор без какого-ли-

бо понимания генетических механизмов наследования или источника новых вариаций в популяции. Но его собственная теория о передаче признаков под названием «пангенезис» оказалась в корне неверной.

Генетический механизм наследования был открыт лишь в начале XX века (подробнее см. главу 3).

***Интервью. Чудеса природы стали моим утешением в жизни***

*Альфред Рассел Уоллес (1823–1913) открыл эволюционную теорию естественного отбора независимо от Чарльза Дарвина и основал науку об эволюционной биогеографии. Переписка Уоллеса, из которой подбирались ответы на данные интервью, доступна в открытых источниках. В своих письмах Уоллес рассказывает о собственных исследованиях, экспедициях и стойком увлечении тайнами природы.*

– Вы стали всемирно известны благодаря своей работе, опубликованной в 1858 году в соавторстве с Дарвином и описывающей происхождение видов и естественный отбор. Как у вас впервые зародилась эта идея?

– [В 1847 году] Я стал сильно разочаровываться в скудной местной коллекции – из нее мало что можно было узнать. Мне захотелось собрать и досконально изучить представителей какого-то одного семейства, главным образом с точки зрения происхождения видов. Я твердо уверен, что таким образом были бы достигнуты определенные результаты.

– Это желание привело вас в Бразилию, где вы собрали коллекцию птиц, бабочек и жуков, пытаясь понять, что движет эволюцией новых видов. Произошли ли какие-то значимые события в путешествии?

– В пятницу, 6 августа [1852 года]... капитан (который был владельцем судна) вошел в каюту и сказал: «Боюсь, корабль загорелся. Идите посмотрите сами».

– Несмотря на столь печальный опыт, вы все-таки отправились в восьмилетнюю экспедицию на Малайский архипелаг, где и обнаружили невидимую границу между животными Азии и австралийского региона. Затем эту границу назовут линией Уоллеса в вашу честь. Что вас больше всего заинтересовало в этой поездке?

– Птицы интересовали меня куда больше, чем насекомые. Они более многочисленны и проливают свет на законы географического распределения животных на Востоке... В качестве примера я могу назвать какаду – группу птиц, живущих в Австралии и Молуккских островах, но совершенно не известную на Яве, Борнео, Суматре и Малакке... Многие другие виды подтверждают эту же тенденцию.

– Как известно, вы проявили великодушие, поделившись своим открытием естественного отбора с Дарвином...

– Удачным стечением обстоятельств лично я считаю тот факт, что не так давно начал переписку с г-ном

Дарвином на тему «Разновидностей». Это привело к более скорой публикации части его исследований и позволило ему претендовать на приоритет, которому могла бы нанести вред любая независимая публикация под моим или чьим-либо другим авторством.

– Что общего у вас с Дарвином?

– В молодости мы оба – и Дарвин, и я – были страстными охотниками за жуками. У нас обоих было то, что Дарвин называет «простой страстью к коллекционированию»... И именно этот поверхностный, почти детский интерес к внешним формам живых существ, часто презираемый как лженаучный, оказался тем самым ответом, который приведет нас к разгадке проблематики видов.

– Считаете ли вы, что ваш вклад был преуменьшен?

– Идея эволюции пришла ко мне, как и к Дарвину, внезапной вспышкой озарения; она была осмыслена за несколько часов... записана с набросками различных применений и развитий... а затем перенесена на тонкую почтовую бумагу и отправлена Дарвину. На все это ушло не более одной недели.

У меня не должно быть оснований для недовольства. Наш обоюдный вклад в объяснение естественного метода органического развития мог бы оцениваться пропорционально количеству времени, которое каждый из нас посвятил исследованию, представленному миру. Другими словами, пропорционально 20 годам к одной неделе.

– Как вы себя чувствуете, оглядываясь на работу всей

своей жизни, длиною в 89 лет?

– Чудеса природы были радостью и утешением... моей жизни. Природа подарила мне... нескончаемое восхищение, а попытка решить некоторые из ее бесчисленных проблем – все возрастающее ощущение таинственности и благоговения.

### 3

## **Дарвин и ДНК: как генетика подстегнула эволюционную теорию**

*Как известно, в теории эволюции Дарвина и Уоллеса не объяснялась механика процесса. Затем, в начале XX века, появилась новая научная область – генетика. Несмотря на то что генетика произвела настоящую революцию в представлениях о наследовании, поначалу мало кто понимал, что она имеет непосредственное отношение к эволюции. Так как же ДНК вписалась в наше современное понимание эволюции?*

# Генетическая революция в эволюции

*Современное понимание эволюции базируется на сочетании двух совершенно разных концепций. Одна из них была выдвинута монахом, изучавшим семена гороха в Моравском монастыре в 1850-х годах. Другая же пришла к нам от Дарвина и Уоллеса.*

Грегор Мендель и Чарльз Дарвин жили в одно время, но они так и не встретились при жизни, а сам Дарвин не узнал о работе Менделя. Оглядываясь назад, можно сказать, что тандем этих двух фундаментальных работ был как брак, заключенный на небесах (или в аду, если вы креационист). На протяжении многих лет никто и не задумывался о том, что исследования наследственности Менделя имели какое-либо отношение к эволюционной теории Дарвина о естественном отборе. Потребовалось порядка 60 лет для того, чтобы собрать частички головоломки воедино и положить начало «современной трактовке» эволюции, которая формулировала идеи Дарвина через призму генетики.

Как именно возникло это новое понимание? И почему потребовалось так много времени?

Объяснение начинается с самого естественного отбора. В соответствии с концепцией естественного отбора, выживают и размножаются только самые приспособленные к локальной

среде обитания. Таким образом, популяция как единое целое постепенно изменяется. Сама идея эволюции была принята многими биологами еще в середине XIX века. Однако при попытках признать тот факт, что эволюция происходит под влиянием естественного отбора, возникли некоторые разногласия.

Вероятность существования данного механизма базируется на предположении о том, что благоприятные признаки передаются от одного поколения к следующему в более-менее неизменном виде. Однако никто не знал, как именно это происходит.

## **Объяснение наследования**

Дарвин пытался объяснить наследственность с точки зрения гипотезы под названием «пангенезис». Ученый считал, что каждый организм производит определенные частицы, называемые геммулами, которые передают свои признаки следующему поколению. Дарвин предположил, что потомство развивается из сочетания родительских геммул, благодаря чему демонстрируется комбинация их черт.

Но у этой идеи был серьезный недостаток, которым пользовались его оппоненты: сочетание признаков привело бы к «разбавлению» полезных признаков одного из родителей при скрещивании с особями, не обладающими данными признакам. На протяжении следующих поколений такие призна-

ки должны были неизбежно исчезнуть. И при жизни Дарвина никто не мог решить данную проблему.

Однако ключ к разгадке был уже известен, о чем не знали ни Дарвин, ни его соотечественники. В 1840-х годах Грегор Мендель пришел в мужской монастырь в Брно (Чешская Республика). За последующие годы он провел подробные исследования того, как из поколения в поколение передавались определенные признаки гороха. Монах заметил, что признаки родителей у потомков не смешивались. Скорее, они передавались без изменений, подчиняясь неким закономерностям. Это подтолкнуло Менделя к разработке законов наследования, опубликованных в 1866 году (см. «Кем был Грегор Мендель?»).

Однако никто и не предполагал, что признаки, изучаемые Менделем в горохе (окрас цветка), будут иметь столь важное значение. И на протяжении десятилетий работа исследователя игнорировалась.

### *Кем был Грегор Мендель?*

Жизненный путь Грегора Менделя был крайне необычным для человека, считающегося основателем современной генетики, хотя бы потому, что он провел свою исследовательскую работу за 50 лет до фактического обнаружения генов. Мендель родился в 1822 году на ферме, находящейся на территории современной Чешской Республики. Затем он ушел в мужской монастырь в Брно, где начал заниматься изучением наследственности.

В монастырском саду он вырастил тысячи растений гороха, отметив наличие у них таких признаков, как окрас цветка и морщинистость семян. Например, он обнаружил, что при скрещивании белоцветных растений с фиолетовыми окрас получался не светло-лиловым (как это предписывала концепция о смешении родительских черт), а либо белым, либо фиолетовым в определенном соотношении.



Рис. 3.1. Жизненный путь Грегора Менделя был крайне

необычным для человека, ставшего основателем современной генетики.

Эти наблюдения привели его к разработке известных нам законов наследования, опубликованных в 1866 году и представлявших идею доминантных и рецессивных признаков. Данная работа оставалась незамеченной до следующего столетия, когда идеи Менделя были включены в новое научное направление – генетику.

С однозначными признанием вклада Менделя в развитие этой науки согласны не все. Его законы, безусловно, пролили свет на механизм передачи признаков от родителей к потомству. Но даже Рональд Фишер, использовавший идеи Менделя для создания генетической теории эволюции в 1930-х годах, признавал, что результаты Менделя оказались слишком хороши для того, чтобы быть правдой, и, возможно, были «приукрашены» чрезмерно ретивым ассистентом. При этом ни в коем разе нельзя утверждать, что сам Мендель стал бы сторонником теории, основанной на его работе. Свои идеи он выказывал исключительно с точки зрения передачи признаков от одного поколения к другому, не обсуждая при этом сам механизм.

Со временем Мендель забросил свои исследования, став аббатом в возрасте 46 лет. О нем мало что известно, так как его переписка и прочие личные документы были сожжены после его смерти.

Затем, в 1900 году, законы Менделя заново открыли ботаники Хуго Де Фриз и Карл Корренс. Изучая

наследование, оба ученых, независимо друг от друга, пришли к единому мнению о том, что признаки организма являются структурированными единицами и передаются следующему поколению без изменений. И только позже Де Фрис и Корренс обнаружили, что те же исследования проводились Менделем.

## **Расцвет генов**

Так зародилась новая наука о наследовании, которую вначале окрестили «менделизмом». Затем она была переименована в «генетику» биологом Уильямом Бэтсоном, который перевел статью Менделя на английский язык и стал главным пропагандистом его работы. Название для нового научного направления Бэтсон образовал из древнегреческого слова «генезис», что означает «происхождение».

Мендель выражал свои законы с точки зрения признаков, передаваемых родителем потомку. Ранние генетики полагали, что некоторая материальная сущность в организме должна была закодировать эту информацию.

Вскоре биолог Томас Хант Морган определил гены как структуры, расположенные вдоль хромосом внутри клеточного ядра. Работая над плодовой мушкой дрозофилой в 1910 году, Морган показал, что признак, отвечающий за цвет глаз, можно проследить до определенного отрезка X-хромосомы. Это привело к революционным открытиям свя-

зей между различными генами и созданию генетических карт, показывающих расположение генов на хромосомах.

В конце концов исследования Моргана принесли ему Нобелевскую премию и подтвердили идею о том, что гены являются физической сутью наследования. Однако потребовалось еще целых три десятилетия, чтобы обнаружить, что гены состоят из ДНК и что каждый ген кодирует определенный белок.

Казалось, что концепция генов и была той самой недостающей частью теории Дарвина. Она дорисовывала картину естественного отбора, показывая, что признаки не могут смешиваться до неузнаваемости. Стоит добавить, что данный факт был признан не сразу.

Генетика решала еще одну проблему теории Дарвина – источник вариаций в популяции. Отправной точкой Дарвиновской теории служил тот факт, что по природе своей любая популяция содержит множество особей, обеспечивающих исходный материал для естественного отбора.

Теперь же было доказано, что основным источником этого разнообразия служат мутации – спонтанные изменения в структуре гена, приводящие к тому, что он начинает кодировать нечто новое. Такие изменения отмечались Морганом и другими исследователями при изучении положения генов в хромосомах.

Сам Морган пришел к выводу, что вредные мутации быстро искореняются из популяции, признавая тем самым отри-

цательную сторону естественного отбора. Однако для демонстрации положительного эффекта естественного отбора на гены требовалась дополнительная работа.

## Быстро или медленно?

По мнению Дарвина, эволюция – это медленный процесс постепенной **адаптации** к среде, в ходе которой большинство признаков имеют или когда-либо имели адаптивную функцию. Жирафы с чуть более длинными шеями могли дотянуться до более высоко расположенных листьев, поэтому в процессе естественного отбора у животных появлялись более длинные шеи. Большинство ранних генетиков, напротив, рассматривали эволюцию как нечто, происходящее большими скачками (или сальтациями), в результате чего новые признаки неожиданно проявлялись в ходе какой-либо внутренней перестройки наследственной конституции организма. Например, на растении могли внезапно появиться цветы другого окраса, отличного от родительского. Подобное изменение не обязательно будет носить адаптивный характер.

Ранних генетиков привлекали законы Менделя из-за кажущейся поддержки данных идей. Морган считал, что «природа создает новые виды сразу идеальными» посредством «внезапного изменения зародыша». Бэтсон не видел никакой ценности в исследованиях дарвинистов о непрерывной изменчивости и не согласился с утверждением, что есте-

ственные признаки появляются в результате адаптивного давления на виды. По той же самой причине сальтационный механизм изменений не имел никакого отношения к процессу естественного отбора.

Эти укоренившиеся взгляды не давали возможности найти способ согласования двух подходов. Но ситуация изменилась в 1920-х годах благодаря новой области популяционной генетики – изучению изменений определенных генов внутри популяций в течение времени.

Биологи Рональд Фишер, Джон Бердон Сандерсон Холдейн и Сьюалл Райт задействовали сложные математические модели, чтобы показать, что естественный отбор способен увеличить частоту кодирования любого гена для полезного признака и избавиться от наборов генов, не несущих адаптивной нагрузки.

Эта концепция была разработана в книге Фишера «Генетическая теория естественного отбора» (1930) и наиболее известной книге Холдейна «Причины эволюции» (1932). В том же году Райт представил идею адаптивного ландшафта – карты, изображающей все возможные комбинации генов и общей приспособляемости организма.

В итоге работа этих ученых доказала, что гены лежат в основе как резких изменений признаков, периодически встречаемых у потомства, так и постоянной изменчивости, зафиксированной Дарвином у больших популяций. Биологи показали, что генетический отбор является крайне изобретатель-

ной силой, руководящей адаптацией вида к локальной среде, с постоянной мутацией для поддержания генофонда изменчивости. Однако их теоретические модели основывались на сложной статистике и были сложны для понимания.

Научное сообщество познакомилось с принципами геноцентризма в эволюции лишь в 1937 году, когда Феодосий Добржанский опубликовал свою книгу «Генетика и происхождение видов», переведя в ней математические формулы на простой язык. Работа Добржанского расширила наше понимание того, как генетика способствует эволюции, показав, как в результате изменчивости для адаптации к локальной среде происходит образование новых видов у изолированных популяций.

В 1942 году биолог Джулиан Хаксли в своем детальном обзоре «Эволюция: современный синтез» дал название этому новому направлению. К 1950-м годам стала доминировать его формулировка эволюции, однако один из самых ключевых аспектов теории так и остался неоднозначным на протяжении следующих десятилетий.

### *От генетики к евгенике*

Некоторые ранние приверженцы эволюционной теории являлись восторженными сторонниками евгеники – идеи увеличения человеческой популяции путем устранения «непригодных» генов.

К примеру, Рональд Фишер посвятил часть своей книги «Генетическая теория естественного отбора» (1930) надеждам на улучшение человеческой

расы за счет евгеники. Чтобы еще активнее поспособствовать реализации данных принципов, он стал отцом восьмерых детей.

Обратная сторона евгеники дала о себе знать в начале XX века, когда несколько штатов США приняли закон о стерилизации «умственно отсталых», а нацисты довели эту идею до радикальной и ужасающей крайности.

## **Высшая цель?**

С момента своего зарождения дарвиновская теория эволюции так или иначе рассматривалась как идея, идущая в разрез с христианским видением природы как продукта некой высшей цели. Наиболее распространенной областью для креационистской оппозиции дарвиновской теории стала территория США, расцвет ее приходится на 1920-е годы и продолжается до сих пор.

Основатели «современного синтеза» хотели показать, что дарвинизм способен сочетать в себе веру в то, что для эволюции характерна тенденция к созданию более высоких уровней организации. Добржанский был выходцем из русской православной среды и в 1962 году написал книгу «Эволюционирующее человечество», пытаясь донести свою мысль о том, что эволюция имеет конечную цель. Хаксли также активно продвигал идею эволюционного прогресса.

Эти авторы представили идеи современного синтеза таким образом, что они не так открыто противоречили традиционным устоям и ценностям. Однако это не помешало некоторым ученым стать сторонниками евгеники (см. «От генетики к евгенике» выше). В последующие десятилетия псевдорелигиозный подход сойдет на нет и поспособствует этому публикация книги «Эгоистичный ген» (1976) Ричарда Докинза, в которой автор позиционирует себя в качестве главного приверженца идеи о том, что природа не имеет никакой конечной моральной цели. Последующие дебаты об эволюции социального поведения и появлении альтруизма проходили на фоне растущей напряженности между дарвиновской эволюцией и религией, то есть всего того, что основатели синтеза надеялись избежать.

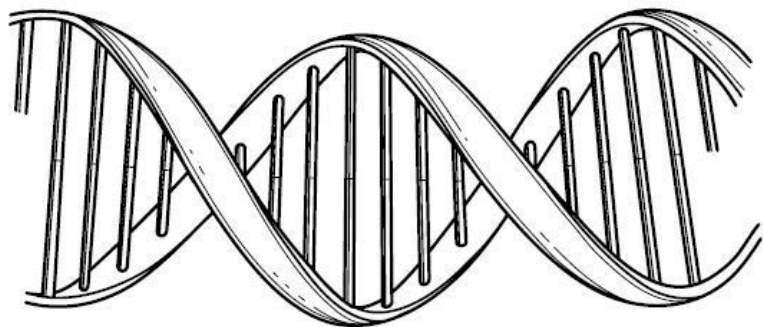


Рис. 3.2. Двойная спираль ДНК была открыта в 1953 году.

Современный синтез, несмотря на все сопутствующие трудности, так и остался лежать в основе нашего понимания эволюции. Само понимание эволюции развивается по мере того, как новые открытия в генетике, онтогенетике и экологии расширяют наше понимание взаимосвязей между генами, организмами и окружающей средой.

Геноцентричный взгляд на эволюцию, ответвившийся от идей Дарвина и Менделя, также изменился после того, как мы признали, что среда развития организма играет определенную роль в формировании признаков и способна влиять на способ передачи этих признаков будущим поколениям.

Открытия в области эпигенетики показывают, что химические метки, прикрепляемые для включения/выключения генов, могут оказаться столь же важными для развития, как и сам запрограммированный генетический код (см. главу 8).

Современный синтез считается идеей XX века. В XXI веке история эволюции обретет тот самый уровень совершенства, о котором Дарвин мог только мечтать (см. главу 11).

# Что же такое «ген»?

В большинстве своем ген состоит из последовательности ДНК, кодирующей белок, и регуляторных последовательностей (промоторов), которые определяют, когда, где и сколько белка производит. В сложных клетках кодирующая последовательность делится на несколько частей (экзонов), которые отделяются более длинными участками «мусорной» ДНК (интронами) (см. рис. 3.3).

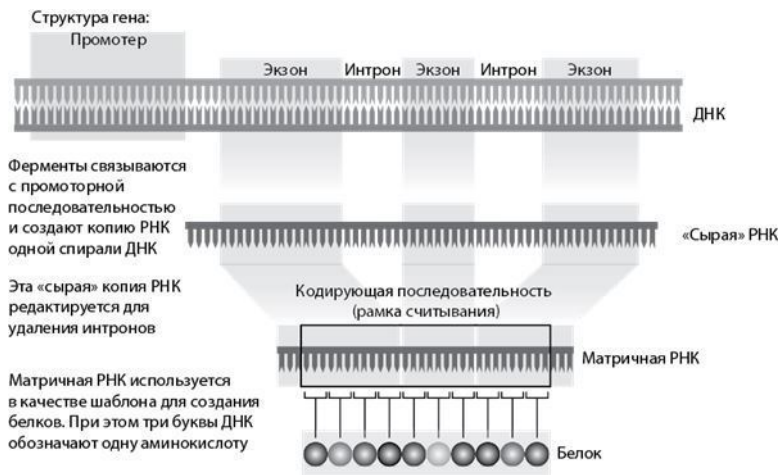


Рис. 3.3. Что такое ген?

# Как происходит эволюция генов

*Благодаря секвенированию геномов все большего количества видов, мы можем не только проследить за эволюцией тел животных, но и определить генетические мутации, стоящие за подобными изменениями.*

Но самое интересное здесь то, что теперь мы можем увидеть, как возникают гены – главные составляющие ключевой основы жизни – белков. И история разворачивается не совсем так, как ожидалось.

Самый очевидный путь развития нового гена – это постепенное накопление незначительных полезных мутаций. Наименее очевидный сценарий: существующий ген, играющий важную роль, эволюционирует в другой ген. Вероятность того, что уже существующий ген сможет развиться в новый без изменения самого организма, весьма мала. Однако, как было замечено биологами столетие назад, данное ограничение вполне преодолимо в случаях, когда мутации создают дополнительную и полноценную копию гена.

Из учебников мы знаем, что процесс формирования новых генов начинается с дубликации генов. В большинстве случаев одна из копий генов приобретет вредные мутации и будет отсеяна. Однако иногда случается и так, что мутация позволяет дублированному гену выполнять нечто но-

вое. Данная копия становится специализированной для своей новой роли, а предковый ген продолжает выполнять старые функции.

Поразительно то, что дубликация генов оказалась почти так же распространена, как и мутации, которые изменяют одну «букву» кода ДНК. При обмене материалом между хромосомами, предшествующему половому размножению, ошибки могут создавать дополнительные копии длинных последовательностей ДНК, в которых может содержаться любая информация – от одного гена до сотен. Здесь, как и при синдроме Дауна, могут дублироваться целые хромосомы, а иногда даже целые геномы.

Поскольку в процессе эволюции дублирование способно создать триллионы генетических копий, нет ничего удивительного в том, что в течение сотен миллионов лет один предковый ген способен породить сотни новых. У нас, людей, имеется порядка 400 генов для одних только обонятельных рецепторов. И все они происходят всего от двух рыб, живших около 450 миллионов лет назад.

## **Не конец истории**

И все же классические взгляды на эволюцию генов не дают объяснения всей картины в целом. Зачастую гены несут в себе более одной функции... так что же происходит при дублировании гена? Если мутация убирает одну из двух суще-

ствующих функций в первой копии гена, то организм сможет прекрасно существовать, поскольку вторая копия останется неизменной. Даже если еще одна мутация уберет другую функцию из второй копии гена, организм продолжит свое нормальное функционирование.

Теперь вместо одного гена с двумя функциями организм получит два гена с одной функцией в каждом. Данный механизм получил название «субфункционализация». Этот процесс может служить исходным материалом для дальнейшей эволюции.

Но настоящая проблема классической модели эволюции обуславливается фактическими исследованиями новых генов в различных организмах. Например, сравнение геномов нескольких близкородственных видов дрозофилы обнаружило новые гены, которые образовались через 13 миллионов лет после отделения данного вида от общего предка.

Так стало ясно, что около 10 % новых генов возникает в результате процесса под названием «ретропозиция». Ретропозиция происходит в тот момент, когда копии генов матричной РНК (генетические схемы, отправляемые на фабрику по производству белка в клетке, см. рис. 3.3) возвращаются обратно в ДНК, которая затем внедряется в другом месте генома.

Многие вирусы и генетические паразиты копируют себя с помощью ретропозиции, а производимые ими ферменты иногда случайным образом ретропозиционируют РНК клет-

ки-хозяина.

Возможно, что этот процесс ответственен за создание многих из недавно появившихся генов у нас, приматов. Вспышка ретропозиции у наших предков, достигшая своего пика около 45 миллионов лет назад, дала толчок к развитию многих тысяч дубликатных генов, и около 60–70 из них эволюционировали в новые гены. Данная вспышка, скорее всего, была обусловлена появлением нового генетического паразита, проникавшего в наш геном.

Эволюция новых генов часто включает в себя еще более радикальные изменения. Например, у дрозофил треть новых генов значительно отличалась от родительских, теряя часть своих последовательностей или приобретая новые участки ДНК.

Откуда берутся эти дополнительные последовательности? В сложных клетках ДНК, кодирующая белок, разбивается на несколько частей, разделенных некодирующими последовательностями. После создания РНК-копии всего гена некодирующие части (интроны) вырезаются, а кодирующие части (экзоны) сращиваются. Затем эта измененная копия РНК отправляется на белковую фабрику. Модульная форма генов значительно увеличивает вероятность мутаций благодаря перетасовке существующих генов и генерации новых белков. Происходить это может различными способами: экзоны внутри гена могут теряться, дублироваться или даже объединяться с экзонами других генов для создания нового химер-

ного гена.

## Вариации на тему

Например, большинство обезьян производят белок под названием TRIM5, который защищает их от заражения ретровирусами. Около 10 миллионов лет назад у одной макаки из Азии рядом с геном TRIM5 была добавлена неактивная копия гена СурА, полученная путем ретропозиции. Дальнейшая мутация привела к тому, что клетки продуцировали химерный белок, который на половину TRIM5, а на половину – СурА.

Данный белок обеспечивал лучшую защиту от некоторых вирусов. В это сложно поверить, но ген TRIM5-СурА эволюционировал не один, а целых два раза. Почти то же самое произошло с трехполосыми дурукули в Южной Америке.

При наличии достаточного количества времени – или, скорее, достаточного количества мутаций – дубликация и перетасовка генов может приводить к появлению новых генов, значительно отличающихся от предковых. Но все ли новые генные вариации соответствуют друг другу или же эволюция способна создавать новые гены, отличные от уже существующих?

Пару десятилетий назад было высказано предположение о том, что уникальные гены могут возникать в результате так называемой мутации сдвига рамки считывания. Каждая ами-

но кислота в белке определяется тремя «буквами» ДНК или нуклеотидами – триплетом (кодоном). Если мутация сдвигает начальную точку считывания кодонов (рамку считывания) на один или два нуклеотида, то конечная последовательность белка будет совершенно иной.

Поскольку ДНК состоит из двух цепочек, то любой ее фрагмент можно «прочитать» шестью различными способами.

## **Генетический абсурд**

Подавляющее большинство мутаций, изменяющих рамку считывания гена, приводят к появлению генетического абсурда. Как правило, опасного. Многие генетические заболевания являются результатом мутации сдвига рамки считывания, разрушающей белки. Это немного похоже на замену каждой буквы алфавита на соседнюю. Результат, как правило, получается абсурдным. Но не всегда.

Другим источником уникальных новых генов может быть «мусорная» ДНК, засоряющая большинство геномов. Первые догадки об этом были высказаны два десятилетия назад, когда команда из Иллинойского университета раскрыла происхождение антифризного белка, вырабатываемого одной антарктической рыбой. Изначально данный ген появился в качестве пищеварительного фермента. Около 10 миллионов лет назад, когда климат на планете стал прохладнее,

часть одного из интронов (иными словами – часть «мусорной» ДНК) превратилась в экзон, а затем многократно дублировалась, создавая характерную повторяющуюся структуру антифризных белков.

Так из случайного фрагмента ДНК развился ген, жизненно необходимый для выживания рыбы. Тем не менее этот антифризный ген эволюционировал из уже существующего.

Каковы шансы появления мутаций в «мусорной» ДНК, которые смогли бы сгенерировать полноценный новый ген с нуля? Как до недавнего времени считало большинство биологов, – практически нулевые. Ведь для того, чтобы фрагмент случайной ДНК превратился в ген, потребуется целый комплекс маловероятных условий. Во-первых, некая часть ДНК должна выступить в роли промотора, который укажет клетке на необходимость создания РНК-копий из остальных фрагментов. Во-вторых, эти копии РНК должны обладать последовательностью, которую можно будет преобразовать в схему жизнеспособной матричной РНК для белковой фабрики.

Более того, эта матричная РНК должна закодировать достаточно длинную белковую цепочку (в среднем длина белка составляет 300 аминокислот). Данный вариант крайне маловероятен, поскольку на случайном отрезке ДНК примерно 1 из 20 кодонов окажется «стоп-кодоном». И, наконец, новый белок должен выполнять некую полезную функцию. Все эти трудности казались непреодолимыми.

Данная точка зрения изменилась в 2006 году, когда Дэвид Бегун из Калифорнийского университета и Дэвис с коллегами обнаружили у дрозофил несколько новых генов с последовательностями, не похожими ни на один из старых генов. Они предположили, что эти гены, кодирующие относительно небольшие белки, эволюционировали из «мусорной» ДНК в течение последних нескольких миллионов лет. Пару лет спустя в процессе поиска новых генов у дрозофил были обнаружены еще девять генов, которые, похоже, самостоятельно образовались из «мусорной» ДНК. Другое исследование показало, что с тех пор, как ветви эволюции человека и шимпанзе разошлись более 6 миллионов лет назад, из некодирующей ДНК появилось как минимум шесть новых человеческих генов.

Чем же объяснить столь большую цифру при ничтожно малой вероятности самостоятельного образования гена? Частичным ответом может служить недавнее открытие: несмотря на то что половина нашего генома является «мусорной», 90 % генов можно случайно транскрибировать в РНК.

Это означает, что случайные фрагменты «мусорной» ДНК могут превращаться в белок не так уж и редко. Поскольку, скорее всего, большая часть случайных белков окажется вредной, естественный отбор уничтожит эти последовательности ДНК. Однако время от времени возникает одна удачная мутация. Последовательность, которая делает что-то по-

лезное, будет передаваться внутри популяции и быстро превратится в новый ген, оптимизированный под любую нужную роль.

Пройдет еще много лет, прежде чем мы до конца поймем важность различных механизмов образования новых генов. Однако уже сейчас очевидно, что классический взгляд на эволюцию генов не дает нам полного объяснения. Эволюция не любит суету: она берет новые гены везде, где ей это удастся.

Новые данные о последовательностях позволяют биологам стать на шаг ближе к тому, чтобы объяснить эволюцию каждого из наших 20 000 генов.

### *Эгоистичный ген*

Книга Ричарда Докинза «Эгоистичный ген» (1976) популяризировала идеи о том, что истинной мерой эволюции служит ген, а не особь. В книге говорилось о том, что люди – это «биороботы, запрограммированные слепо следовать сохранению эгоистичных молекул под названием "гены"». Понятие «эгоистичный ген» хорошо прижилось в эволюционной генетике и стало самой успешной научной метафорой последних лет. С небольшим отрывом второй по популярности считается «расширенный фенотип».

Оба термина были придуманы Ричардом Докинзом (см. интервью в главе 9) и послужили названиями для его первых научно-популярных книг.

Основная идея «Эгоистичного гена» сводится к

тому, что эволюция заключается в естественном отборе генов и только их. Докинз видит в них лучших кандидатов на звание «единиц репликации» эволюции. Таким образом, передаваемыми генами являются те, чьи последовательности выполняют определенные функции на генном уровне (с целью дальнейшей репликации) и при этом не обязательно являются полезными для организма на более высоком уровне или на уровне групп организмов.

«Расширенный фенотип» Докинза (1982) продолжает эту идею, утверждая, что в своем стремлении к выживанию и репликации гены распространяют свое влияние за пределы признаков (или фенотипа) особи во внешний мир, где они также повышают шансы на выживание. Вспомните, плотину бобра или паутину паука. Тем не менее многие биологи уверены, что настало время для переосмысления геноцентрического взгляда на эволюцию (см. главу 11).

# **Пять классических примеров эволюции генов**

*По мере секвенирования геномов большего количества видов, генетики получают на удивление детальную картину молекул, имеющих фундаментальное значение для жизни на Земле.*

С помощью современных методов мы можем не только проследить, как эволюционировали тела животных, но и определить генетические мутации, лежащие в основе этих изменений, а также, как было сказано ранее, обнаружить, что временами гены эволюционируют совершенно удивительным образом. Ниже приведены пять классических примеров генной эволюции, наглядно показывающих многогранность ДНК.

## **Цветовая выборка**

Вы когда-нибудь замечали, что временами собаки как будто не видят яркий и заметный мяч? Это происходит потому, что у большинства млекопитающих есть только два (а не три, как у человека) цветовосприимчивых пигмента сетчатки (или оптина), что и объясняет присущую животным фор-

му дальностизма.

Так почему же у нас их три? В большинстве глаз млекопитающих был найден ген MWS/LWS, ответственный за кодирование одного из двух пигментов. У предков приматов и некоторых обезьян этот ген был продублирован.

Как правило, копии запасных генов быстро вырождаются, приобретая мутации, но в этом случае мутации в одной копии приводят к появлению опсина, способного распознавать другой оптический спектр. Таким образом, мы приобрели улучшенное трихроматическое цветовое зрение.

Но есть и другая сторона этой истории. В действительности цветовое зрение предков позвоночных было лучше, чем у нас, благодаря наличию четырех цветочувствительных опсинов. В отличие от нас, эти животные могли видеть ультрафиолет и другие цвета. Эту способность унаследовало большинство амфибий, рептилий и птиц... Так почему же млекопитающие потеряли целых два цветочувствительных гена опсина?

Скорее всего, объяснение можно найти в том факте, что некоторые древние млекопитающие являлись ночными животными с небольшой потребностью в цветочувствительных опсинах, которые «работали» только в дневное время. В результате эти гены подверглись мутации, а часть из них была и вовсе потеряна – если вы не пользуетесь чем-то, то оно теряется.

Наше зрение могло развиваться в очень разных направле-

ниях. Как только предки гекконов перешли на ночной образ жизни, у них цветное ночное видение.

## **Кристалльно чистый**

Вы бы не смогли прочесть эти строки без белков кристаллинов в глазу. Благодаря своему высокому показателю преломления эти прозрачные белки способны преломлять свет, позволяя хрусталику глаза проецировать свет на сетчатку. Так где же эволюция смогла найти прозрачные белки с высоким показателем преломления для развития глаз? Как оказалось, везде.

Возьмите, например, альфа-кристаллин, который содержится во многих глазах животных, в том числе и у человека. Изначально это был белок теплового шока. Данный тип белка поддерживает функциональное состояние других белков. По сути, это все тот же белок теплового шока. Он продолжает выполнять данную функцию в некоторых тканях организма, производящих лишь небольшое количество белка. Однако в хрусталике белок вырабатывается в большом количестве, поэтому основной функцией кристаллина стала оптическая.

Есть только один ген, который кодирует альфа-кристаллин (HspB5). Таким образом, образование новой функции (например, преломление света) не обязательно сопряжено с появлением совершенно нового гена, кодирующего новый

белок. Временами дело ограничивается несколькими мутациями в последовательностях, определяющих объем существующего белка, способного производиться в конкретном виде ткани. Иногда эволюция идет по простому пути.

*Мемы: эволюционируют не только гены*

Термин «мем» придумал биолог Ричард Докинз в своей книге «Эгоистичный ген» (1976), рассматривавшей принципы дарвинизма. Идея Докинза заключалась в том, что дарвиновская теория эволюции посредством естественного отбора не обязательно применима только к биологии. Эволюционный процесс возможен благодаря механизму репликации, создающему множество слегка отличающихся копий той же самой информации, и тому факту, что лишь несколько созданных копий сохранится для последующей репликации. Информация, которая реплицируется, изменяется и отбирается, называется репликатором, а сам процесс хорошо известен в биологии. В биологической эволюции репликаторами служат гены. Однако нет веских причин, по которым не могло бы существовать других эволюционных систем с другими репликаторами. Поэтому Докинз и придумал термин «мем» для обозначения культурного репликатора.

Все, что вы узнали, скопировав информацию от другого, – это мем. Сюда относится ваша привычка к правостороннему или левостороннему движению, поеданию тостов с фасолью, ношению джинсов

и поездкам в отпуск. Вы бы не делали ничего из вышеперечисленного, если бы до вас никто не попробовал этого или чего-то очень похожего. Имитация или подражание, в отличие от иных форм обучения, являются своего рода копированием или репликацией. Другие животные мастерски способны к обучению. Например, белки запоминают сотни мест своих запасов на зиму, а коты или собаки выстраивают расширенные ментальные карты. Но все это – обучение по ассоциациям или методом проб и ошибок. Только имитация позволяет передать плоды обучения от одного животного к другому; и люди не имеют себе равных, когда дело доходит до подражания.

Сама по себе идея мемов как репликаторов была жестко раскритикована, и многие биологи ее отвергли. И все же меметика может многое предложить для объяснения человеческой природы.

Согласно теории мемов, люди радикально отличаются от других видов, потому что мы единственные являемся машинами мемов. Человеческий интеллект не просто выше или лучше остальных, это – нечто совершенно иное, основанное на новом эволюционном процессе и новом виде информации.

## **Рыбный запах**

Благодаря дубликации генов за сотни миллионов лет один

ген может положить начало не только одному новому гену, но и сотням других.

Например, у нас, людей, имеется порядка 400 генов, кодирующих обонятельные рецепторы. Все они произошли от двух предковых генов очень древней рыбы, жившей около 450 миллионов лет назад.

Эволюция этого «семейства» гена была весьма хаотичной. Исследования генома показали, что в ходе эволюции млекопитающих вместо постоянного приобретения новых генов для новых обонятельных рецепторов происходила их масштабная потеря. Данный процесс получил название «эволюция рождения и смерти».

Это привело к появлению больших различий между млекопитающими. Вы догадываетесь о том, что у собак имеется больше рецепторов, чем у людей, – порядка 800 действующих обонятельных генов. Но почему же у коров их еще больше – свыше 1000?

Молекулярно-эволюционный биолог Масатоси Неи предположил, что для хорошо развитого обоняния млекопитающим требуется некое минимальное количество различных обонятельных рецепторов. То, что животные делают с уже имеющимися рецепторами (иначе говоря, со связью с мозгом в процессе развития), может иметь большее значение для тонкого обоняния.

Неи полагает, что пока у животных есть больше обонятельных рецепторов, чем нужно, естественного отбора не

произойдет, а гены будут беспорядочно приобретаться и теряться. Иначе говоря, генетический дрейф может объяснить отличия в типе и количестве обонятельных рецепторов у млекопитающих.

## **Дважды ничто**

Гены **НОХ** представляют собой семейство близкородственных генов, отвечающих за эмбриональное развитие животных. Это «главные переключатели», белки, которые координируют активацию других наборов генов в процессе развития.

Все гены **НОХ** произошли от гена **protoНОХ** очень древнего животного. У предка позвоночных **protoНОХ** неоднократно дублировался, образуя кластер из 13 генов **НОХ**. Потом был продублирован и весь геном в этой родословной предков. Затем была фаза еще одного дублирования, в ходе которой создались четыре кластера генов **НОХ**, которые теперь контролируют развитие всех живущих позвоночных.

В ветви, ведущей к млекопитающим, были потеряны 13 из 52 генов, созданных в ходе дубликации генома, оставив млекопитающим лишь 39 генов **НОХ**. Но настоящая загадка кроется в объяснении того, почему сохранилось так много генных копий, созданных после дубликации геномов. Почему они просто не выродились и не исчезли? Волне разумным было бы попридержать запасные копии генов под рукой, од-

нако эволюция не строит планов на будущее.

Аналогичный феномен прослеживался у гладкой шпорцевой лягушки *Xenopus laevis*, весь геном которой был продублирован 40 миллионов лет назад. Подавляющее большинство дополнительных копий гена должно было сгинуть уже давно. Но по прошествии этого времени почти половина продублированных генов сохранилась в первоначальном виде.

Например, выдающееся исследование Марио Капекки (2006) из Медицинского института Говарда Хьюза в Солт-Лейк-Сити полностью изменило процесс зарождения семейства генов *HOX*. Капекки объединил два существующих *HOX*-гена (*HOXA1* и *HOXB1*) для воссоздания предкового гена *HOX1*. Мыши, получившие этот предковый ген вместо двух современных, продолжали нормально развиваться.

В своей работе Капекки предположил, что два новых гена в сумме делают не больше, чем один предковый ген. Иными словами, обе генных копии вырождались после дубликации. При замене одного гена двумя другими не было получено никакого преимущества, а сам процесс оказался нейтральным.

Этот феномен, открытый в 1999 году, стал известен как субфункционализация – явление, когда при дубликации гена функции предкового гена распределяются между копиями. Исследования шпорцевой лягушки показывали, что субфункционализация способна объяснить сохранение как минимум одной трети от всех копий гена.

Было выявлено, что возрастающая сложность генома (наличие большего количества генов) может развиваться в результате как генетического дрейфа, так и естественного отбора. Как только особи приобретают лишние гены, возрастает вероятность того, что в ходе отбора эти гены приобретут новые полезные функции.

## Загадочный фермент

Впервые нейлон изготовили в 1935 году. И лишь 40 лет спустя, в 1975 году, была обнаружена бактерия, способная выживать и переваривать не сам нейлон, а отходы от его производства – химические вещества, которые не существовали до начала производства нейлона.

Позже было замечено, что данная бактерия, теперь известная как *Arthrobacter KI72*, выработала несколько типов ферментов, способных утилизировать промышленные отходы. Первый тип – гидролаза б-аминогексановой кислоты, кодируемая генами *nylBs*, – стал широко известным под названием «нейлоназа».

Нейлоназа годами привлекала к себе внимание в качестве наглядной иллюстрации эволюции в действии. Однако возникло множество споров на предмет того, как именно она развилась.

В 1984 году генетик Сусуму Оно предположил, что одним из путей развития новых генов является мутация сдвига рам-

ки считывания, которая изменяет способ считывания генетического кода и, таким образом, полностью меняет аминокислотную последовательность белка. По мнению ученого, нейлоназа развивалась тем же образом.

Затем, в 1992 году, другая группа ученых заявила, что гены pu1B уникальны и развивались по довольно сложному и особенному механизму.

Сейджи Негоро из Университета Хиого в Японии утверждает, что эти мнения ошибочны. Его группа опубликовала множество исследований по структуре и эволюции нейлоновых ферментов. Проведенные им исследования структуры белка показали, что нейлоназа очень похожа на обычный тип ферментов, которые расщепляют беталактамазы – природные антибиотики, вырабатываемые многими организмами. Изменение всего двух аминокислот (две мутации) требуется для замены бета-лактамазного сайта связывания на один, способный к связыванию подобных продуктов нейлона.

И хотя Оно ошибся в отношении нейлоназы, он оказался прав в том, что мутации сдвига рамки считывания являются одним из путей развития генов. У одних только людей были обнаружены сотни примеров подобных мутаций.

### *Кому нужны новые гены?*

Организмам не обязательно образовывать новые гены, чтобы выполнять новые функции или создавать новые части тела. В разных частях организма идентичные белки играют разные роли, а один ген

может производить множество белков.

Альтернативный сплайсинг РНК, включающий в себя какие-то конкретные части гена, может генерировать целое разнообразие белков. Исследования показывают, что альтернативный сплайсинг встречается у людей гораздо чаще, чем предполагалось, а большинство генов продуцировало по меньшей мере два варианта. Человеческий ген *bn2* может производить более 2000 различных белков, некоторые из которых не обладают никакими сходствами. Ген *Dscam* у дрозофилы способен образовывать впечатляющее количество вариантов – целых 38 000.

Но это еще не все. Можно одновременно редактировать РНК в двух разных генах для создания нового белка. Данный процесс называется транс-сплайсингом, и он способен значительно увеличить количество возможных белков.

# **Путь к становлению геноцентричных взглядов на эволюцию**

**5000 год до н. э.**

Люди начинают разбираться в наследовании, когда переходят на селекционное разведение полезного домашнего скота и сельскохозяйственных культур (кукуруза, пшеница, рис).

**400 год до н. э.**

Древнегреческие философы рассматривают механизмы наследования человека.

Гиппократ полагает, что материалом для наследственности служат крошечные частицы в организме, которые накапливаются в семенной жидкости родителей. Эти частицы смешиваются для создания признаков потомков.

**1859**

Чарльз Дарвин публикует «Происхождение видов» – собственное объяснение эволюции через естественный отбор. В книге содержится множество примеров того, как непостоянные признаки распространяются внутри популяции, но не приводится объяснения механизма их передачи.

**1866**

Августинский монах Грегор Мендель публикует подробные исследования по наследованию в растениях гороха и закладывает фундамент для современной генетики. Более трех десятилетий результаты его работ будут незамеченными.

## **1868**

Дарвин публикует работу «Изменение животных и растений в домашнем состоянии», в которой излагает свою гипотезу о пангенезисе – процессе, при котором частицы под названием «геммулы» передают признаки организма своим потомкам.

## **1900**

Голландские и немецкие ботаники повторно открывают законы Менделя о наследовании.

## **1905–1906**

Биолог Уильям Бэтсон, главный сторонник работ Менделя, придумывает термин «генетика». Вскоре разрабатывается концепция гена.

## **1920-е**

Новая область популяционной биологии начинает объединять идеи Дарвина и Менделя, определяя, как эволюция может работать на уровне генов.

**1937**

Феодосий Добржанский развивает современный синтез, определяя эволюцию следующими генетическими терминами: «изменение частоты аллеля [генного типа] в генофонде».

**1942**

Эрнст Майр обобщенно объясняет эволюцию новых видов. Например, когда географический барьер делает популяцию генетически несовместимой с исходными видами.

**1944**

Было доказано, что ДНК является материалом наследственности, а не белком, как это считалось ранее.

**1951**

Розалинд Франклин впервые получает изображения ДНК. Два года спустя Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик определяют структуру двойной спирали ДНК.

**1990**

Запускается проект «Геном человека». Проект завершится 13 лет спустя, когда будет обнаружена полная последовательность. Затем последуют исследования геномов многих других организмов.

## 4

# Как зародилась жизнь

*Эволюции нужен материал для работы. На протяжении многих миллионов лет после образования Земли наша планета была безжизненным местом с невыносимыми условиями. Затем, около 3,8 миллиарда лет назад, когда поверхность Земли остыла и образовались океаны, произошло нечто удивительное. Из первоначальных химических веществ на Земле возникла некая сущность, способная к самовоспроизведению. Так зародилась жизнь. Но как же именно это произошло?*

## Познакомьтесь с создателем

*Каким же был последний общий предок всего живого? И как именно он жил? Возможно, это так и останется тайной. Однако исследователи уже начали изучать эту давно утраченную форму жизни.*

Единственное, что мы знаем точно, – это то, что жизнь возникла в промежутке между формированием Земли (4,5 миллиарда лет назад) и появлением первых достоверных окаменелостей (порядка 3,4 миллиарда лет назад).

В 1859 году Дарвин опубликовал книгу «Происхождение видов», целая глава которой была посвящена проблеме отсутствия «промежуточных звеньев» – переходных форм, которые преодолели эволюционные разрывы между близкородственными видами. Если его теория верна, то ископаемые находки должны были пестреть этими звеньями. Но где же они?

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.