

Адам Резерфорд

# БИОГРАФИЯ ЖИЗНИ

От первой клетки  
до геной инженерии



# U N I V E R S U M

*О науке, ее прошлом и настоящем,  
о великих открытиях, борьбе идей  
и судьбах тех, кто посвятил свою  
жизнь поиску научной Истины*

Adam Rutherford

# Creation

The Origin of Life. The Future of Life

Адам Резерфорд

# БИОГРАФИЯ ЖИЗНИ

От первой клетки  
до геной инженерии



Москва  
БИНOM. Лаборатория знаний

УДК 575  
ББК 28.04  
Р34

*Серия основана в 2013 г.*

Ведущий редактор серии Ирина Опимах  
Перевод с английского Алексея Капанадзе

**Резерфорд А.**

Р34 Биография Жизни. От первой клетки до генной инженерии / А. Резерфорд ; пер. с англ. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 312 с. : ил. — (Universum).

ISBN 978-5-9963-1725-7

Эта книга — о том, что было до возникновения жизни на Земле, о том, как она возникла и что будет завтра, когда люди научатся сами создавать новые живые организмы. Читателю предстоит «пережить» четыре миллиарда лет эволюции, а также три века развития биологии, приведшие к поворотному моменту в истории человечества — возникновению синтетической биологии. Автор рассказывает о самых последних достижениях ученых, которые позволяют управлять процессами, идущими в живых организмах, и использовать их на благо человека.

УДК 575  
ББК 28.04

16+

---

*Научно-популярное издание*

Серия: «Universum»

**Резерфорд Адам**

**БИОГРАФИЯ ЖИЗНИ.  
ОТ ПЕРВОЙ КЛЕТКИ ДО ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ**

Ведущий редактор *И. В. Опимах*

Художник *В. Е. Шкерин*

Корректор *Е. В. Григорьева*

Компьютерная верстка: *Е. Г. Ивлева*

Подписано в печать 16.03.15. Формат 60×90/16.  
Усл. печ. л. 19,5. Тираж 500 экз. Заказ

Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»  
125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3  
Телефон: (499) 157-5272  
e-mail: info@pilotLZ.ru, http://www.pilotLZ.ru

---

Copyright © Adam Rutherford, 2013  
© Перевод на русский язык,  
оформление. БИНОМ. Лаборатория  
знаний, 2015

ISBN 978-5-9963-1725-7

# Оглавление

|  |            |
|--|------------|
| От автора . . . . .  | 5          |
| <b>Часть 1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ . . . . .</b>  | <b>7</b>   |
| Введение . . . . .   | 9          |
| Глава 1. Зачат, а не сотворен . . . . .  | 16         |
| Глава 2. Сливаясьсь воедино . . . . .  | 37         |
| Глава 3. Ад на Земле . . . . .   | 71         |
| Глава 4. Что такое жизнь? . . . . .  | 87         |
| Глава 5. Происхождение кода . . . . .  | 101        |
| Глава 6. Книга Бытия . . . . .   | 126        |
| <b>Комментарии, примечания и литература<br/>для дополнительного чтения . . . . .</b> | <b>150</b> |
| <b>Часть 2. БУДУЩЕЕ ЖИЗНИ . . . . .</b>  | <b>163</b> |
| Введение . . . . .   | 165        |
| Глава 1. Сотворен, а не зачат . . . . .  | 177        |
| Глава 2. Логика жизни . . . . .  | 196        |
| Глава 3. Революция и ремикс . . . . .  | 221        |
| Глава 4. В защиту прогресса . . . . .  | 240        |
| Послесловие . . . . .  | 277        |
| <b>Комментарии, примечания и литература<br/>для дополнительного чтения . . . . .</b> | <b>297</b> |
| Благодарности . . . . .  | 308        |

## От автора

Лучшие книги об эволюции, скорее всего, уже написаны. Это свидетельствует о величии, блеске и очевидной правильности идеи, которая лежит в основе эволюционной концепции. В ноябре 1859 года Чарлз Дарвин опубликовал книгу «Происхождение видов», где высказал глубокие суждения об эволюции, идущей при помощи механизма естественного отбора. И хотя, по законам научного прогресса, теории и модели постоянно развиваются, за полтора столетия, прошедшие с момента выхода этого труда, всевозможные биологические исследования, в сущности, лишь подкрепляли основополагающую мысль «Происхождения видов» — биологические виды меняются со временем, приобретая либо утрачивая признаки в зависимости от их полезности. Это и есть «наследование изменений», как вслед за Дарвином часто называют такой процесс. Полтора века научных изысканий показывают с почти абсолютной несомненностью: идея естественного отбора выдержала проверку временем.

Эта книга — о том, что было до того, как возникли виды, и о том, что будет дальше, когда мы научимся конструировать формы жизни, выйдя за рамки естественного отбора. Выражаясь по-голливудски, речь пойдет о приквеле и сиквеле жизни. Обе половинки книги имеют отношение к наследованию изменений. В первой части мы обсудим истоки жизни — восходя от безжизненной химии к биологии, среди грохота первозданных скал и морей, в бурлящем пузырящемся вихре юной Земли. Вторая же часть книги посвящена попыткам изменить жизнь при посредстве человека — целенаправленному придумыванию, планированию и построению новых форм жизни. Чтобы понять эти непростые процессы, нам придется осознать 4 миллиарда лет эволюции, а также 2–3 века развития биологии, приведшие нас к этому поворотному моменту в истории человечества. Эти два поля деятельности в высшей степени взаимозависимы, соответствующие идеи тесно переплетены друг с другом, и эти связи служат отличным свидетельством могущества на-

уки и нашего ненасытного любопытства, заставляющего нас постоянно выяснять, «как же все обстоит на самом деле». По мере того как мы все глубже понимаем процессы, благодаря которым эволюция стартовала в далеком прошлом, мы учимся на все более глубинном уровне управлять биологией в настоящем — и наоборот: разнимая клетки и вновь соединяя их искусственным путем, мы все больше узнаем о тех условиях, в которых некогда появилась первая жизнь на Земле.

Именно поэтому книга разбита на две части, каждую из которых можно читать независимо от другой, хотя их сюжеты переплетены теснейшим образом. Если вначале вы хотите ознакомиться с будущим жизни на Земле, просто сразу приступите ко второй части.



Часть 1

# *Происхождение жизни*

*Дэвиду Резерфорду,  
из чьих клеток я произошел*

# Введение

Представьте, что вам не повезло и вы, раскрывая эту книгу, порезались страницей. Неприятная, но вполне тривиальная травма. Ну да, она болезненна, но исцелить ее легко. Однако отклик, который вызывает в вашем организме такой разрез, оказывается многоуровневым и весьма сложно организованным. Чем-то он напоминает реакцию человечества на крупномасштабное бедствие вроде наводнения или землетрясения. Как и при таких катастрофах, первая стадия тут — аварийные меры.

Все, что происходит при этом в вашем порезе и вокруг него, является результатом замечательно согласованной деятельности отдельных живых клеток. В тот самый момент, когда острый край бумаги проходит сквозь внешний слой вашей кожи, мгновенно вступают в действие клетки кожи под названием ноцицепторы. По длинным нервным волокнам, которые тянутся от их поверхности, электрический сигнал за какую-то долю секунды пролетает от порезанного кончика пальца до клеток коры головного мозга. С ее-то помощью вы и ощущаете боль. Со скоростью мысли (то есть молниеносно) ваш мозг шлет послание группам мышечных клеток вашей руки, приказывая им согласованно дернуться определенным образом. Соответствующая мышца сокращается. Рука отдергивается. И все это случается в какое-то мгновение.

Порез отрывает друг от друга клетки стенок кровеносных сосудов — ключевое событие для запуска процесса заживления раны. Из-за вскрытия капилляров кровь заполняет ранку. Своим алым цветом она обязана гемоглобину, белковой молекуле, которая разносит кислород по вашему организму и которая упакована в вогнутые диски красных кровяных телец, по форме напоминающих круглые мятные леденцы, обсосанные с обеих сторон. Красные кровяные тельца составляют чуть меньше половины всего объема — 5 литров — крови среднестатистического взрослого человека. Остальное — в основном плазма; по сути просто вода.

Но в плазме находятся клетки (по объему их менее 1% всей крови), играющие важнейшую роль в заживлении раны. Это белые кровяные тельца (лейкоциты), и их работа — обнаруживать, сокрушать, не пускать в организм коварных захватчиков, пользуясь любой возможностью, чтобы проникнуть в ваше тело. Среди них — бактерии; едва вы порезались, они тут же начинают лезть в ваше тело, чтобы в нем размножиться, попутно внося инфекцию.

Между тем кончик нервной клетки, породившей эту боль, посылает в кровь сигнал, привлекающий тромбоциты — своего рода «отряд быстрого реагирования» нашего организма. Эти клетки слипаются вместе, образуя сгусток-тромб и тем самым препятствуя дальнейшей потере крови. Кроме того, они служат как бы аварийными маячками, вызывая на место других «рабочих» — клетки и белки, которые защищают рану и иницируют процесс восстановления поврежденных тканей. Клетки мышечной ткани стенок артерии синхронно сокращаются, и ваш палец ощущает пульсирующую боль. Эти спазмы останавливают кровоток в месте ранения и препятствуют кровопотере, тем самым помогая иммунным клеткам оставаться на месте действия. Образование тромба также препятствует потере крови и кровотечению, знаменуя собой первую стадию затягивания раны. Теперь, когда между внутренней частью вашего тела и окружающим миром вновь возведен барьер, можно запустить процесс очистки и восстановления.

Проходит час, и порезом от бумаги теперь занимаются главным образом клетки-нейтрофилы. На мембранах у них имеются детекторы, улавливающие химические сигналы опасности, пульсацию которых они ощущают на поверхности кожи, в результате чего нейтрофилы движутся в сторону наиболее сильных из этих сигналов. Прибыв на место аварии, нейтрофилы действуют как квалифицированные уборщики, обнимая собой бактерии и всасывая мусор. Когда задача выполнена, эти клетки самоуничтожаются.

На протяжении следующих 24 часов на место выступает еще один отряд клеток, каждая из которых в ходе своего развития становится гигантским «пакманом» иммунной си-

стемы — макрофагом (в переводе с греческого — «большим едоком»). Эти клетки пожирают трупы нейтрофилов и другие потенциально опасные останки — все, что могут отыскать в пределах досягаемости.

Важно то, что сам по себе разрез не просто «стягивается обратно», иначе наша кожа утратила бы чувствительность на месте ранки. Но порез и не просто запечатывается новыми клетками кожи, иначе вся кожа у нас постоянно была бы в выступах и шишках. Наш организм изо всех сил старается делать ремонт как можно незаметнее, восстанавливая тело так, чтобы оно вернулось к состоянию, в каком находилось до травмы. Ранку необходимо затянуть свежей плотью, а для этого требуется сложное взаимодействие клеток. Так рождается новая живая ткань.

При такой реконструкции, как и при всяком строительстве, вначале нужно заложить фундамент. Еще пару дней строительные клетки-фибробласты стекаются на место разреза, делятся, движутся через поверхность ранки во всевозможных направлениях, раскидывая манжетообразные отростки — псевдоподии («ложноножки»). Этот поход кончается, когда отростки встречаются посередине, образуя слой подложки, позволяющей начать полное воссоздание ткани. Затем эти клетки начинают превращаться в частицы новых кровеносных сосудов и ткани кожи. Зафиксированные на месте, они выделяют коллаген, чтобы создать своего рода матрицу — строительные леса для этой реконструкции.

Кожа, как нетрудно догадаться, состоит из клеток, однако не одного типа. Клетки нашей кожи растут изнутри, слой за слоем, а отмершие клетки отшелушиваются с внешней поверхности кожи в процессе постоянного обновления. В упомянутую матрицу погружено и множество иных клеток — скажем, клеток волосяных луковиц (фолликул), потовых и сальных желез, кровеносных сосудов (капилляров), снабжающих плоть кислородом и питательными веществами. И клетки всех этих типов нужно воссоздать при ремонте.

Спустя месяц после того, как вы столь неудачно открыли книгу, порез будет практически заживлен. Но еще дол-

[ . . . ]

# *Зачат, а не сотворен*

Живые существа состоят из клеток. Эти микроскопические студенистые мешочки невероятно разнообразны. У одних видов (скажем, у нас с вами) их число не является фиксированным, да и не в количестве дело: около 50 триллионов клеток, которыми обладает взрослый человек, принадлежат к сотням различных типов — от А до Z, от астроцитов мозга до эндокриноцитов желудка. По форме и размерам они также весьма различны. Самые длинные клетки — нейроны спинного мозга, они могут тянуться через весь позвоночник до пальца на ноге. «Размер имеет значение» — эта фраза ассоциируется с сексом. И в самом деле, среди самых крупных клеток человека — яйцеклетки, их можно даже различить невооруженным глазом. А самые маленькие клетки — сперматозоиды, их партнеры. Но если эти ребята не добирают в размере, они с лихвой возмещают количеством: средний взрослый мужчина может вырабатывать 10 миллиардов сперматозоидов в месяц, тогда как женщина обладает лишь ограниченным числом яйцеклеток, и в период между половым созреванием и наступлением менопаузы каждый месяц то из одного, то из другого яичника выделяется лишь одна яйцеклетка. Женщины рождаются с уже готовыми яйцеклетками, и новых в течение жизни не появляется. Таким образом, ваша первая клетка начала свою жизнь еще в утробе вашей бабушки. В отличие от яйцеклеток большинство других наших клеток не удастся увидеть невооруженным глазом, и даже под микроскопом почти все они выглядят невзрачно: крошечные бесцветные комочки, шарики или пузырьки, окруженные чуть менее бесцветной мембраной, обычно сидящие на неприметной грязноватой подложке. В лаборатории мы замораживаем биологическую ткань и рассекаем ее на слои толщиной меньше одной сотой миллиметра,

а затем помещаем срезы на предметные стекла, и клетки кажутся плотно уложенными, слагающимися в абстрактные узоры. А иногда мы специально выращиваем культуру клеток в особом «питательном бульоне», там они плавают, словно мутные звезды в белесоватом небе. Мы окрашиваем клетки во всевозможные оттенки розового и лилового, а в последние годы — во флуоресцентные зеленые и красные тона. Такое окрашивание помогает лучше видеть происходящие в них процессы. Но в живом организме большинство клеток тускло-матовы, точно медуза.

Клетки каждого типа — чрезвычайно специализированные «члены общества», они трудятся совместно с другими (и в унисон с ними) над строительством организма, обеспечивая его функционирование. И каждый процесс в нашей жизни — результат труда клеток. Когда вы читаете эту фразу, мышечные клетки вокруг ваших глазных яблок попеременно сокращаются и расслабляются, управляя движением глаз слева направо. А если вы оторвете взгляд от страницы и посмотрите вдаль, кольцо мышечных клеток позволит вам сфокусировать взгляд на удаленных объектах, растягивая прозрачные клетки хрусталика. Вы двигаете глазами безо всяких усилий, однако это простое, казалось бы, действие требует сложнейшей неосознанной координации движений. Фотоны света проходят сквозь хрусталик и попадают на клетки-фоторецепторы глазного дна — палочки и колбочки вашей сетчатки. Там фотоны собираются и трансформируются в электрические импульсы, которые идут через нейроны по зрительному нерву в мозг, где они обрабатываются, воспринимаются и (если повезет) понимаются. Каждое движение, каждый удар сердца, каждая мысль и эмоция в вашей жизни, всякое чувство — любви или ненависти, скуки, воодушевления, боли, разочарования, радости, каждый случай, когда вы напиваетесь и наутро страдаете от похмелья, всякий синяк, чихание, желание почесать нос или высморкаться, все, что вы в жизни слышали, видели, обоняли, пробовали на вкус, — результат общения ваших клеток друг с другом и с остальным миром.

Дуглас Адамс<sup>1</sup> заметил как-то, что «Земля» — не самое подходящее имя для нашей планеты, ведь основная часть ее поверхности являет собой не твердь, а воду. Но если вы хотите назвать наш шарик по свойству, которое по-настоящему отличает его от восьми сотен уже открытых планет, вспомните о клетках. Насколько нам известно, Земля уникальна тем, что буквально кишит жизнью, а ведь каждое существо на нашей планете состоит из клеток. А если учесть, что из каждых десяти видов живых объектов, когда-либо населявших Землю, девять уже вымерли, количество когда-либо существовавших на нашей планете клеток кажется совершенно невообразимым.

Это весьма современный подход. Биология — молодая наука, ей самое большее 350 лет по любым разумным подсчетам и лишь 150, если принять во внимание рождение современной науки. Родословная физики почтеннее. К середине XVII века ученые составили весьма точные карты некоторых областей Вселенной, подтвердившиеся в дальнейшем. Как раз тогда Исаак Ньютон выводил комплекс законов, объяснявших, почему предметы движутся именно так и почему мы можем стоять на поверхности Земли и не падать, хотя она вращается. Однако то, что мы теперь называем науками о жизни, развивалось с большим отставанием. Дело в том, что отправной точкой для многих научных открытий и для научного прогресса как такового является возможность воочию наблюдать объект и пытаться понять, почему он именно таков. В отличие от звезд и планет клетку никто не видел до 1673 года. А если и видел, то не осознавал, что это именно клетка.

В ту эпоху сама наука еще только формировалась. Ученые-джентльмены, такие, как Ньютон или Роберт Гук, основали первую в мире организацию естествоиспытателей — Королевское научное общество. Однако человек, впервые заглянувший в микромир клетки, тем самым дав начало микробиологии, отнюдь не был ученым-аристократом,

---

<sup>1</sup> Дуглас Адамс (1952–2001), английский писатель, работавший в жанре юмористической фантастики. Известен главным образом благодаря своей книге «Автостопом по Галактике». (Прим. перев.)



увенчанным пышным париком. Как ни странно, у истоков современной биологии стоял скромный голландский торговец льняным товаром по имени Антони ван Левенгук.

Не сразу придет в голову, что бизнес, связанный с продажей и производством тканей, неразрывно связан и с постоянным улучшением оптических линз. Дело в том, что торговцы тканями постоянно проверяли толщину волокна, а значит, и качество материи, с помощью увеличительных стекол, похожих на те, какими пользуются часовщики. Левенгук был опытным и методичным шлифовальщиком линз, он работал в Делфте, мануфактурной столице Голландии и совершенстве освоил методику, при которой горячий стеклянный стержень растягивали и расплющивали, придавая ему шарообразную форму. Однако хитроумный голландец хранил в секрете особенности процесса. Благодаря этой технологии Левенгук стал величайшим микроскопистом своего времени. Его линзы представляли собой крошечные толстенькие капли, немногим крупнее зернышка перца. Он прикреплял их к специальным «ловушкам», которые приходилось держать в руке. Сегодняшние микроскопы выглядят совсем по-другому. Его приборы, ставшие прародителями современной оптической техники, являли собой прямоугольные медные пластинки с дыркой на одном конце, где должна была располагаться каплевидная сферическая линза из стекла. С одной стороны пластинки имелся серебряный шип, чтобы удерживать образец перед линзой. С помощью винта, прикрепленного к шипу, можно было фокусировать изображение. Именно большая относительная толщина линз давала детищам Левенгука такую мощную увеличивающую способность, намного превосходящую возможности тогдашних микроскопов.

В этом состояло его технологическое преимущество перед конкурентами в науке. Кроме того, он обладал ненасытным любопытством. Попросту говоря, Левенгуку нравилось смотреть через свои линзы на самые разные мелкие вещи. Надеюсь, вы хорошо себе представили порез бумагой, о котором я говорил во введении. Так вот, Левенгук нарочно спровоцировал точно такой же процесс «ремонта организ-

[ . . . ]

Часть 2

## *Будущее жизни*

*Беатрисе и Джейку,  
которые произошли от моих клеток*

# Введение

*То, чего я не могу создать сам, я не понимаю.*

Ричард Фейнман. 1988

Каков лучший способ выяснить, как работает та или иная вещь? Тут есть несколько подходов: к примеру, можно понаблюдать, как она себя ведет, доведя ее до разрушения или хотя бы до стадии отказа. Но это позволит вам узнать не так уж много. Чтобы понять, как устроена сложная штука, лучше разъять ее на части. Автомеханик не поймет всех тонкостей двигателя внутреннего сгорания, просто гоня машину по скоростной трассе. Чтобы понять, как устроен мотор, нужно разобрать его и посмотреть, как детали подогнаны друг к другу, какую функцию выполняет каждая из них по отдельности и как они друг с другом соотносятся.

Еще до того, как в XVII веке была открыта основополагающая единица жизни, клетка<sup>1</sup>, биологи начали пристально наблюдать, как работают живые организмы, и проводить соответствующие эксперименты. Однако самый плодотворный подход — разъять живое на части. Леонардо да Винчи был весьма искусным анатомом, он нарисовал множество затейливых схем внутренностей животных и человека, стараясь определить, какова структура наших органов и каковы их функции. В начале XVII столетия Уильям Гарвей открыл механизмы кровообращения, рассекая сложное пе-

---

<sup>1</sup> Некоторые ученые считают, что вирусы (или по крайней мере некоторые их типы) тоже относятся к категории живых организмов. Вирусы действительно обладают многими характеристиками, типичными для клеток, которые с большей уверенностью можно назвать живыми. Однако у вирусов в отличие от клеток нет собственного аппарата для самовоспроизводства. Чтобы размножаться, им необходимо паразитировать на живых клетках. Вопрос «что есть жизнь?» обсуждается в четвертой главе первой части книги, однако следует заметить, что я ради простоты решил придерживаться здесь общепринятой (хотя и тоже не бесспорной) точки зрения, согласно которой вирусы не являются живыми существами.

реплетение вен и артерий у животных и человека, когда исследовал устройство сердца людей и зверей.

Полвека спустя голландский торговец мануфактурой Антони ван Левенгук открыл клетки — те штуки, из которых сделаны все формы жизни. По мере усовершенствования микроскопов ученые все пристальнее всматривались во внутреннее устройство этих крошечных мешочков живого вещества, раскрывая все новые их тайны, и в конце концов сумели снять с них защитную оболочку — мембрану. В XIX веке простое наблюдение сменилось, по сути, химико-детективными изысканиями. Специалисты начали описывать состав клеток, открыв белки и другие важнейшие ингредиенты жизни.

Именно в XIX веке благодаря химическим методам удалось впервые выделить ДНК, хотя понадобилась еще почти сотня лет, прежде чем ученые осознали ее важность и установили ее структуру, вычертив знаменитую двойную спираль. В 1869 году молодой врач Иоганн Фридрих Мишер работал в немецком Тюбингене. Франко-прусская война была в самом разгаре, и он мог изучать пропитанные гноем бинты раненых солдат, медленно умиравших в местном госпитале. Гной содержит повышенное количество белых кровяных телец — лейкоцитов: они призваны противостоять вторжению чужеродных болезнетворных частиц в открытую рану. Извлекая различные ингредиенты из зловонных повязок, ученый выделил вещество, содержавшее значительное количество фосфатных групп. Эту небольшую пятиатомную группу (один атом фосфора, четыре атома кислорода) не так уж часто встречали в тех белках, чей химический состав в ту пору уже был неплохо известен. Поэтому Мишер решил, что выделил какое-то иное вещество. Он назвал его нуклеином, ибо получал его главным образом из ядер лейкоцитов несчастных солдат (ядро — отдельная единица, располагающаяся в центре клетки всех многоклеточных существ). Названия белков обычно оканчиваются на «-ин» (гемоглобин, инсулин), и есть искушение предположить, что Мишер все же считал свой нуклеин белком. К сожалению, его работу в то вре-

мя никто не продолжил, и лишь много лет спустя ученые показали, что «нуклеин» принадлежит к совсем другому классу молекул. Позже эта молекула получила название ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота).

В 1953 году Уотсон и Крик, пользуясь данными Розалинд Франклин и Мориса Уилкинса, определили структуру ДНК. Это открытие принесло им мировую известность. Затем Крик наряду с десятками других специалистов несколько лет разгадывал, каким образом двойная спираль ДНК сохраняет в себе жизненно важную информацию — инструкции, как сделать организм. У каждого вида набор этих инструкций свой, он называется геномом. Как он у нас работает, как он нам служит? Ученые выясняли это в рамках самого масштабного биологического исследования в истории — проекта «Геном человека». Исследование завершилось в первом десятилетии XXI века: удалось прочесть все три миллиарда букв ДНК, какие имеются у среднестатистического человека, хотя многие загадки человеческой геномики еще предстоит разрешить.

Открытие, сделанное Уотсоном и Криком, — важнейшая веха в развитии науки. Во многом именно благодаря этому открытию вторая половина XX века стала эпохой молекулярной биологии, а к концу века значительная часть всех научных исследований, ведущихся на планете, так или иначе относилась к молекулам жизни — ДНК, ее столь же важной родственнице РНК и белкам. Понимание их структуры, особенностей функционирования, универсальной природы решительно перевернуло наши представления о живых организмах. Как рассказывается в первой части этой книги, молекулярная биология и собственно исследования ДНК стали последними кирпичиками в здании эволюции, они подарили нам тот объединительный механизм, благодаря которому мы можем проследить наше развитие вглубь прошлого, дойдя до истока всего живого, ростка, из которого выросло разветвленное древо жизни.

Однако такие исследования помогли выработать и новые способы для изучения ныне существующих живых объектов. Как мы увидим в последующих главах, понимание

[ . . . ]

## Глава 1

# Сотворен, а не зачат

*Я против природы. Я ее вообще терпеть не могу.  
По-моему, все естественное очень неестественно.*

Боб Дилан

Веснушка выглядит вполне нормальной юной особой. У нее яркие глаза, здоровая белая шерстка, она весело резвится с Пудингом, Конфеткой и пятью остальными своими братьями и сестрами, как и полагается молоденькой козочке. Она очень любит жевать мою штанину и частенько делает это до тех пор, пока ее не шуганешь. И для обычного наблюдателя, и для профессионального пастуха-козопаса она обыкновеннейшая и нормальнейшая коза, каких полно на каждой ферме.

Однако на самом-то деле Веснушка — весьма необычное создание. Почти весь ее геном вполне типичен для козы, однако в ее ДНК имеется чужеродное вкрапление, взятое у *Nephila clavipes*, паука-золотопряда. Язык ДНК абсолютно одинаков и у коз, и у пауков, и вообще у всего живого, однако наличие этого фрагмента кода смотрится в геноме козы как нечто абсолютно чуждое. Фрагмент встроили в определенное место Веснушкиного генома, рядом с зашифрованной инструкцией по производству молока в вымени. В результате такого генетического вторжения молоко Веснушки оказывается насыщено паутиной.

Веснушка — творение группы ученых из университета штата Юта, возглавляемой Рэнди Льюисом. Мне довелось посетить их лабораторию, которая, собственно говоря, представляет собой ферму близ подножия живописного хребта Логан и очень отличается от стерильных помещений типичной лаборатории, где занимаются молекулярной биологией. Однако антураж выбран удачно: Льюис и его коллеги — в каком-то смысле наиболее передовые фермеры в



истории нашего вида. Их интересует особая разновидность паучьего шелка — тонкие нити, которые позволяют паукам не падать на землю. У этого материала невероятные физические свойства, сочетание прочности и эластичности, пока не превзойденное ни одним из материалов, которые может произвести человек. Род пауков, умеющих плести паутину, существует на Земле с Юрского периода, который начался примерно 201 миллион лет назад. Эволюция решила наделить именно пауков способностью вырабатывать такое вещество; человек, несмотря на все усилия, до сих пор не в состоянии произвести его искусственно, однако паук преспокойно делает это, причем в огромных количествах. Современные текстильщики умеют получать очень крепкие или очень эластичные волокна, однако сочетать эти свойства в одном и том же материале не получается. Вот почему появилась Веснушка — неестественное творение ученых.

Больше 10 тысяч лет, с тех времен, когда человек начал осваивать сельское хозяйство, люди подмечают в творениях природы какие-то нужные свойства, а затем пытаются их усиливать и использовать. В этом и состоит суть фермерства. Сей процесс в основе своей противоположен естественному отбору, хотя в нем задействованы точно такие же средства. То, какие черты, возникшие в результате ненаправленной адаптации, будут эволюционировать дальше, определяется не выживанием носителей этих черт, а человеком: мы сами выбираем признаки, на наш взгляд предпочтительные, и выводим породы или сорта, чтобы добиться оптимального уровня этих свойств, будь то фрукт, злак, скот, от которого нам нужны мясо, молоко или кожа, собаки, от которых требуется определенное поведение, или декоративные растения, разводимые из эстетических соображений. Сельское хозяйство — направляемая человеком эволюция.

До начала эры генной инженерии подобный искусственный отбор был ограничен самой природой. Дать точное определение биологическому виду, как известно, нелегко, однако одна из удобных дефиниций гласит: вид — это группа организмов, которые при скрещивании дают потомство, также способное к размножению и порождению себе подоб-

ных. У этого определения есть свои недостатки, и сам процесс разграничения видов представляет собой одну из важнейших проблем биологии. Однако с точки зрения простого фермера границы между видами непроницаемы. Грубо говоря, свинью с быком ни за что не скрестить.

Нужные людям признаки животных и растений постепенно усиливаются с помощью тщательного, осторожного и планомерного скрещивания на протяжении многих поколений. Этот факт хорошо знал Чарлз Дарвин. Первая глава «Происхождения видов» как раз и посвящена не его главному тезису об эволюции, идущей путем естественного отбора, а искусственному отбору голубей. В этом голубином разделе великий ученый демонстрирует, что биологические виды не являются чем-то неизменным, а могут меняться с течением поколений. Птицы, которых он описывает, выводились на протяжении тысяч голубиных поколений соперничавшими друг с другом голубятниками — с целью добиться еще более нелепо-впечатляющего хохолка, шеи или лап, благодаря чему такие породы и получали названия «трубачей», «зобастых», «красногрудых», «чернохвостых» и т.п. Благодаря методичному изучению строения их скелетов, опровергнув стойкие убеждения голубятников, Дарвин пришел к совершенно справедливому выводу, что все эти породы — лишь вариации одного и того же вида, сизого голубя *Columba livia*.

С открытием генетического кода — ДНК — и с первыми нашими удачными попытками им манипулировать мы вплотную подошли к тому, чтобы вообще обойти ограничения, налагаемые эволюцией, и решительно перешагнуть межвидовой барьер. С точки зрения ныне доступных нам технологий генной модификации коза Веснушка не представляет ничего такого уж необычного, однако она является примером именно нарушения биологических границ. Свиньи и коровы относятся к парнокопытным млекопитающим, в эволюционном смысле те и другие очень близки друг к другу и, например, к верблюдам, жирафам и гиппопотамам. Их общие предки существовали несколько десятков миллионов лет назад — краткий миг по масштабам эволюции. Однако этого времени оказалось достаточно для

того, чтобы теперь межвидовое скрещивание между ними оказалось совершенно невозможно: если хряк с коровой и попытаются спариться, жизнеспособное потомство они не породят. Этот барьер возник вследствие постепенного расхождения генетически несовместимых свойств, хотя их физическое сношение, в общем, можно себе представить. Некоторые близкородственные виды зверей при межвидовом скрещивании все-таки порождают жизнеспособных отпрысков: так появляются зеброслы, лигры, лошаки. Впрочем, обычно эти гибриды не дают потомства, а значит, представляют собой тупиковую ветвь эволюции<sup>1</sup>.

Последний общий предок паука и козы бродил по Земле, возможно, около 700 миллионов лет назад, когда существа, обретавшие твердую оболочку-панцирь (скажем, насекомые и ракообразные), начали отдаляться на эволюционном пути от животных с мягкой оболочкой — к примеру, рыбообразных или рептилиеобразных тварей, от которых в итоге произошли мы с вами. Поскольку дерево многоклеточной жизни растет лишь благодаря постоянному ветвлению и поскольку в дальнейшем эти ветви лишь отдаляются друг от друга, пауки и козы с тех пор не могли обмениваться друг с другом генами или ДНК. В отличие от самца зебры и ослицы (или даже хряка с коровой), любовный союз между пауком и козой, как нетрудно догадаться, просто физически невозможен. Но код ДНК, который они в себе несут, одинаков абсолютно для всех форм жизни. Тот же язык, тот же формат представления информации. Поэтому если встроить ген паука, отвечающий за выработку паутины, в геном козы, притом сделать это аккуратно, чтобы не нарушить важных

<sup>1</sup> Зебро(о)сел — гибрид самца зебры и ослицы. Лигр — гибрид льва и тигрицы. Лошак — гибрид жеребца и ослицы (в отличие от мула, который, наоборот, является плодом союза осла и кобылы). Стерильность этих необычных гибридов вполне согласуется с правилом Холдейна (названным в честь того самого Дж.Б.С.Холдейна, который придумал термин «первичный бульон»). Этот принцип утверждает: когда между двумя видами происходит успешное скрещивание, в потомстве (первого поколения) будут отсутствовать представители пола, наделенного двумя различными половыми хромосомами. Иными словами, у млекопитающих будут отсутствовать самцы (XY), а не самки (XX). У птиц и бабочек ситуация обратная: у их самцов две одинаковые половые хромосомы, у самок — разные.

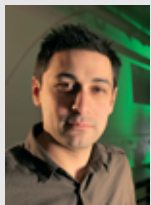
[ . . . ]

# UNIVERSUM

*О науке и ее творцах –  
самое интересное и невероятное*

Что такое жизнь? И как она возникла на Земле? Эти вопросы волновали людей тысячелетия. И сегодня точных ответов на них нет, но ученые все ближе и ближе подступают к постижению тайны жизни.

Изучая строение клеток и механизмы наследственности, пытаясь заставить их работать на благо человека, биологи создают новые формы живого, которых раньше на Земле не было. Тут и козы-шелкопряды, и микроорганизмы, которые помогут нам справиться с энергетическими кризисами, победить рак и другие болезни. В будущем биологии – решение сложнейших проблем современного мира: от дефицита продовольствия и эпидемий до изменений климата. Все это сегодня звучит как фантастика, но иногда прогнозы фантастов сбываются...



**Адам Резерфорд**, известный генетик и популяризатор науки, зовет читателя в увлекательное путешествие – сначала в прошлое, когда на Земле возникла первая живая клетка, а потом в будущее, где появятся новые, созданные учеными и служащие человеку еще неизвестные нам формы жизни...