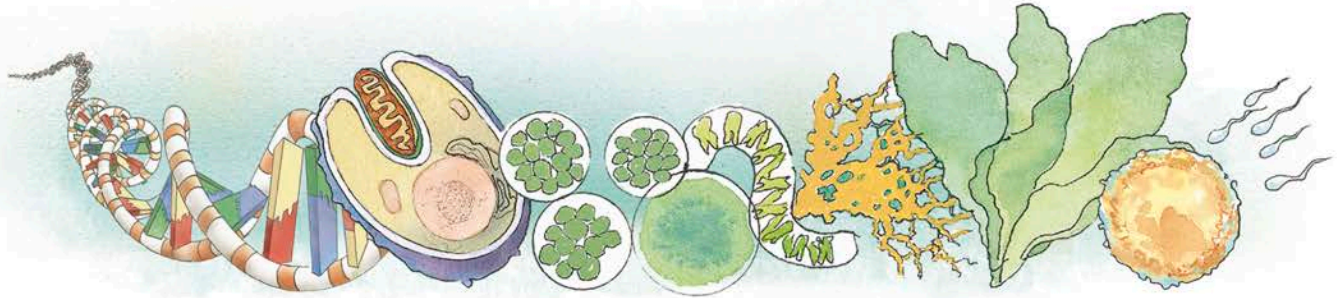


МАЛОН ХОГЛАНД



БЕРТ ДОДСОН



# КАК УСТРОЕНА



# ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ



Купить книгу на сайте [kniga.biz.ua](http://kniga.biz.ua) >>>



[Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)



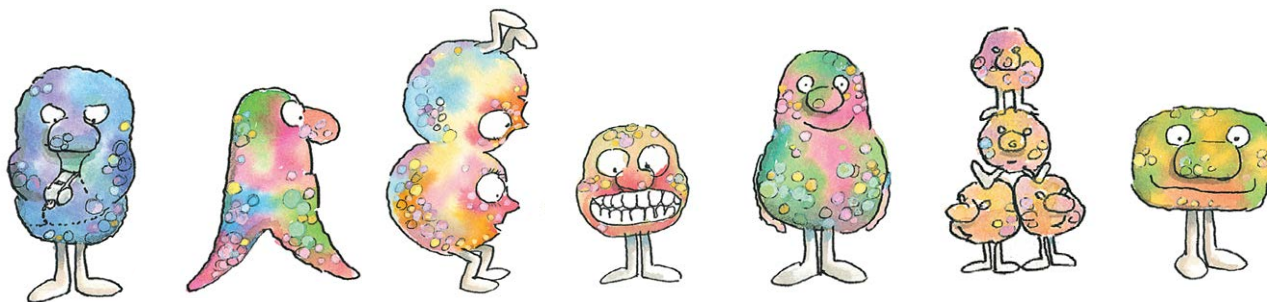
## ОТ АВТОРОВ

**П**ознакомившись в 1988 году, мы — биолог и художник — обнаружили, что разделяем восхищение единообразием жизни: в своей основе все живые существа — от бактерий до человека — используют те же материалы и принципы.

Мы начали размышлять, как поделиться этим чудом с другими, и пришли к выводу, что для этого нужно соединить науку и искусство. Вместе они покажут, как глубокое понимание природы помогает полнее ощутить ее красоту и делает жизнь богаче.

Сначала ученый был учителем, а художник — учеником. Мы объясняли, задавали вопросы, искали и спорили. Потом Берт принес пару страниц набросков, и Малон по-новому взглянул на, казалось бы, известные факты. Учителем стал художник, а учеником — биолог. Наша уверенность росла. Мы просеивали факты, сортировали их, по кусочкам собирали интерпретации принципов, в соответствии с которыми устроена жизнь.

Ученый хочет, чтобы читатель испытал чувство благоговения перед научными достижениями и гордость за нашу способность все глубже проникать в устройство мира. Художник же полагает, что осознание единства с окружающим миром сможет повлиять на поступки каждого отдельно взятого человека и сформировать наше общее будущее. Мы надеемся, что читатели примут близко к сердцу и то и другое.



## ПРЕДИСЛОВИЕ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА

**В**ы открываете одну из самых необычных книг, когда-либо написанных о биологии. Интересна она вовсе не тем, что в ней много картинок. В конце концов, вокруг полно красочно иллюстрированных томов о животных, растениях, человеческом теле. Биология с давних пор дружила с изобразительным искусством. Достаточно вспомнить прекрасные иллюстрации к книгам великих естествоиспытателей прошлого — Карла Линнея, Эрнста Геккеля, Жана-Анри Фабра — выполненные учеными собственноручно. Однако жанр, предложенный Малонем Хогландом и Бертом Додсоном, в своем роде уникален. Его можно назвать научным комиксом, в котором и рисунки, и текст в равной мере помогают объяснить сложные биологические понятия читателю, который до сих пор, возможно, и не задумывался о том, что живая природа вокруг нас — это целая система запутанных взаимосвязей.

Один из авторов книги, Малон Хогланд, входит в число основателей современной молекулярной биологии. Вместе с Полом Замечником он в 1950-х годах открыл транспортную РНК (тРНК), которая доставляет аминокислоты на рибосому для синтеза белка, и ферменты аминоксил-тРНК-синтетазы, прикрепляющие аминокислоты к тРНК в точном соответствии с генетическим кодом. Это был золотой век молекулярной биологии: после того как в 1953 году Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик предложили знаменитую модель двойной спирали ДНК, открытия следовали одно за другим. В 1957 году Крик сформулировал «центральную догму молекулярной биологии»: информация в живых системах передается в направлении ДНК — РНК — белок. А через год после этого Хогланд и Замечник обнаружили тРНК — один из ключевых элементов, необходимых для работы этого конвейера. В 1976 году Хогланд за свои достижения был удостоен медали Франклина — одной из высших научных наград США.

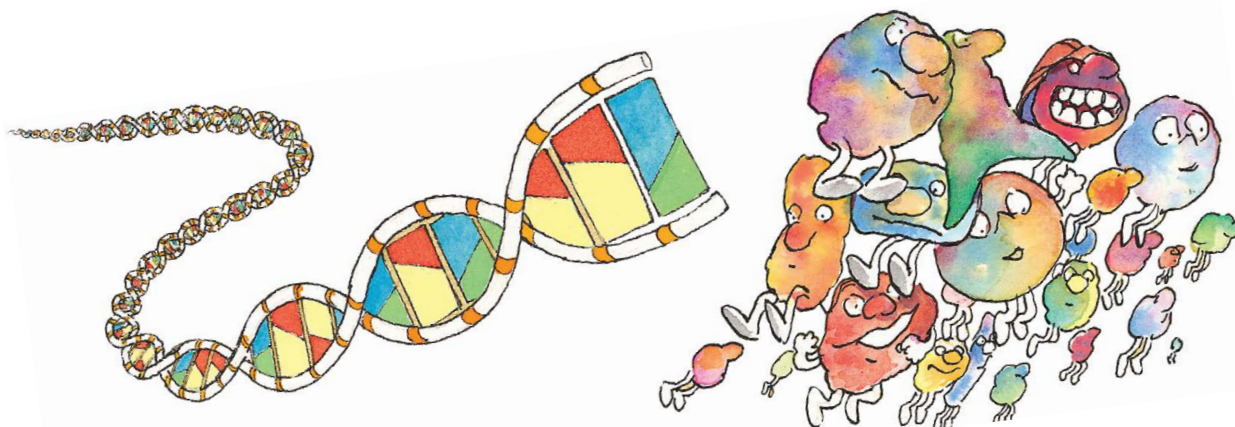
Берт Додсон — известный американский художник-график, работавший во многих проектах — от иллюстраций к детским книгам до комиксов про ядерное оружие.

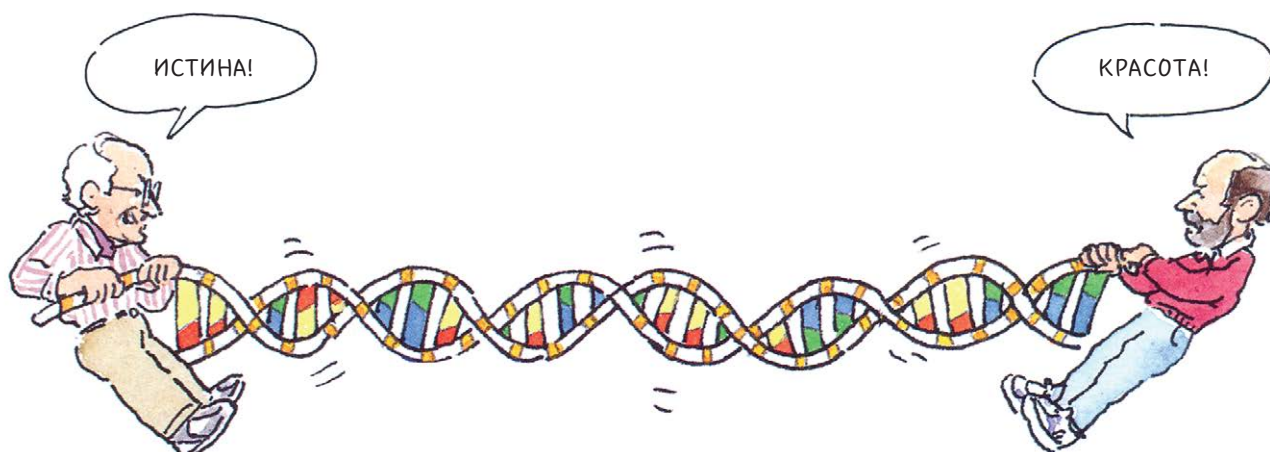
Но больше всего он знаменит, пожалуй, как автор классического самоучителя «Искусство рисунка» и его продолжения «Рисование по воображению». В совместном труде с Хогландом он не просто иллюстратор: Додсон прежде всего выступает как далекий от науки человек, которому биолог Хогланд объясняет, как устроена жизнь, — и это объяснение должно быть настолько понятным, чтобы художник смог пере-сказать это на своем языке.

Подобно Риму и Москве, биология стоит на семи холмах, имена которым — структура, энергия, информация, механизмы, обратная связь, сообщества и эволюция. Это фундаментальные способы описания организации живого на всех уровнях — от молекулярного до биосферного. Чтобы разобраться, как именно работают клетки, органы, живые организмы и экосистемы, приходится искать ответы на одни и те же общие вопросы. Как устроен этот белок? Где мышечная клетка берет энергию для работы? Откуда ДНК знает, что сейчас нужно вот эти три гена активировать, а другие пять — выключить? Что происходит внутри кошки, когда она мурлычет? Почему мы потеем в жару и дрожим в холод? Как из отдельных деревьев, зверей, птиц и насекомых получается лес? Откуда взялись броненосцы? Хогланд и Додсон показывают все великолепие мира живой природы через ответы на основополагающие вопросы биологии, и в этом еще одна необычная и очень важная сторона книги.

Конечно, с 1995 года, когда вышло первое издание, в биологии поменялось очень многое. В каких-то областях были сделаны прорывные открытия: мы теперь умеем читать геном человека за считанные дни, точно вносить в него любые изменения. Некоторые направления затормозились или даже полностью поменяли свои подходы: если четверть века назад казалось, что всю сложность развития эмбриона можно описать ответами клеток на сигналы считаного числа белков, то с появлением методов, позволяющих читать все РНК в отдельных клетках, стало ясно, что практически каждая из них уникальна, даже если внешне не отличается от соседней. Неизменным осталось одно: общие принципы, которые описали в своей книге Хогланд и Додсон, верны до сих пор, и вряд ли развитие науки подвергнет их сомнению в будущем.

**Дмитрий Жарков,**  
доктор биологических наук,  
член-корреспондент РАН





## БЛАГОДАРНОСТИ

**М**ы признательны друзьям и коллегам за критику отдельных фрагментов этой книги и за советы в процессе ее написания: Нэнси Бачер, Уильяму Крейну, Лиз Дэвис, Джерри Гроссу, Биллу Лейтону, Бет Луне, Эрнсту Майру, Алте Перлман, Хавьеру Пеналосе, Шелдону Пенману, Оскару Скорнику, Уолтеру Стокмайеру, Кипу Сладеру, Берни Трампкауэру и Джорджу Уитмену.

Особой благодарности заслуживают Тору Педерсон, Джуди Хаук, Скотт Додсон и Джефф и Эбби Роббинс. Мы очень ценим их неустанный интерес, слова ободрения и дельные предложения. Все четыре года работы над книгой Сью Рикер оказывала нам неоценимую помощь в качестве секретаря. Бонни Додсон, Джон Стивенс и Мория Стивенс очень помогли с художественным оформлением.

Бетси Рапопорт, редактор издательства Times Books, давала очень полезные рекомендации и обратила внимание на потребности простого читателя. Сэм Вон, наш издатель в Random House, высказывал критические замечания, которые воодушевляли нас и придавали сил, а Джейн Гувер из Lifland et al., Bookmakers превосходно отредактировала текст.

Мы очень ценим коллектив The Laughing Bear Associates — Мэйсона Сингера, Рэйчел Голденберг, Боба Нунера и Линду Мирабиле, а также их воображение, терпение и внимание к мельчайшим деталям оформления этой книги.

Джилл Нирим, литературный агент из Palmer & Dodge, поднимала наш моральный дух своим неугасающим энтузиазмом. Мы глубоко признательны покойному Льюису Томасу за помощь в получении финансовой поддержки фонда Ричарда Лаунсбери, и нам приятно, что Дэвид Гауди, директор Монтширского музея науки, с готовностью стал нашим меценатом и организовал выставки рисунков из этой книги.

Наконец, мы глубоко признательны нашим женам Олли Хогланд и Бонни Додсон за их любовь, поддержку и практическую помощь.

...Отличительной чертой ученого является не потребность в простоте и уверенности, а умение спокойно относиться к сложности и противоречиям. Современная наука родилась много веков назад, когда некоторые люди перестали искать абсолютную истину и начали задаваться вопросом, как устроен мир. Интересно, что именно благодаря прекращению поисков абсолютной истины наука двинулась вперед и материальная вселенная открылась для изучения. Только после признания непостоянства и изменений, даже радикальных, начало развиваться научное знание. И, как ни странно, в изменчивости лежит источник его силы.

**Хайнц Пейджелс**

Идеальная симметрия: в поисках начала времени (Perfect Symmetry: The Search or the Beginning of Time)

...Странно, что большинство чувств, которые считаются религиозными, большинство мистических порывов, которые относятся к числу самых распространенных, вознаграждаемых и желанных реакций нашего вида, в сущности, являются осознанием и попыткой высказать то, что человек связан с чем-то целым, неразрывно сопряжен со всей реальностью, известной и неизвестной. Сказать это просто, однако именно это глубокое чувство породило Иисуса, святого Августина, Роджера Бэкона, Чарльза Дарвина, Эйнштейна. Каждый из них в своем темпе и своим голосом открывал и с изумлением подтверждал, что все едино и в каждой части — целое. Планктон, фосфоресцирующее море, вращение планет, расширяющаяся Вселенная — все связано гибкой струной времени.

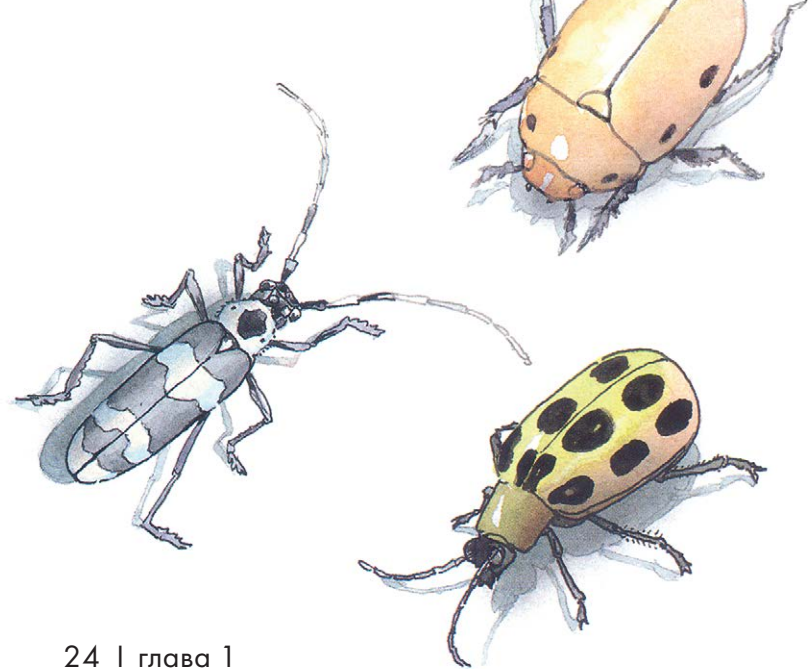
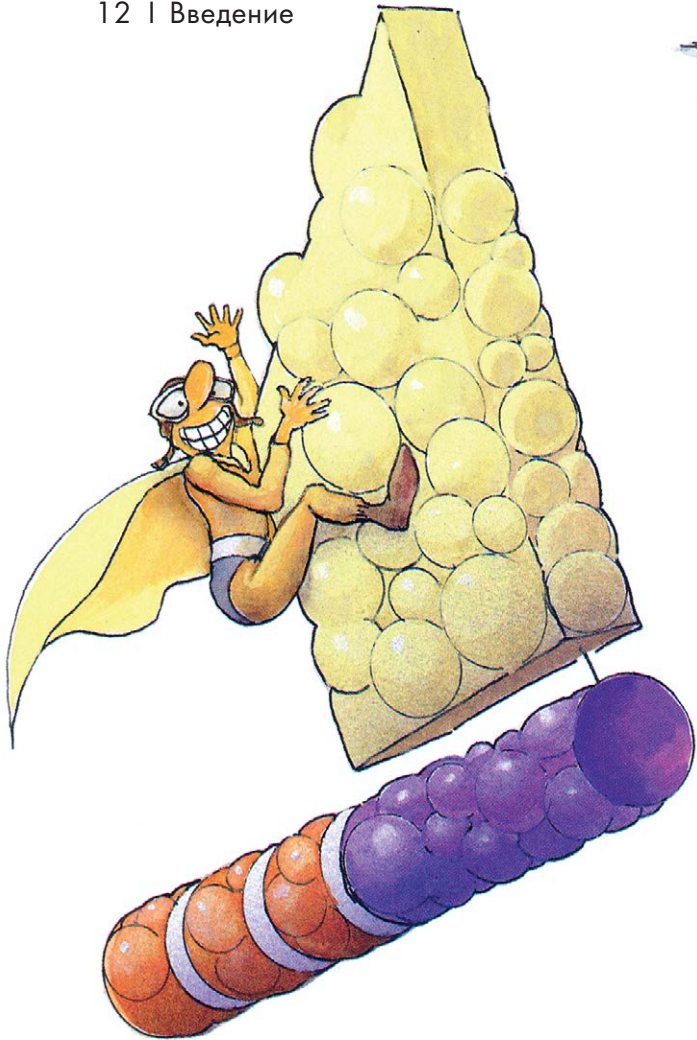
**Джон Стейнбек**

Море Кортеса: бортовой журнал (Log from the Sea of Cortez)



# ОГЛАВЛЕНИЕ

12 | Введение



24 | глава 1

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ

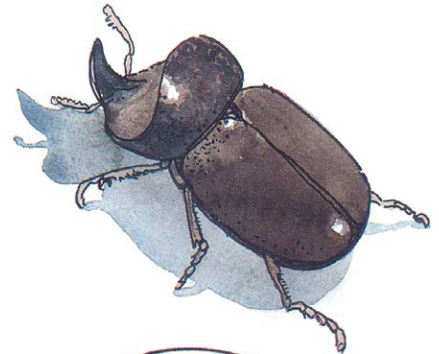
*Шестнадцать фактов, которые  
нужно знать о жизни*



58 | глава 2

## ЭНЕРГИЯ

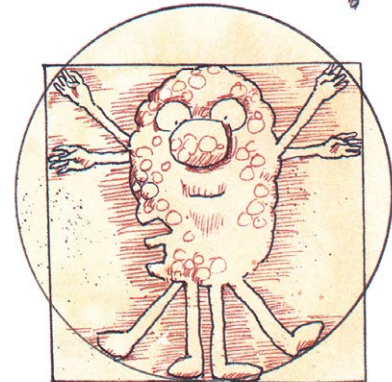
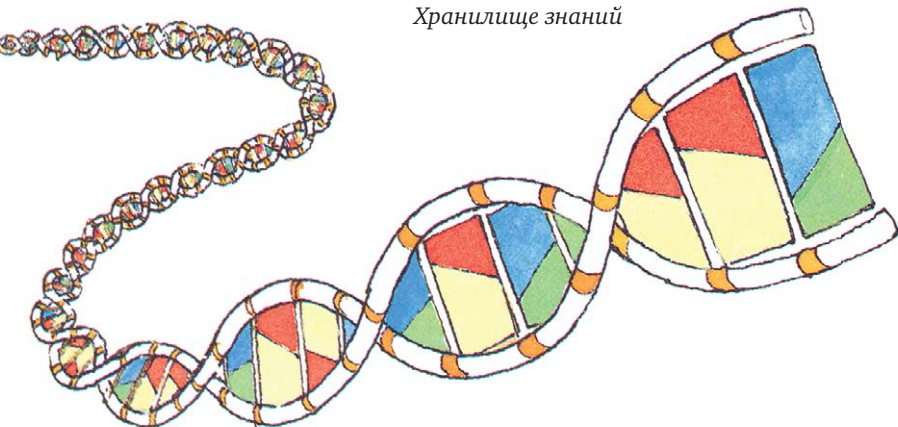
*Свет для жизни*



98 | глава 3

## ИНФОРМАЦИЯ

*Хранилище знаний*



126 | глава 4

## МАШИНЫ

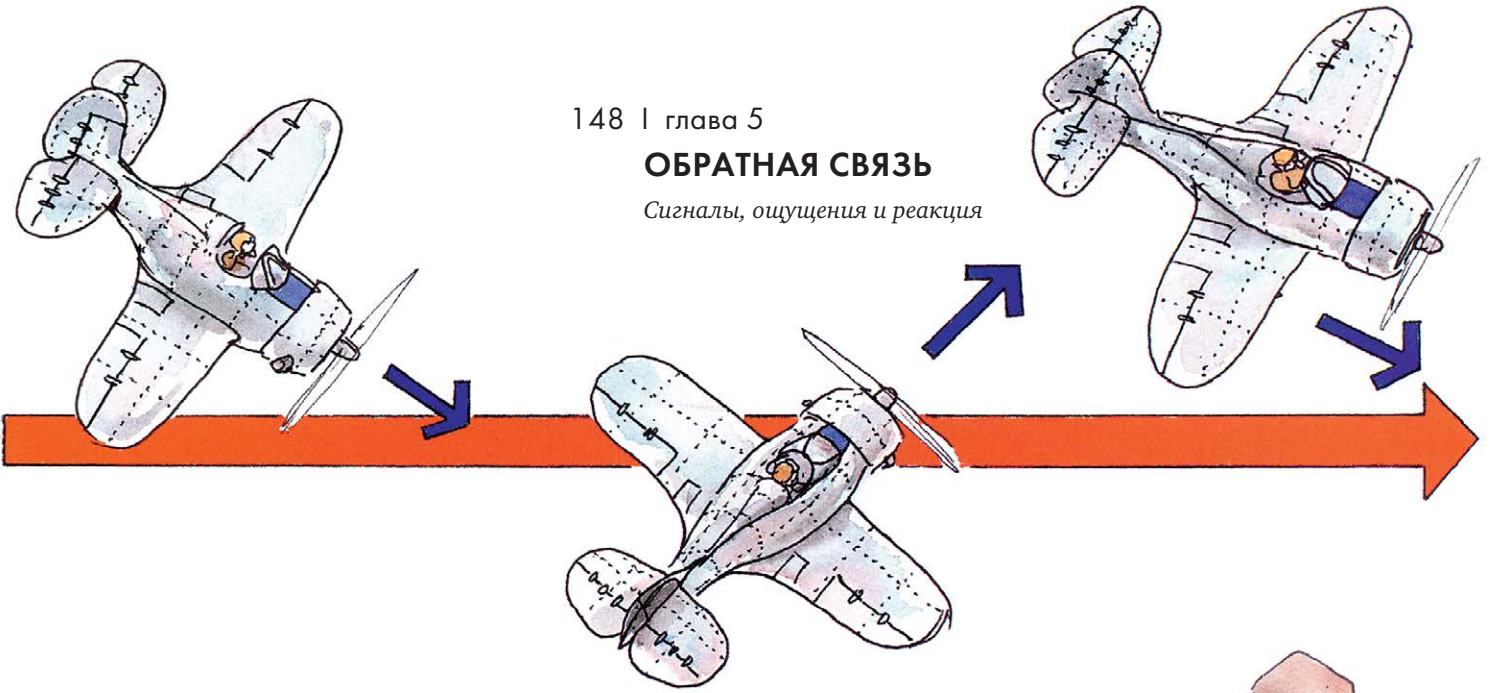
*Создание умных деталей*



148 | глава 5

## ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

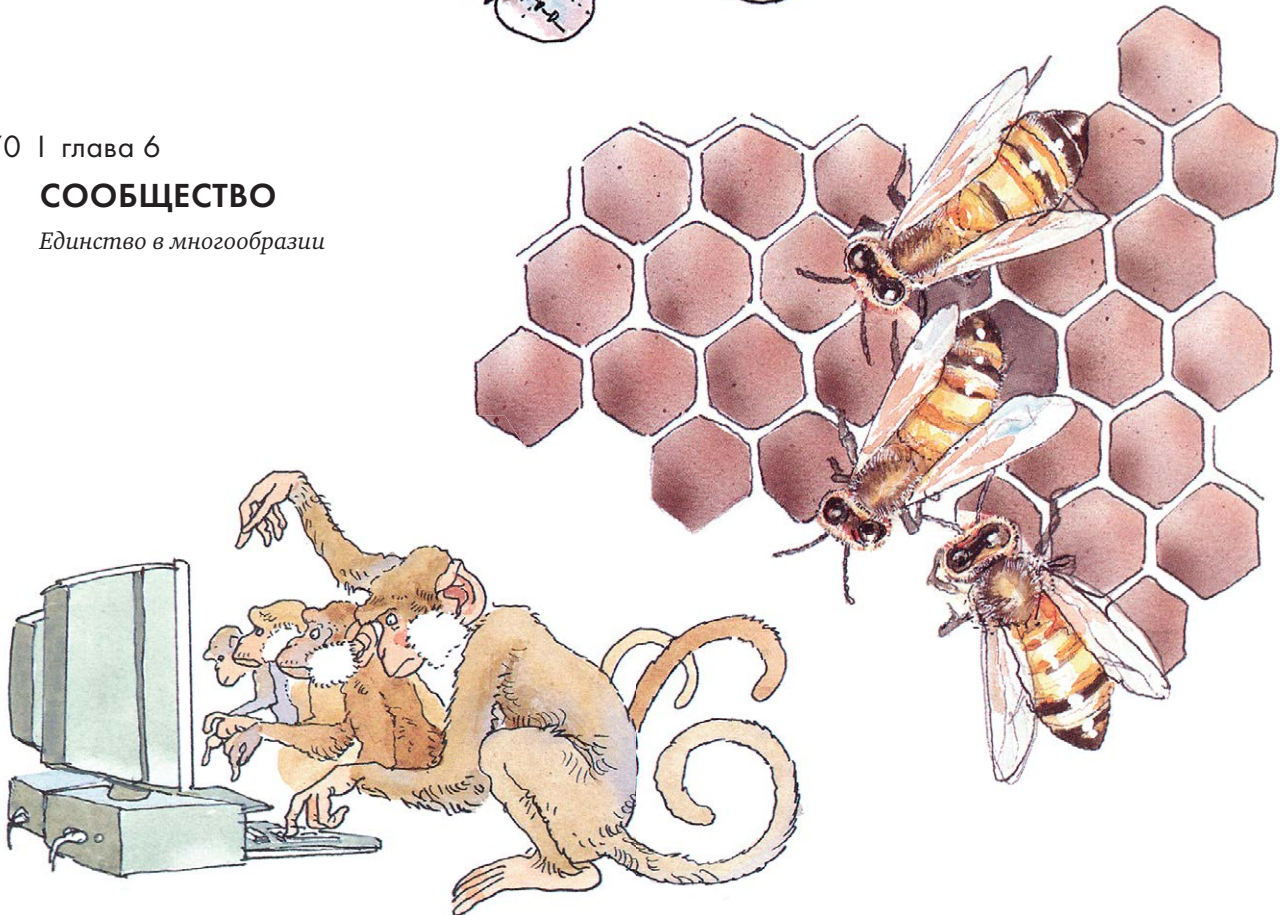
*Сигналы, ощущения и реакция*



170 | глава 6

## СООБЩЕСТВО

*Единство в многообразии*



200 | глава 7

## ЭВОЛЮЦИЯ

*Законы творчества*

248 | Примечания

253 | Предметный указатель



## ВВЕДЕНИЕ

Представь себе, что ты идешь по пустынному пляжу и натыкаешься на останки кита. Их не пощадили время, морской прибой и стервятники. Первой твоей реакцией, возможно, будет сочувствие и ощущение родства между всеми живыми существами. Возможно, тебя заинтересует, что произошло: какой была жизнь этого млекопитающего?

Рассматривая скелет, ты поражаешься чертам сходства. Кости передних лап делятся на три сегмента: одна кость ближе к телу, затем две параллельные кости в середине, а внешний сегмент состоит из пяти расходящихся меньших по размеру костей. Все это очень похоже на строение человеческой руки: пропорции другие, но принцип крайне близок.

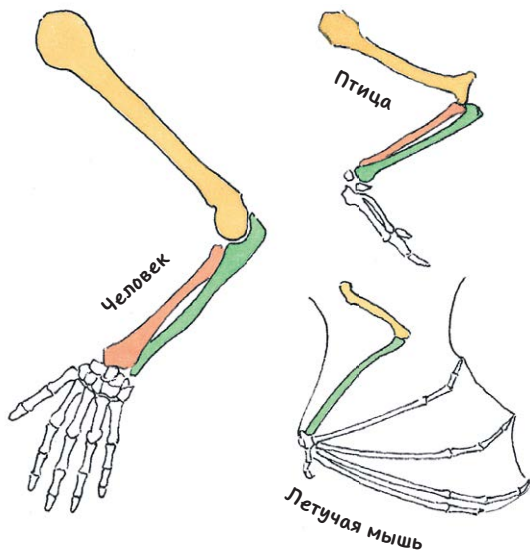
Как же получилось, что «руки» китов похожи на наши? Почему у них есть кости пальцев, хотя самих пальцев нет? Значит ли это, что мы как-то связаны с китами? Может быть, схема строения конечностей существует дольше, чем киты... и люди?

### ЕДИНАЯ ТЕМА

Если задуматься над чудом жизни, то больше всего поражает ее многообразие: куда ни взгляни, повсюду огромное число самых разных видов организмов. Телепрограммы и книги о природе зачастую стремятся показать многочисленные способы адаптации жизни к условиям планеты. Тема этой книги иная: она превозносит единство и сосредоточена на том общем, что объединяет все формы жизни на Земле.

Гомология — общность, заметная в строении скелета руки человека, лапы кита, крыла птицы и летучей мыши и даже в окаменелостях, оставшихся от существ, которые жили миллионы лет назад, — это лишь первое зримое свидетельство единства. Чем глубже мы будем его изучать, тем больше признаков найдем.

Все живые существа либо являются клетками, либо состоят из клеток — крохотных живых единиц, которые собирают топливо и строительные материалы, вырабатывают пригодную к использованию энергию, растут и делятся на части.

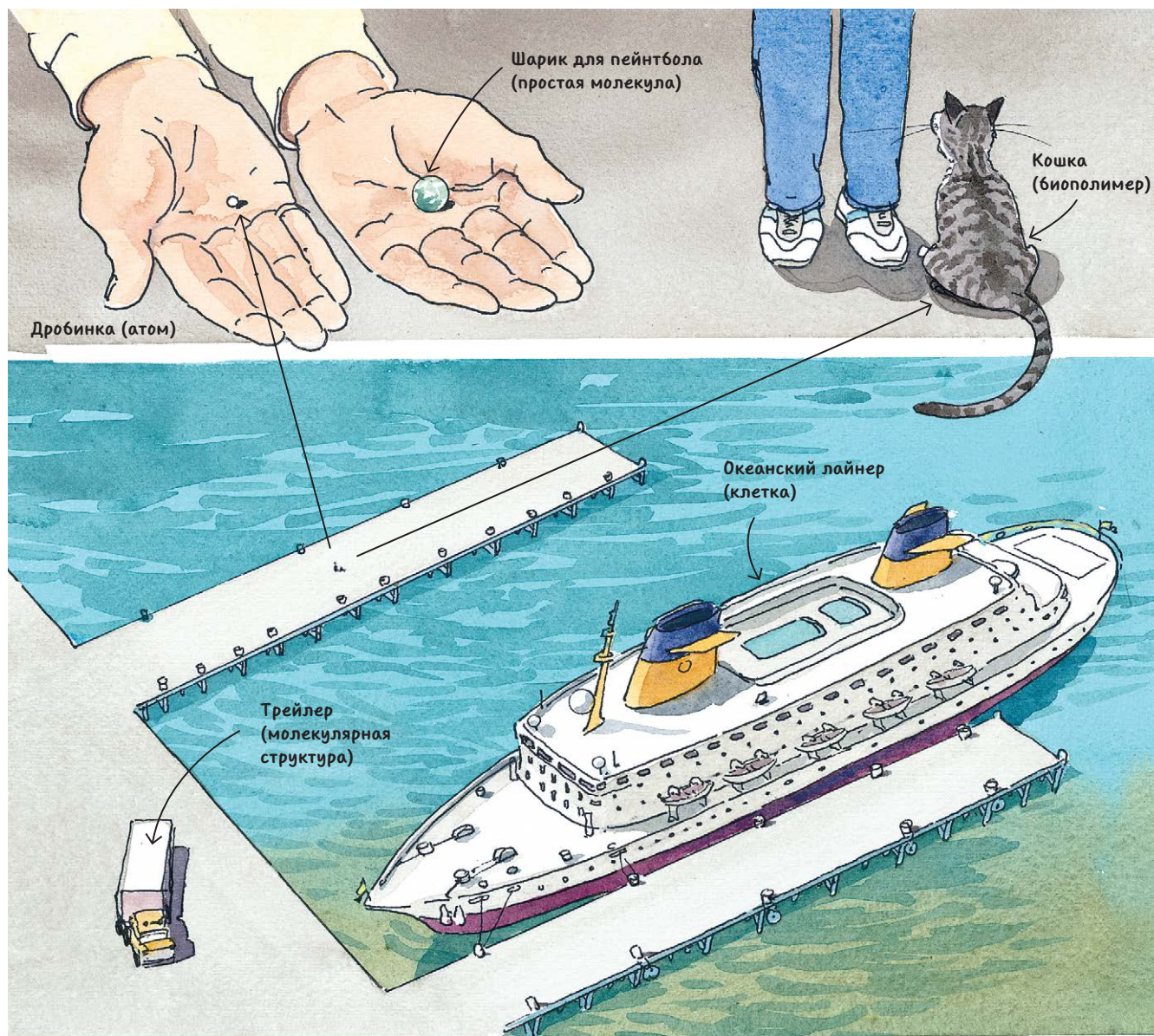


А внутри всех живых клеток — даже таких разных, как клетки бактерий, мух, лягушек и человека, как клетки кожи, печени и головного мозга, — находятся одинаковые или почти одинаковые молекулы и происходят похожие взаимодействия, благодаря которым функционирует жизнь.

Все это подводит к двум выводам. Во-первых, основополагающие структуры и механизмы современной жизни на Земле едины для всех живых существ. А во-вторых, процессы, создавшие жизнь в знакомой нам форме, проходили согласно единым правилам.

Таким образом, все формы жизни связаны как друг с другом, так и со своими предшественниками — скорее всего, вплоть до общего начала почти четыре миллиарда лет назад.

Нам кажется, что красота живой природы еще больше захватывает, когда осознаешь объединяющие ее закономерности.



## ПОДУМАЕМ О МАЛОМ

Значительная часть этой книги посвящена содержанию клеток. Чтобы по-настоящему осознать этот микроскопический ландшафт, придется напрячь воображение, чтобы представить, насколько малы и многочисленны молекулы.

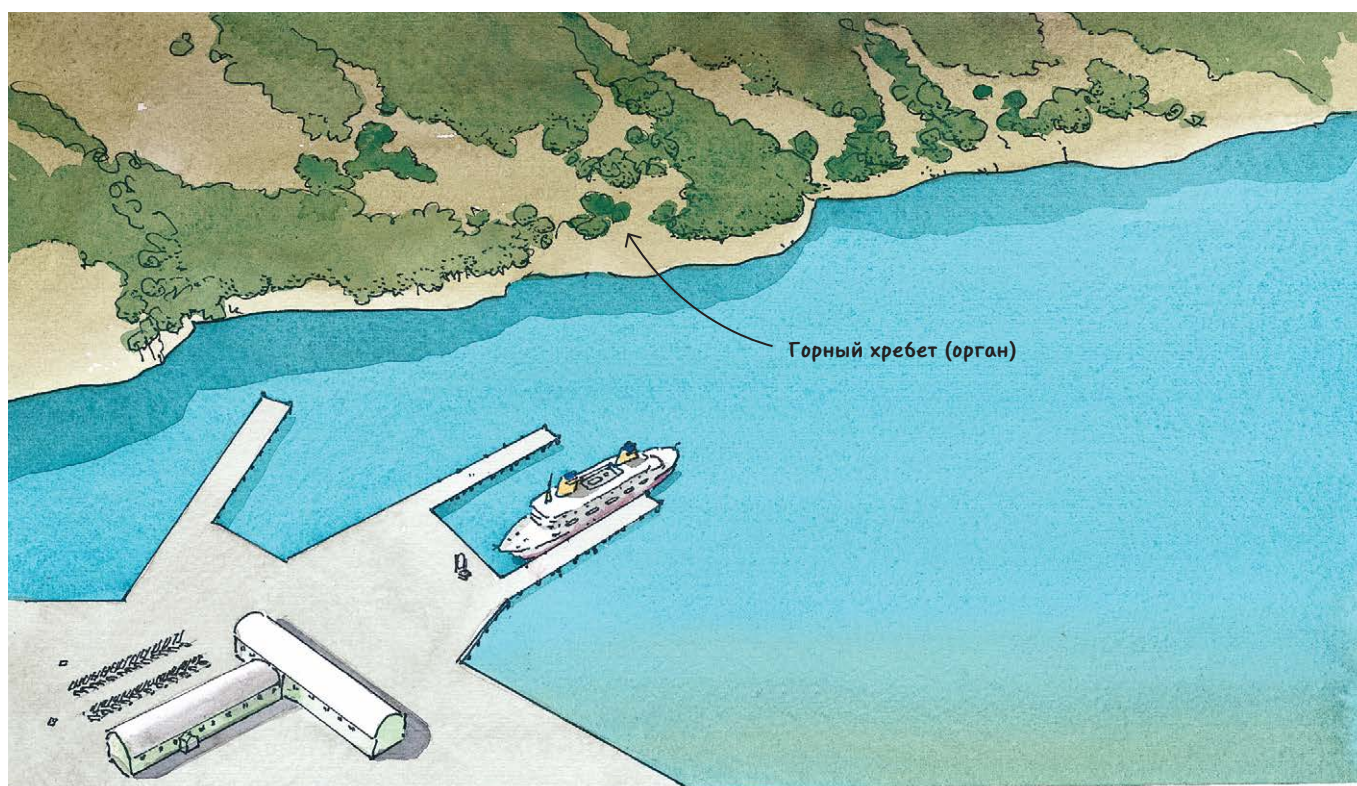
Великий шотландский математик и физик лорд Кельвин как-то сказал: «Представьте, что мы пометили все молекулы в стакане воды, а затем вылили эту воду в океан и тщательно размешали, чтобы равномерно распределить помеченные молекулы. Если после этого зачерпнуть стакан воды в любой точке мирового океана, в нем окажется примерно сотня помеченных молекул».

Размеры и скорость связаны между собой: в целом, чем объект меньше, тем он быстрее. Молекулы воды и тысячи других видов молекул, которые есть в нашем организме, движутся, колеблются и вращаются с колоссальной

скоростью и каждую миллионную миллионной доли секунды сталкиваются друг с другом<sup>1</sup>.

От этих постоянных энергичных столкновений зависит жизнь. Скорость химических преобразований, которые непрерывно — с частотой многих тысяч событий в секунду — происходят внутри клеток, будет немного легче осознать, если помнить, что их участники движутся и сталкиваются в миллионы раз быстрее.

<sup>1</sup> Конечно, не надо представлять себе, что молекулы носятся во все стороны с головокружительной скоростью. Молекул в клетке так много, что место для свободного пробега отсутствует напрочь! Даже если мы рассмотрим воду в микроскоп, то увидим, что расстояние между молекулами воды сравнимо с размерами самой молекулы. Если к этому добавить белки, ДНК, мембраны и все остальное, получится, что внутри клетки — как в набитом автобусе. Именно поэтому с огромной скоростью (для воды — примерно 600 м/с) молекулы лишь колеблются туда-сюда и вращаются на месте. А вот их линейное движение гораздо медленнее, в чем ты можешь убедиться, аккуратно погрузив в кипяток чайный пакетик и наблюдая, с какой скоростью расплзается окрашенный раствор. Прим. науч. ред.



Говоря о строении организма, обычно имеют в виду мышцы, сердце, мозг и так далее. Если сделать следующий шаг в сторону уменьшения масштаба, появятся клетки, из которых состоят эти ткани и органы. Скачок колоссальный: клетки в организме человека примерно в десять раз меньше острия иголки, а всего их около тридцати триллионов<sup>2</sup>. Внутри каждой клетки есть мириады атомов, молекул и молекулярных структур — главных героев нашего повествования.

Когда мы будем с ними знакомиться, картинка выше поможет тебе почувствовать их относительные размеры.

Представь, что ты стоишь на причале. В одной руке у тебя дробинка. Пусть атом будет размером с нее. В другой руке ты держишь шарик для пейнтбола, который будет соответствовать простой молекуле. Рядом с тобой сидит кошка — биополимер (длинная молекула-цепочка из отдельных звеньев). Неподалеку припарковался трейлер — молекулярная структура, а к причалу пришвар-

тован океанский лайнер — клетка. Причал расположен на берегу Северной Америки — весь континент будет аналогичен размерам человеческого тела.

На следующих четырех страницах мы покажем, как будем изображать маленькие предметы. Обрати внимание: чтобы охватить весь спектр от атома до клетки (их размеры отличаются в 200 000 раз), потребовалось четыре разных масштаба.

<sup>2</sup> Вообще небологи очень любят интересоваться, сколько клеток в теле человека, а биологи очень не любят давать точный ответ, потому что каждую клетку не посчитаешь, а косвенные оценки сильно отличаются в зависимости от оценочного метода. В 2016 году этим вопросом озадачились ученые из Института Вейцмана в Израиле (Sender et al., *PLoS Biol.*, 14:e1002533, 2016), которые не только вывели собственное число, но и проанализировали возможные источники ошибок в прошлых исследованиях подобного рода. Так что давай вслед за ними считать, что в теле «стандартного» представителя вида *Homo sapiens* массой 70 кг содержится 30 триллионов его родных клеток. И еще 38 триллионов клеток бактерий, для которых он и стол, и дом. Прим. науч. ред.