

# Оглавление

Предисловие ..... 7

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ ДВОЙНАЯ ЦЕНА

<b>Глава первая, в которой читатель встретит стадо несуществующих слонов</b> <i>Дарвиновский отбор</i> .....	15
<b>Глава вторая, в которой улитки дорого заплатили за свои глупости</b> <i>«Двойная цена» полового размножения</i> .....	23
<b>Глава третья, в которой рассмотрена роль секса в жизни Льва Николаевича Толстого</b> <i>Рекомбинация</i> .....	31
<b>Глава четвертая, в которой организм отморозил себе уши назло зародышевой плазме</b> <i>Изменчивость и мутации</i> .....	41
<b>Глава пятая, в которой от угрозы генетического вырождения можно отбиться топором</b> <i>Мутационная катастрофа</i> .....	53
<b>Глава шестая, в которой появляются бесстыжие ящерицы</b> <i>Переход к бесполости</i> .....	63
<b>Глава седьмая, в которой биологи разбирались, кто с кем борется в теории Дарвина</b> <i>Групповой отбор и адаптивный ландшафт</i> .....	73
<b>Глава восьмая, в которой рассмотрены особенности секса на лоне природы</b> <i>Викарий из Брея</i> .....	84
<b>Глава девятая, в которой раскрывается тайна двух королев</b> <i>Паразитизм</i> .....	95
<b>Глава десятая, в которой автор раскланивается с генетиками, понимающими математику</b> <i>Усложнение моделей</i> .....	104

ЧАСТЬ ВТОРАЯ  
ДВЕ КОМАНДЫ

<b>Глава одиннадцатая, в которой читателю навязывают концепцию гендерного дуализма</b>	
<i>Двуполость</i> .....	113
<b>Глава двенадцатая, в которой читатель узнает о сексуальных проблемах сыроежек</b>	
<i>Типы спаривания</i> .....	123
<b>Глава тринадцатая, в которой автор почти забывает, о чем шла речь</b>	
<i>Анизогамия как ЭСС</i> .....	133
<b>Глава четырнадцатая, в которой распутные самцы оказываются ошибкой эксперимента</b>	
<i>Принцип Бейтмана</i> .....	145
<b>Глава пятнадцатая, в которой Дарвина тошнит от павлинов</b>	
<i>Половой отбор</i> .....	156
<b>Глава шестнадцатая, в которой природа находит отличный способ разбить игроков на две команды</b>	
<i>Половые хромосомы</i> .....	168
<b>Глава семнадцатая, в которой выясняется, как все работает</b>	
<i>Определение пола у человека</i> .....	178
<b>Глава восемнадцатая, в которой противоположные воробьи притягиваются</b>	
<i>Возникновение половых хромосом</i> .....	186
<b>Глава девятнадцатая, в которой утконос из последних сил противостоит гендерной небинарности</b>	
<i>Эволюция половых хромосом</i> .....	195
<b>Глава двадцатая, в которой вымирание мужчин временно откладывается</b>	
<i>Деградация половых хромосом</i> .....	205
<b>Глава двадцать первая, в которой не хватает мальчиков</b>	
<i>Мейотический драйв</i> .....	214
<b>Глава двадцать вторая, часть которой вообще-то написал Борис Жуков</b>	
<i>Теория Геодакяна</i> .....	223

**Глава двадцать третья,  
в которой супруги не сошлись характерами**  
*Конфликт полов*..... 232

**Глава двадцать четвертая,  
в которой во всем обвинили митохондрии**  
*Однородительское наследование* ..... 245

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ  
УМНОЖЕНИЕ И ДЕЛЕНИЕ

**Глава двадцать пятая,  
в которой древний микроб находит друга**  
*Великий симбиоз* ..... 257

**Глава двадцать шестая,  
из которой читатель с изумлением узнает, что он почти архея**  
*Гаплоиды и диплоиды*..... 268

**Глава двадцать седьмая,  
в которой появляется слово «парасексуальный»**  
*Секс до секса*..... 278

**Глава двадцать восьмая,  
в которой тля, осака и нерадивый студент путаются в фазах мейоза**  
*Схема мейоза*..... 288

**Глава двадцать девятая,  
в которой упоминаются ядерная война и Анджелина Джоли**  
*Модели рекомбинации*..... 300

**Глава тридцатая,  
в которой хромосомы узнают, что они гомологичные**  
*Синапсис*..... 313

**Глава тридцать первая,  
в которой читатель погружается в сердцевину тьмы**  
*Центромера*..... 324

**Глава тридцать вторая,  
в которой автор вытаскивает из механизма мейоза отдельные детальки и любит их**  
*Мейотические белки* ..... 335

**Глава тридцать третья,  
в которой обосновывается престолонаследие по мужской линии**  
*Мейотические аресты* ..... 344

**Глава тридцать четвертая,  
внутри которой есть «интрон» — глава тридцать пятая**  
*Поиски главного в мейозе* ..... 358

<b>Глава тридцать пятая, в которой плесневой грибок удивил биологов парадоксом Рассела</b>	
<i>Контроль над транспозонами</i> .....	364
<b>Окончание главы тридцать четвертой, в котором мейоз может оказаться защитой от изнасилования</b>	
<i>Редукционная гипотеза</i> .....	370
<b>Глава тридцать шестая, в которой нарушается свобода рекомбинации</b>	
<i>Контроль над рекомбинацией</i> .....	375
<b>Глава тридцать седьмая, содержащая небольшое добавление</b>	
<i>Потеря гетерозиготности</i> .....	385

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ  
СЕКС В ОБЩЕСТВЕННЫХ МЕСТАХ

<b>Глава тридцать восьмая, в которой непристойное поведение оказывается заложеным в генах</b>	
<i>Причуды турухтанов</i> .....	393
<b>Глава тридцать девятая, в которой одним больше нравится арбуз, а другим — дыня</b>	
<i>Генетика человеческой сексуальности</i> .....	400
<b>Глава сороковая, в которой муравьи и пчелы стали примером для подражания</b>	
<i>Пол и альтруизм</i> .....	411
<b>Глава сорок первая, в которой Гален и Гиппократ поспорили из-за женщины</b>	
<i>Эволюция оргазма</i> .....	422
<b>Глава сорок вторая, в которой секс мог сделать из обезьяны человека</b>	
<i>«Соблазняющий разум»</i> .....	434
Вместо заключения.....	449
Благодарности.....	453

## Предисловие

Главную проблему научно-популярного жанра почти столетие назад точно обозначил Бертран Рассел: «Пересказ глупым человеком того, что говорит умный, никогда не бывает правильным, потому что он бессознательно превращает то, что слышит, в то, что он может понять»\*. Такое замечание могло бы отбить у меня охоту браться за этот проект, но, кажется, не отбило, и вот почему.

Хорошо, конечно, когда каждый рассуждает только о том, в чем он по-настоящему разбирается. Однако я не уверен, что такой идеал осуществим на практике: это сильно бы затруднило диалог между людьми. Люди очень часто, то есть почти всегда, беседуют между собой о том, в чем разбираются очень слабо или даже вообще ни в зуб ногой. С одной стороны, это ужасно: произносятся такие чудовищные глупости, что хоть заткни уши и беги на край света. Но есть и хорошая сторона: у людей возникают вопросы к себе и друг к другу, пробуждается любознательность, возникает интерес к темам, о которых раньше они не задумывались. Если бы не эти беседы невежд, еще неизвестно, где были бы сейчас наука и цивилизация.

Конечно, для научно-популярного жанра все же, наверное, лучше, чтобы хотя бы один из собеседников был настоящим экспертом в теме. Я определенно не эксперт ни в теоретической биологии, ни в популяционной генетике, ни в молекулярных механизмах мейоза, не говоря уже о зоологии или

\* A stupid man's report of what a clever man says can never be accurate, because he unconsciously translates what he hears into something he can understand (Russell B. A History of Western Philosophy. New York: Simon & Schuster, 1947).

поведении животных. Поэтому сейчас мне придется ответить на важный вопрос: зачем я вообще за это взялся.

Мне кажется, у каждого биолога (а я по первой специальности как раз биолог) есть как минимум два круга тем, которые побуждают его заходиться от восторга. Во-первых, это та более или менее узкая область биологии, в которой ему довелось работать — ставить опыты, писать оригинальные статьи, с умным видом выступать на конференциях перед восхищенными аспирантками. А во-вторых, это то, что я назвал бы «научным импринтингом». Вот что я имею в виду: только что вылупившийся птенец видит яркое пятно на клюве матери-чайки и навсегда отдает этому пятну свое сердце. Он распаивает навстречу этому пятну свой жадный клюв, следует за ним повсюду и вообще не знает в жизни ничего более прекрасного и обнадеживающего. В последующей взрослой жизни яркое пятно уже никак ему не пригодится, но, если бы он когда-то не влюбился в него с первого взгляда, не стать бы ему взрослой чайкой.

Думаю, что у каждого биолога есть такая тема в биологии, которая когда-то приковала его внимание к этой науке, как красное пятно на чайьем клюве. Из-за нее он отказался от куда более блестящих карьерных вариантов и отправился изучать физиологию низших растений, голоса птиц, химию липидов и другие дисциплины, заставляющие всех прочих землян зевать от скуки. В результате наш герой стал биологом, причем совсем не обязательно в той области, которая когда-то покорила его сердце. Но первое увлечение никуда не делось.

В моем случае область узкой профессиональной компетенции — это молекулярная генетика и геновая инженерия грибов. В ней есть много интересных штук, важных для биотехнологии, медицины или сельского хозяйства, но, когда вы начинаете изучать грибы, вы не сможете пройти мимо их полового размножения. На нем стоит большой и важный раздел классической генетики, и на всех биофаках мира студенты проходят практикум, скрещивая штаммы аспергилла или нейроспоры

ПРЕДИСЛОВИЕ

и подсчитывая варианты потомства. Я когда-то получил тройку на аспирантском экзамене по генетике как раз за сексуальные странности грибов, а затем, как ни удивительно, мне привелось лет десять именно этим и заниматься.



Что касается первой биологической любви, она возникла, когда в 1970-х годах отец рассказывал мне об опытах Джона Гёрдона (род. 1933) по клонированию лягушачьих эмбрионов. В то время, в 1970-х, это была еще сравнительно свежая новость, особенно в СССР, где генетика только-только начала восстанавливаться после лысенковского разгрома. Я с большим вниманием выслушал рассказ о слиянии гаплоидных гамет, в результате которого возникает первая клетка будущего организма, и о том, как хитрому английскому биологу впервые удалось обойти этот этап. Заодно пришлось узнать о митозе и мейозе, половых хромосомах и других увлекательных материях. Конечно, в те пуританские годы обуреваемый гормонами восьмиклассник вздрагивал, увидев в школьном учебнике слова «половое размножение», но, кроме естественной тяги к запретной тематике, здесь было еще и научное любопытство. По крайней мере, задним числом хочется в это верить.

Итак, оба мои излюбленные уголка большой биологии пересекаются на теме полового размножения. Когда я, оставив науку, занялся написанием развлекательных журнальных заметок, оказалось, что читателям тема секса тоже очень нравится. Я же с удивлением обнаружил, что эта тема позволяет как бы походя рассказывать об очень серьезных биологических предметах, про которые в другом контексте никто просто не стал бы читать. И не беда, что многие очень серьезные ученые уже написали прекрасные книги о половом размножении и связанных с ним эволюционных загадках. Я пишу об этом не потому, что знаю что-то, чего не знают другие, а потому, что мне это интересно. Будем считать это беседой дилетантов, в которой, конечно, истину установить не удастся, но зато может появиться любопытство, а то и пара-тройка вопросов к серьезным ученым.

Ах, вот еще что: в таких предисловиях принято писать о том, кому адресована эта книга, а я, как назло, об этом и понятия не имею. Местами она очень простая, а где-то я и сам

едва понимаю, что написал. И еще в ней много отступлений, в том числе и совершенно неуместных мемуаров о моих учителях или о том, какие странности происходили в отечественных и зарубежных лабораториях в 1980–1990-х. Наверное, честнее всего было бы сказать, что мой идеальный читатель — это тот, кому интересно, о чем же мне тут на старости лет вздумалось написать, но таким образом я сведу круг читателей к собственным детям, друзьям и дюжине бывших коллег, что коммерчески нецелесообразно. Поэтому скажем так: в основном все это написано для тех, кто понимает биологию хуже меня. Такие наверняка существуют. Возможно, для тех, кто в целом понимает биологию лучше меня, интерес могут представлять какие-то детали. Не исключено, что подобный воображаемый читатель здесь что-то такое вычитает, задумается, а потом к нему придет совершенно сногшибательная мысль, которая вызовет революцию в науке, но которую сам я и понять-то толком не смог бы. А что, мечтать не вредно!

Если чуть серьезнее, то это написано для тех, кто, возможно, получил базовое биологическое образование или хотя бы помнит многое из школьного курса. Именно поэтому я позволяю себе употреблять слово «мейоз» за сотни страниц до того, как расскажу, что это такое, и вообще ни разу не объяснить, что ДНК, мол, это двойная спираль, а с нее считывается РНК, которая представляет собой матрицу для синтеза белковой цепочки аминокислот, и так далее и тому подобное. Таким образом я притворяюсь, будто обязательное среднее образование живо и действенно. Тот, кто меня за это упрекнет, восстанет тем самым против общепринятой конвенции. В конце концов, вместо того чтобы возмущаться, всегда можно тайком воспользоваться гугл-поиском, а то и просто пропустить непонятные места.

Похожий принцип использован и в составлении списка литературы. Кто-то может пожаловаться, что он вопиюще неполон. Мне же кажется, что список цитированной литературы из тысячи пунктов в научно-популярной книге выдает

желание автора казаться важнее, чем он есть. Меньше всего хотелось бы, чтобы кто-то использовал эту книгу для составления курсовой или, боже упаси, дипломной работы. Я категорически отказываюсь содействовать таким образом системе высшего образования в ее дальнейшей деградации. Поэтому после каждой главы приводится минимальное количество ссылок — в основном на книги и научные обзоры, а на оригинальные исследовательские работы — только в том случае, если они подробно обсуждаются в тексте. В этих обзорах и статьях всегда есть свои списки литературы, и эта ниточка рано или поздно приведет любознательного читателя к полному владению предметом (каковым я сам похвастаться не могу).

Кому-то из читателей при чтении книги местами может показаться, что он уже когда-то читал нечто похожее. Ничего удивительного: я использовал многие из текстов, опубликованных мной с 2013 по 2020 год в научно-популярной рубрике портала [snob.ru](http://snob.ru). Кроме того, в 2022 году там же публиковались первоначальные черновые варианты некоторых глав. При подготовке печатной книги оказалось, что эти тексты изобилуют ошибками, неточностями, натяжками, неумными аллюзиями и отвратительно развязными разговорными оборотами. При попытке от всего этого избавиться получился совсем другой текст, хотя, боюсь, вышеперечисленного мусора в нем осталось тоже немало. Надеюсь на снисходительность и искренне желаю, чтобы эта книга если не принесла пользу, то хотя бы никому не навредила.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

# Двойная цена

*При половом размножении у каждого ребенка два родителя, а если размножаться клонированием или почкованием, то достаточно одного. Первая часть книги — о том, как великие генетики XIX и XX веков пытались объяснить эту расточительность природы и заодно создали новую область науки.*



# Глава первая, в которой читатель встретит стадо несуществующих слонов

*Дарвиновский отбор*

**С**амое интересное во Вселенной — это жизнь. Возможно, такое мнение продиктовано моей предвзятостью как живого существа: возможно, и для нейтронной звезды нет в мире ничего увлекательнее, чем нейтронные звезды. Однако я все же надеюсь, что здесь есть и объективное зерно. В конце концов, «интерес» — это человеческое свойство, и у нейтронных звезд ничего подобного, скорее всего, просто не бывает.

Что такое жизнь, мы тут даже задумываться не станем, чтобы не сломать себе голову, но понятно, что ее главное свойство — размножение. И не только потому, что, сколько ни создавай жизнь заново, она всякий раз исчезала бы, не умей живые существа размножаться. Есть и второй аргумент: если бы не размножение, жизнь не могла бы меняться, совершенствоваться и порождать все более интересные штуки. Первым это ясно сформулировал Чарльз Дарвин, и, по мнению весьма знаменитого британского биолога Ричарда Докинза (род. 1941), это, возможно, самое главное открытие, которое до сего дня сделала человеческая цивилизация. Если,

говорит Докинз, к нам прилетят мудрые трехглазые инопланетяне с щупальцами, то первое, что они спросят: «Ну как вы тут? Эволюцию уже открыли?» Поэтому наши рассказы о половом размножении уместно начать именно с Чарльза Дарвина. Чарльзу Дарвину мы обязаны открытием естественного отбора, а уж отбору, в свою очередь, всем разнообразием жизни на планете, включая автора этой истории и его внимательного, неторопливого читателя.

Рассказ о дарвиновской идее эволюции нередко начинают с галапагосских вьюрков: британский естествоиспытатель якобы пристально разглядывал их клювы во время своего путешествия на корабле «Бигль», и эти вьюрки оказали на него такое же просветляющее действие, как легендарное яблоко на Исаака Ньютона. Можно понять тех далеких от биологии читателей, кто полагает, что нет на свете ничего скучнее галапагосских вьюрков и их разнообразных клювов. Несложно понять и биологов, возмущенных подобным равнодушием к птичкам. К счастью, нам пока можно обойтись без вьюрков. Вероятно, путь Чарльза Дарвина к фундаментальной идее эволюции все же начался не столько с частных примеров различных адаптаций, сколько с другой общей биологической концепции. А именно как раз с размножения.

Известно, что по возвращении в Англию Дарвин внимательно ознакомился с «Опытом о законе народонаселения» Томаса Мальтуса. Идеи Мальтуса можно приблизительно суммировать следующим образом.

1. При наличии доступных ресурсов все живое — хотя Мальтус говорил только о человеческом обществе — неограниченно размножается по экспоненциальному закону: прирост пропорционален численности.

2. Этот рост ограничен конечностью ресурсов, за которые начинает конкурировать растущее население. Мальтус употребил здесь термин «борьба за существование». На практике такая «борьба» означает для людей всевозможные бедствия: нищету, голод, эпидемии и войны. Этот неприятный вывод

обычно и имеют в виду, когда говорят о мальтузианстве, но обратим внимание на то, что идея Мальтуса была чуть шире банального тезиса «все очень плохо и станет еще хуже». Он был серьезным ученым, а не болтуном.

О том, что такое экспоненциальный рост, многие знают на примере бородатой арифметической притчи об изобретателе шахмат. Этот мудрый восточный человек якобы попросил своего правителя вознаградить его за такую прекрасную игру, положив на первую клетку шахматной доски одно рисовое зерно, на вторую — два, на третью — четыре и так далее — на каждой следующей клетке число зерен удваивалось. Глупого правителя ожидало горькое разочарование, потому что на последнюю клетку ему пришлось бы положить около полутриллиона тонн риса — это примерно в тысячу раз больше, чем мировое производство в 2021 году.

На примере этой задачки-притчи детям объясняют страшную силу экспоненциального роста: когда что-то вроде бы спокойно удваивается через равные промежутки времени, то стоит ждать беды, потому что и глазом моргнуть не успеешь, как оно начнет расти катастрофически быстро.

Собственно, для экспоненциального роста величине даже не нужно непременно удваиваться. Давайте слегка модифицируем шахматную притчу: на первую клетку положим рисовое зернышко, на вторую — рисовое зернышко и еще  $1/33$  его часть, и так далее. Количество риса теперь будет прирастать каждый раз всего на 3%, как на некоторых банковских депозитах. Однако и в этом случае катастрофа столь же неминуема, просто ждать ее придется чуть дольше. В случае шахматной доски при трехпроцентном приросте те же полтриллиона тонн риса получатся, если вместо обычной доски  $8 \times 8$  взять доску побольше —  $40 \times 40$  клеток.

Таким образом, дело не в удвоении: ситуация непременно пойдет вразнос, если прирост какой-то величины пропорционален самой этой величине. Это и есть строгое определение экспоненциального роста. И именно по такому закону

размножается все живое: чем этого живого больше, тем, естественно, больше у него рождается детишек.

Самый ошеломляющий пример мощи экспоненциального размножения дают бактерии. Возьмем, к примеру, микроба, который делится раз в 15 минут. Именно с такой скоростью способен размножаться самый многочисленный обитатель человеческого кишечника — кишечная палочка, если посадить его в колбу со свежей питательной средой и взбалтывать, чтобы ему легко дышалось. Если бы бактерия могла поддерживать такой темп, суммарная ее масса уже на вторые сутки превзошла бы массу нашей планеты. На что похожа такая гора кишечной палочки? Яркий зрительный образ не сложно сформировать, если вспомнить, что этот почтенный микроб составляет значительную долю массы человеческих фекалий.

Лавинообразный рост микробов способен поразить даже самое косное воображение. Наверное, именно поэтому некоторые противники дарвинизма — а таких до сих пор немало, даже и среди сравнительно образованных людей, — готовы признать, что в огромных массах размножающихся бактерий могут происходить всякие чудеса, вплоть до направленной эволюции путем естественного отбора. Но может ли это относиться к нормальным живым существам — людям, медведям или слонам, которые никого не шокируют темпами своего размножения, а просто живут и понемногу плодятся, как могут? Они, наверное, были созданы сразу готовыми?

Хорошо, давайте посмотрим, как обстоят дела на этом конце шкалы, — слоны так слоны, тем более что и сам Дарвин в «Происхождении видов» выбрал в качестве одной из иллюстраций именно их. Возьмем типичную пару слонов. Слониха начинает рожать примерно в возрасте десяти лет и за следующие сорок лет своей жизни способна принести десять слонят. Из этих слонят пятеро — слонихи, и они тоже в свой срок дадут потомство. Простой расчет показывает, что не пройдет и пятисот лет, как суммарное потомство одной пары слонов

должно перевалить за миллион. Но столько слонов на Земле нет и вроде бы никогда не было; более того, их популяция вообще не растет. А значит, этот волшебный сценарий никогда не реализуется. Из миллиона наших воображаемых слонов сей скорбный мир посетят только два. Какие именно два? Те, которых природа выберет из целого миллиона нерожденных. Если выбор этот хоть чуть-чуть не случаен, концепция эволюции путем естественного отбора приобретает живой и наглядный смысл. 999 998 нерожденных слонов — колоссальный капитал, которым природа может, если ей заблагорассудится, оплатить некоторые улучшения у тех слонов, которые выживут.

Видимо, примерно это и вычитал у Мальтуса Дарвин и так описал в своей «Автобиографии»:

«В октябре 1838 года, то есть через пятнадцать месяцев после того, как я начал свое систематическое исследование, мне случилось для забавы прочесть Мальтуса “О народонаселении”, и поскольку своими долгими наблюдениями за животными и растениями я был вполне подготовлен к тому, чтобы оценить идею “борьбы за существование”, продолжающейся повсюду, мне сразу стало ясно, что при таких обстоятельствах благоприятные вариации будут иметь тенденцию сохраняться, а неблагоприятные — уничтожаться. Результатом этого будет образование новых видов».

Да, в литературе XIX века было принято выражаться вот настолько витиевато и сложносочиненно. В своем дневнике в записи от 28 сентября 1838 года Дарвин сказал то же самое куда более образно и ярко: «Можно сказать, что существует сила, подобная сотне тысяч клиньев, которые вбивают всевозможные адаптации в каждый зазор экономики природы — или, скорее, сами создают такие зазоры, выдавливая слабейших» (One may say there is a force like a hundred thousand wedges trying to force every kind of adapted structure into the gaps in the oeconomy of nature, or rather forming gaps by thrusting out weaker ones).

Если вашу фантазию пробудило миллионное стадо несуществующих слонов, промелькнувших на горизонте

повествования, возможно, идеи Дарвина больше не будут казаться вам такой уж нелепой натяжкой. Все пароксизмы человеческого невежества вроде креационизма и тому подобных нелепостей происходят, видимо, только от недостатка воображения.

Тут, наверное, можно сделать небольшое отступление, раз уж мы никуда не спешим. Недосток воображения действительно часто мешает пониманию научных теорий, но само по себе воображение не решило еще ни одну проблему. Возможно, воображение подсказывает вам, что если в каждом поколении тщательно отбирать самых лучших слонов, то со временем слоны изменятся к лучшему. Так думал и Дарвин, но, чтобы превратить интуицию в научную теорию, неплохо бы доказать, что в природе выбор двух выживших слонов из миллиона хотя бы отчасти не случаен — то есть зависит от признаков, способных наследоваться. А кто сказал, что это так? Роль слепого случая в жизни слонов исследована из рук вон плохо, а во времена Дарвина и про наследуемость признаков мало что было известно. Чуть позже мы поговорим о том, насколько меняет дело то обстоятельство, что выживание одного слоненка, а не другого может быть и вполне случайным. Имена американского генетика Сьюэла Грина Райта, а также японского ученого Мотоо Кимуры, которые всерьез рассмотрели такую возможность, еще непременно встретятся в нашем рассказе. Но сейчас не время углубляться в дебри эволюционной теории — мы все-таки едва-едва перевалили через середину первой главы. Пока в сухом остатке повествования лишь огромная сила экспоненциального закона размножения и таящиеся в ней возможности.

Итак, сама возможность экспоненциального роста популяции слонов хотя и никогда не реализуется на практике, зато открывает путь всяким чудесам. Пара слонов размножается, некоторые слонята гибнут, другие доживают до половой зрелости, любят друг друга и рожают собственных слонят, так что суммарное число слонов в этой местности не увеличивается.

Стало быть, среднее число потомков в каждом поколении остается равным двум. Допустим, другая пара слонов размножается чуть-чуть эффективнее — всего-то на 3%, так что в каждом следующем поколении среднее число потомков равно 2,06. Фокус с трехпроцентным приростом мы уже показывали в прошлой главе на примере шахматной доски, так что не сложно догадаться, к чему это приведет. За двести пятьдесят поколений — примерно столько сменилось на протяжении писаной истории человечества — суммарное потомство второй пары превысит число потомков первой пары в миллион раз.

Поскольку мы договорились, что численность слонов не увеличивается, то эта цифра может означать только одно: с огромной вероятностью никаких потомков первой пары вообще не останется. Это и есть отбор. А наши взятые с потолка 3% (или 0,03) — это та величина, которую биологи-эволюционисты называют коэффициентом отбора. Если вероятность оставить потомство у вас всего на 3% больше, чем у соседа, и если эта повышенная вероятность перейдет по наследству к вашим слонятам, то вы одержали блистательную эволюционную победу: за несколько тысяч лет ваши потомки наследуют землю, а соседские канут в небытие. Вот насколько беспощадно действуют эти «клинья», о которых так вдохновенно рассуждал Чарльз Дарвин.

Зачем мы так долго говорим тут об этих слонах? Во-первых, они милые, большие и серые, так что рассуждать о них одно удовольствие. Во-вторых, мне показалось важным, чтобы понятие «естественный отбор» ассоциировалось с каким-то ярким образом, питающим не только рассудок, но и фантазию. Это нужно потому, что в дальнейшем мы будем иногда задаваться вопросом: «Как могло получиться, что такое-то или такое-то свойство организма было поддержано отбором? Почему отбор давным-давно не избавился от такой-то и такой-то, казалось бы, бессмысленной и вредной чепухи?» Чтобы читатель не просто скользил глазами по подобным ламентациям, а честно изумлялся и вместе с биологами лихорадочно искал

ответ, мы и начали с этого небольшого отступления. Если что-то в биологии не согласуется с идеей отбора, то с этим надо срочно разбираться — наверняка мы упускаем что-то очень важное, а то и вообще ничего не понимаем в обсуждаемом вопросе. Великий генетик Феодосий Добржанский сформулировал ту же мысль так: «Ничто в биологии не имеет смысла, кроме как в свете эволюции».

В следующей главе мы доберемся до первого из таких вопросов.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- Дарвин Ч. Р. Происхождение видов / Пер. К. Тимирязева, М. Мензбира, А. Павлова. — М.: АСТ, 2020.
- Жуков Б. Б. Дарвинизм в XXI веке. — М.: АСТ, 2020.
- Dawkins R. *The Blind Watchmaker*. London: Norton & Company, 1986. (Докинз Р. Слепой часовщик / Пер. А. Гопко. — М.: АСТ, 2015.)
- Dawkins R. *The Greatest Show on Earth: The Evidence for Evolution*. London: Free Press: Transworld, 2009. (Докинз Р. Самое грандиозное шоу на Земле. Доказательство эволюции / Пер. Д. Кузьмина. — М.: Астрель: Corpus, 2012.)
- Malthus T. R. *An Essay on the Principle of Population*. London, 1798. (Мальтус Т. Р. Опыт закона о народонаселении / Пер. И. А. Вернера. — М., 1895.)
- Schwartz J. S. Charles Darwin's Debt to Malthus and Edward Blyth. *Journal of the History of Biology*. 1974. 7(2): 301–318.

## Глава вторая, в которой улитки дорого заплатили за свои глупости

*«Двойная цена» полового размножения*

**Н**аша слоновья история начинается не с одинокого слона, а именно с пары, потому что у слонов так повелось, что для размножения слону надо встретить свою половинку. Среди рожденных в этом слоновьем семействе слонят примерно половину составят мальчики: они никаких слонят рожать не могут в принципе, их функция — просто любить слоних. Точно так же это устроено у подавляющего большинства животных. Вообразите теперь, что у слонов возникла одна из тех «адаптаций», о которых упомянул Дарвин: слоны-девочки нашли способ рожать без участия слонов-мальчиков, причем все их детишки тоже оказываются слонихами. Полезна ли такая адаптация? Еще как: коэффициент ее отбора будет равен не жалким 3%, а целым ста — ведь теперь все их потомки обретут способность рожать слонят, а не половина. Другими словами, эмансипированные слонихи будут размножаться вдвое эффективнее. Таким образом, за удовольствие заниматься любовью слоны платят огромную эволюционную цену, снижая эффективность своего размножения вдвое!

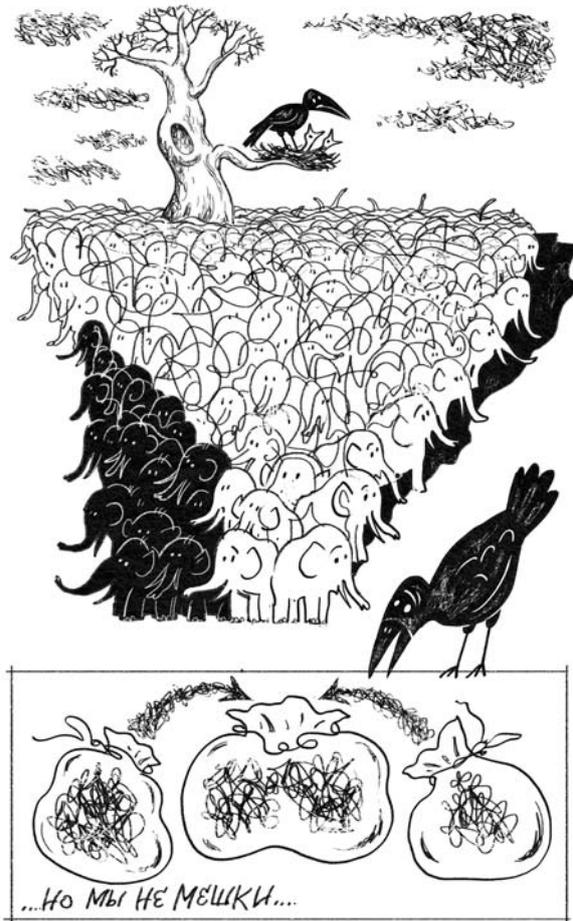
Совершенно ясно, что такое расточительство абсолютно невозможно в той картине природы, которая полтора столетия назад открылась Чарльзу Дарвину. Здравый смысл

подсказывает, что любой слон, воробей, динозавр или рыба, которым за сотни миллионов лет удалось бы научиться не платить за секс двойную цену, должны были бы давным-давно завоевать планету и занять своим потомством все экологические ниши. Однако же это отчего-то не произошло — а значит, секс таит в себе несказанные преимущества, которых мы, в наших жалких попытках все упростить и свести к школьной арифметике, просто не видим.

Впрочем, тут хитрый читатель легко мог бы поймать автора на передергивании. Так ли мы хорошо понимаем быт слонов, чтобы быть уверенными в эволюционном преимуществе стада слоних-амазонок? Может быть, слонятам никак нельзя без папы и это сиротство обошлось бы им куда дороже, чем «двойная цена» секса?

Биологи-теоретики чуть меньше тяготеют к абстракциям, чем, к примеру, физики, но тоже этим грешат: все наши рассуждения относятся к неким «сферическим слонам в вакууме». Когда вы начинаете рисовать на листе бумаге схемы, желая разобраться в тонкостях полового размножения, вы и сами не заметите, как умные серые животные превратятся у вас в некие округлые мешки с генами. Половое размножение в этой модели будет выглядеть так: два мешка с генами слились в один, гены перемешались, потом один мешок опять разделился на два, со случайным набором генов в каждом. Здесь, конечно, не очень понятно, почему бы ему не разделить сразу, без этого слияния-перемешивания, и именно в такой форме обдумывали эту проблему генетики и эволюционисты большую часть XX века. Но если вы замените эти мешки с генами обычной парой живых ворон, вопрос снимется сам собой. Если какая-то ворона-мама вздумает вывести птенцов без участия вороны-папы, ее ждет полное фиаско: птица умрет с голоду еще на стадии высидывания яиц, поскольку именно будущий отец в это время приносит ей еду, а если мама чудом выживет, то не сможет в одиночку выкормить птенцов. Другими словами, мутация к бесполости

не принесет вороне — да и большинству других птиц — равным счетом никакого эволюционного преимущества.



Я не уверен, что подобные спекуляции этически допустимы, однако такой мысленный эксперимент был бы еще нагляднее в случае человеческого общества. Будет ли обладать эволюционным преимуществом мутация к бесполому размножению у человека? Девушка, получившая в дар от природы

способность беременеть просто так, без всякого внешнего повода, скорее всего, станет большой проблемой для медиков и/или социальных служб. Хотя, конечно, романтические фантазии о новом продвинутом разумном виде вроде «Славных Подруг» из романа братьев Стругацких «Улитка на склоне» тоже имеют право на существование.

Читатель, которого не шокируют такие рассуждения, может додумать все детали самостоятельно, а мы из деликатности вернемся к воронам. Их коллизию можно перевести на сухой язык эволюционной теории следующим образом: наличие двух родителей дает птенцу преимущество, значительно превосходящее стопроцентную плату за секс. Если вороний родитель всего один, у снесенного им яйца нет вообще никаких шансов превратиться в ворону и передать по эстафете свои гены. Но, с другой стороны, может быть и так, что плата за секс окажется даже больше «двойной цены»: добавим в уравнение, к примеру, каких-нибудь смертельно опасных паразитов, передающихся половым путем. А сколько — дополнительно к «двойной цене» — платят за секс цветковые растения, вынужденные обеспечивать дорогостоящим сладким нектаром сонмы насекомых-опылителей?

Таким образом, «двойная цена» — это, конечно, абстракция. Тем не менее мы не можем бесконечно отмахиваться от общего парадокса частными примерами, сколько бы таких примеров ни было у нас в запасе. Секс — универсальное свойство сложных организмов на этой планете. Даже если многим из них он ничем не вредит, а только помогает, это не снимает большого вопроса: «Какое общее свойство жизни подтолкнуло всех нас на этот путь?» На самом деле здесь есть два разных вопроса. Первый из них мы неявно задали, приводя примеры с воронами и девушками: «Почему среди существ, размножающихся половым путем, не распространяются триумфально мутации к бесполости?» Из наших примеров следовало, что для некоторых из них такая мутация не сулит никаких выгод. С этим никто особенно и не спорит. При этом

у других организмов, и имя им легион, подобные мутации очень даже случаются, и бесполое популяции оказываются вполне успешными (примеры мы рассмотрим чуть позже).

Но есть и второй вопрос, на который придется ответить, если мы хотим узнать, откуда на планете взялось половое размножение. Как этот самый секс мог возникнуть в первоначально бесполой популяции? Почему эксперимент не был немедленно задушен в зародыше и ранние сексуальные экспериментаторы не оказались вытеснены в небытие своими бесполоыми родственниками, а, наоборот, завоевали мир? Здесь не отделаешься ссылкой на социальные установления вроде совместного выкармливания птенцов или планирования семьи, которые наверняка возникли существенно позже. Природа не загадывает наперед: чтобы выжить в неопределенном будущем, в первую очередь совершенно необходимо выжить здесь и сейчас, а там видно будет. Очевидно, что тем, кто первым добровольно снизил эффективность размножения вдвое, выжить было ох как непросто.

Если почаще вставлять в свою речь слово «очевидно» и для пушей убедительности делать широкие движения руками, еще можно как-то завоевать доверие дилетантов, но с учеными такое не проходит: им нужны строгие доказательства. В том, что касается «двойной цены» секса, такое доказательство предложил английский биолог Джон Мейнард Смит (1920–2004). С юношеских лет у Мейнарда Смита было два больших увлечения: теория эволюции и марксизм. Последнее привело его в ряды Коммунистической партии Великобритании, а первое — в лабораторию Джона Холдейна (1892–1964), тоже коммуниста, который еще появится в нашем повествовании. Возможно, юный Мейнард Смит питал некие иллюзии о возможности обоснования марксистского учения на базе эволюционной теории — об этом можно судить по тому, что позже он, согласно некоторым свидетельствам, назвал подобные фантазии «бесплодными», а какой смысл рассуждать о фантазиях, если сам никогда их не фантазировал?

Разочарование Мейнарда Смита в коммунизме наступило в 1956 году, после подавления советскими войсками восстания в Будапеште. А уже в 1960-х Мейнард Смит опубликовал первые работы по теоретической биологии, в которых применил математическую теорию игр к эволюционным процессам. В 1970-х именно он первым произнес слова «двойная цена» в отношении секса — точнее, он говорил о «двойной цене самцов». И не просто произнес, а построил модель, доказывающую, что эту самую «двойную цену» действительно должна платить популяция организмов, по каким-то причинам вздумавшая практиковать половое размножение.

При всей неотразимой убедительности теории Мейнарда Смита всем очень хотелось бы подтвердить ее экспериментально: найти какое-нибудь живое существо, способное к половому размножению, но умеющее обходиться и без него, чтобы в точности подсчитать ущерб, наносимый сексом. Такую попытку предпринял Кертис Лайвли из Университета Индианы. У Лайвли, как и у Мейнарда Смита, два главных увлечения. Первое, как можно догадаться, — проблема происхождения и биологического смысла полового размножения. А второе — миниатюрная улитка *Potamopyrgus antipodarum* (в приблизительном переводе «речная башенка с другой стороны Земли»). Именно эта улитка, с особенностями жизни которой Лайвли познакомился в 1980-х годах, во время работы в Университете Кентербери в городе Крайстчерче, Новая Зеландия, дала ему возможность экспериментально проверить целый ряд гипотез, пытавшихся объяснить распространенность полового размножения среди всевозможных форм земной жизни.

В 2016 году дело дошло и до модели «двойной цены» Мейнарда Смита. Большинство «речных башенок» составляют популяции самок, рожденных другими самками в результате партеногенеза (так по-научному называется «непорочное зачатие», когда существо женского пола воспроизводит себе подобных без участия самца). Однако некоторая часть популяций улиток держится за традиционный уклад, то есть использует

для размножения самцов. Вникнув в повседневную жизнь разных популяций улиток, Лайвли не только смог убедиться, что партеногенез дает преимущество в скорости размножения, но и оценил это преимущество количественно. Оно оказалось значительно меньше двух, что, конечно, доставило доктору Лайвли некоторое разочарование, прежде чем он догадался, что и у Мейнарда Смита все не так просто. Согласно модели, двойное преимущество возникает только в начальный момент, когда самые первые особи приобретают способность к бесполому размножению среди популяции, размножающейся половым путем, а популяции новозеландских улиток жили вполне стабильно в окружении себе подобных. Тогда Лайвли применил некую математику, чтобы пересчитать данные на воображаемый момент «первой мутации к бесполости», и результат был впечатляющим: коэффициент в точности равнялся двум.

Итак, «двойную цену» за секс приходится платить как в теории, так и на практике. Если, несмотря на это, идея полового размножения была с таким восторгом поддержана земной биосферой, это значит, что секс обладает какими-то преимуществами, дающими возможность выиграть в эволюционной гонке даже при такой огромной форе. О том, что это за преимущества, в XX веке спорили самые умные биологи человечества. Попробуем разобраться, что интересного они смогли предложить.

**БИБЛИОГРАФИЯ**

- Colegrave N. The Evolutionary Success of Sex. Science & Society Series on Sex and Science. *EMBO Reports*. 2012. 13(9): 774–778.
- Gibson A. K., Delph L. F., Lively C. M. The Two-Fold Cost of Sex: Experimental Evidence from a Natural System. *Evolution Letters*. 2017. 1(1): 6–15.
- Meirmans S., Meirmans P. G., Kirkendall L. R. The Costs of Sex: Facing Real-World Complexities. *The Quarterly Review of Biology*. 2012. 87: 19–40.
- Ridley M. *Evolution*. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Blackwell, 1996.
- Smith J. M. *The Evolution of Sex*. Cambridge: Cambridge University Press, 1978. (Смит Дж. М. Эволюция полового размножения / Пер. А. Д. Базыкина. — М.: Мир, 1981.)
- Smith J. M. *The Origin and Maintenance of Sex*. In: G. C. Williams, ed. Chicago: Group Selection; Aldine Atherton, 1971. P. 163–175.