

Александр Марков
Елена Наймарк

ЭВОЛЮЦИЯ
КЛАССИЧЕСКИЕ ИДЕИ
В СВЕТЕ НОВЫХ
ОТКРЫТИЙ

Александр Марков

Елена Наймарк

ЭВОЛЮЦИЯ
КЛАССИЧЕСКИЕ ИДЕИ
В СВЕТЕ НОВЫХ
ОТКРЫТИЙ



издательство **аст**

Москва

Оглавление

Предисловие. Почему жизнь прекрасна?	11
Глава 1. Наследственность: куда катится мир?	
ДНК — главная “шестеренка” наследственности	21
Нестандартные репликаторы: дарвиновская эволюция без участия генов	28
Белковая вселенная	34
Отбор — игра по правилам	38
Нейтральные мутации и генетический дрейф — движение без правил	45
Дрейф и отбор: кто кого?	52
Вселенная древних белков продолжает расширяться	57
Лабиринт расходящихся тропок	63
Глава 2. Полезные ошибки	
Один верный шаг — и на полях вырастает рис	73
Десять тысяч лет, три нуклеотида и защитная окраска	76
Малярийный плазмодий о пользе точечных мутаций	85
Полезные мутации переключателей	93
Гены взаимной дружбы	102
Глава 3. Секс	
Секс против вредных мутаций	120
Секс в защиту полезных мутаций	123
Переменная среда способствует половому размножению	128
Микробам — горизонтальный перенос, высшим организмам — половое размножение	139
От горизонтального переноса генов к половому размножению	145
Плата за секс, или Двойная цена самцов	153

Еще о пользе секса, или Лучше меньше, да лучше	155
Секс против паразитов	162
У бесполок организмов убыль выше прибыли	167
Почему самцов и самок почти всегда поровну?	171

Глава 4. Эволюция на наших глазах

Приспособленность меняется постепенно.	184
Как работает эпистаз	192
Новое устройство враз не прилаживается	199
Разные пути, ведущие к одной цели.	206
Как происходит гонка вооружений.	213
Рояль в кустах, или Скрытая изменчивость	217
Эволюция в монокультуре не похожа на эволюцию в сообществе	224
Эволюция под управлением компьютера	231
Происхождение многоклеточных	236
Естественный отбор в природе и в лаборатории	239

Глава 5. Новые гены, новые признаки

Изменения белок-кодирующих генов	253
Изменения регуляции генов	262
Дупликация генов	272
Секретный код позвоночных выдал ланцетник	282
Откуда взялся новый фермент?	289
Обоняние и цветное зрение развивались в противофазе	293
Новые белки из старого конструктора	299
Горизонтальный перенос генов и симбиоз	306
Горький привкус победы, или Как дрожжи заплатили за успех	315
Бактерии наследуют приобретенный иммунитет	319
Бактериальные гены помогли нематодам стать паразитами.	324
Сельскохозяйственные симбиозы.	327

Глава 6. Новые виды, или Как предотвратить скрещивание

Генетическая несовместимость нарастает по параболе	344
Вид из пробирки	352
В поисках генов видообразования.	358
Встреча после разлуки	370
Видообразование без преград	377
Цепная реакция видообразования	383
Насекомые — для цветов, цветы — для насекомых	389
Как отличить своих от чужих?	394

Видообразование — личное дело каждого	403
Как бактерии становятся ксенофобами	410
Привередливые дамы способствуют прогрессу	412
Видообразование вокруг нас	419
“Великий эволюционный эксперимент” в африканских озерах	427
Эволюция цветного зрения и видообразование	432
Эволюционный стартап у бабочек-подражателей	437
Эволюция, повернувшая вспять	446

Глава 7. Переходные формы

Переходных форм много	463
На полпути к камбале	465
Что это за тип такой?	471
“Микро” или “макро”?	479
Вперед, в воздушный космос	483
Нестройными рядами — в сухопутное будущее	497
Современные экспериментаторы: илистый прыгун и удильщик	502
Динозавры осваивают воздух	505
“Ничего особенно не трудно, если разделить работу на части”.	517
Сначала чутье, потом философия	521

Глава 8. Эволюция алгоритмов

Чудо самоорганизации	531
Неустрашимая случайность	548
Помехоустойчивость и избыточность	554
Избыточность и эволюционная пластичность	570
Чтобы построить новое, нужно расшатать старое	580
Маски и их прототипы в пьесе <i>EvoDevo</i>	595
Все муравьи могут воспитать себе “боевиков”	597
Стресс помогает справиться с вредными мутациями	601
Надзор за надзирателями: кто присматривает за регуляцией развития	608
<i>Нох</i> -гены обрели свободу — и змеи потеряли ноги	615

Заключение	623
Список литературы	631
Указатель терминов	649

Предисловие

Почему жизнь прекрасна?

Удивительная сложность живых существ, их фантастическое разнообразие, их почти совершенная приспособленность к среде, друг к другу, к занимаемому “месту в экономике природы”¹ — факты примечательные и требующие объяснений. В прошлом они поражали воображение ничуть не меньше, чем теперь. Впрочем, в донаучную эпоху и с объяснениями было, прямо скажем, попроще: годились на эту роль чуть ли не любые эстетически сбалансированные выдумки.

По мере развития науки отношение грамотных людей к традиционно-мифологическим “объяснениям” становилось более прохладным. “Напрасно многие думают, что все, как видим, с начала Творцом создано... Таковые рассуждения весьма вредны приращению всех наук, следовательно, и натурному знанию шара земного... Хотя оным умникам и легко быть философами, выучась три слова наизусть: Бог так сотворил, и сие давая в ответ вместо всех причин”, — писал М. В. Ломоносов.

Но как объяснить поразительную гармонию живой природы, не привлекая гипотез о сверхъестественном? Несмотря на попытки многих незаурядных умов — от Эмпедокла до Ламарка — предложить рациональное объяснение, вплоть до 1859 года общепринятым ответом на этот вопрос оставалось

¹ Так романтично раньше называли экологические ниши.

твердое “никак”. Сложность и приспособленность живых организмов считались чуть ли не самым наглядным и неопровержимым свидетельством божественного сотворения мира. “Книгу природы” называли вторым Писанием, ее изучение — “естественным богословием”. Читаем, к примеру, у того же Ломоносова: “Создатель дал роду человеческому две книги. В одной показал свое величество, в другой свою волю. Первая — видимый сей мир, им созданный, чтобы человек, смотря огромность, красоту и стройность его зданий, признал божественное всемогущество по мере себе дарованного понятия. Вторая книга — Священное Писание. В ней показано Создателю благоволение к нашему спасению”.

Казалось, чем больше новых фактов мы откроем, тем яснее постигнем высший замысел.

Все пошло наперекосяк после выхода в свет книги Дарвина “Происхождение видов путем естественного отбора” (1859). До Дарвина человечеству был известен только один надежный способ создания сложных, целесообразно сконструированных объектов: разумное проектирование. Ранние эволюционные гипотезы, такие как гипотеза Ламарка, изложенная в его книге “Философия зоологии” (1809), предлагали лишь непроверяемые и неполные альтернативы. Например, ламарковская идея наследования результатов упражнения и неупражнения органов предлагала рациональное объяснение (хоть и неверное, как мы теперь знаем) увеличения или уменьшения уже имеющихся структур, но не объясняла происхождение новых органов. Поэтому Ламарку пришлось вдобавок к упражнению постулировать еще и особую движущую силу, заставляющую организмы развиваться по пути усложнения, — загадочное “стремление к совершенству”. Это было немногим лучше Божьего промысла.

Дарвин предложил другой, гораздо более простой, изящный и очевидный путь самопроизвольного совершенствования живых существ: естественный отбор случайных наследственных изменений. Гипотеза Дарвина не постулировала

никаких неведомых сил и новых законов природы и вообще, казалось бы, лежала на поверхности². Если объекты умеют размножаться, если они передают потомкам по наследству свои индивидуальные черты, если черты эти иногда случайным образом меняются и если, наконец, хотя бы некоторые из таких изменений повышают эффективность размножения, то такие объекты просто обязаны — и будут! — сами собой, без всякого разумного вмешательства, становиться все более совершенными с течением поколений. Под совершенством в данном случае понимается **приспособленность**, она же эффективность размножения.

Ученый мир был потрясен. Правда, Лаплас (в ответ на вопрос Наполеона, где же Бог в его модели Солнечной системы) еще полвека назад заявил, что “не нуждается в этой гипотезе”. Но Лаплас говорил о физике. Почти всем казалось, что уж в биологии-то без “этой гипотезы” никуда.

Конечно, высказать красивую догадку мало; логически обосновать ее — тоже мало; догадка должна еще оказаться верной (и проверяемой). Теория Дарвина могла и не подтвердиться в ходе дальнейшего развития науки. Но у него был особый дар выдвигать верные гипотезы на основе неполных данных. Не зная генетики, не зная природы наследственности, задолго до открытия ДНК Дарвин сумел правильно сформулировать главный закон жизни.

Для “естественного богословия” книга Дарвина стала началом конца. Именно этого никогда не простят Дарвину ортодоксы и фундаменталисты (пресловутое “человек произошел от обезьяны” — в общем-то мелочь, частный случай). Вектор развития биологии, да и всего научного осмысления мира, сменился на противоположный. Новые открытия снова и снова подтверждали Дарвина, а не сотворение. Естественный отбор, слепая природная сила, торжествовал над “разумным замыс-

2 Недаром Томас Гексли (1825–1895), знаменитый английский биолог, прочтя “Происхождение видов”, воскликнул: “Как же необыкновенно глупо было не додуматься до этого!”

лом”. Дарвин опрокинул мироздание, каким его представляли прежде, заменив красивую сказку не менее красивой, но, увы, более трудной для понимания научной теорией.

Дарвиновская модель отбора небольших наследственных изменений вроде бы проста — но простота ее лишь кажущаяся. Неслучайно эта модель, лежащая теперь в основе биологии, вошла в науку так поздно — во второй половине XIX столетия. В других науках — математике, физике, астрономии — теоретические прорывы, сопоставимые с ней по своему значению и уровню, начались на одно-два столетия раньше. Даже сегодня нередки случаи, когда не самые глупые люди “спотыкаются” на дарвиновской модели, не могут понять, как она работает, как объясняет наблюдаемые факты (а некоторым и вовсе кажется, что эти факты не нуждаются в объяснениях).

Возможно, одна из причин непонимания — недостаточное внимание к деталям. Исходя из общих принципов можно почти любое явление истолковать и так и эдак: философские рассуждения, как известно, хороший инструмент для обоснования прямо противоположных выводов. Эволюция контринтуитивна. Мы привыкли к тому, что все получится как следует лишь при четко поставленной цели и грамотном руководстве. В этом смысле нам комфортнее существовать, когда кто-то набросал планчик развития на пять лет вперед, а не в условиях жестокой стихии “свободного рынка”. Мы прекрасно знаем, что победить легче, если наступление ведет расставленная на запланированных позициях армия, а не множество разрозненных индивидов, преследующих какие-то свои личные цели. Так или иначе, интуиция обычно подсказывает нам, что без сознательного планирования и контроля ничего хорошего не выйдет, только хаос. Эволюционная биология навсегда останется непостижимой для тех, чей разум не в силах освободиться от плена этих интуитивных ощущений.

Задача, которую мы поставили перед собой, приступая к работе над книгой, — попробовать на основе новых научных данных разобраться в том, как работает дарвиновский отбор.

Почему и как из хаоса случайных наследственных изменений рождается что-то новое, полезное, красивое, гармоничное и сложное. Здесь важно отказаться от общих рассуждений и разговоров на уровне “здорового смысла” — они сейчас мало кого убедят. Мы должны приглядеться к фактам, деталям, примерам, из которых проявится во всей своей сложности и логичности механизм великого исторического двигателя — естественного отбора.

Как появляются новые гены, новые признаки, новые адаптации³, новые виды, новые типы? В чем вообще состоит биологическое значение этих слов: новое, полезное, красивое, гармоничное, сложное? Ведь все эти термины в биологии имеют особые оттенки смысла. Что считать настоящим “новшеством” — обретение ли новой мутации, нового облика, нового гена, новой функции или нового места жительства? Попробуйте ответить на такие вопросы с налету... А что такое “красота” с точки зрения пчелы или цветной озерной рыбки? Уж наверное, не то же самое, что для жюри конкурса “Мисс мира”. Чтобы разобраться в устройстве живой природы, чтобы понять смысл всех ее составных частей и взаимосвязей, необходимо прежде всего понять их эволюционный контекст. Мы хотим разглядеть эволюцию вблизи. Мы хотим развинтить эволюционный механизм на все его шестеренки и винтики, изучить их, понять, как они соединяются, а потом свинтить обратно и убедиться, что он по-прежнему тикает. Но эта работа даст нам представление обо всем устройстве — если тикает, значит, мы поняли его механику.

В “Рождении сложности”, нашей первой книге по эволюционной биологии, акцент был сделан на “опровержении догм”. Действительно, многие выводы, которые казались абсолютными лет 50 назад, сегодня приходится пересматривать. Стало ясно, что жизнь устроена сложнее, чем представлялось

3 *Адаптация* — признак, имеющий приспособительное значение. Например, покровительственная (маскирующая) окраска — это адаптация, помогающая животному незаметно подкрадываться к добыче или прятаться от хищника.