

Оглавление

Предисловие от издательства	7
Предисловие автора к русскому переводу	8
Вступительное слово редактора русского перевода.....	10
Благодарности.....	13
Предисловие.....	17
Зверинец	26
РАЗДЕЛ I. Загадки воды: прокладываем путь.....	31
Глава 1. В окружении тайн	33
Глава 2. Социальное поведение воды	43
Глава 3. Загадка межфазной воды.....	55
РАЗДЕЛ II. Тайная жизнь воды.....	79
Глава 4. Четвертая фаза воды?.....	81
Глава 5. Электрическая батарея из воды.....	111
Глава 6. Как заряжается водяная батарея	127
Глава 7. Вода как движущая сила и источник жизни	147
РАЗДЕЛ III. Что движет водой, то движет миром.....	169
Глава 8. Универсальный аттрактор	171
Глава 9. Броуновское движение – танец под музыку энергии.....	189
Глава 10. Тепловая энергия и температура: новый взгляд на тепловую тьму.....	215
Глава 11. Осмос и диффузия – они не существуют	237
РАЗДЕЛ IV. Формы воды в природе	255
Глава 12. Энергия протонированной воды.....	257
Глава 13. Капельки и пузырьки – братья и сестры в водной семье.....	277
Глава 14. Рождение пузырька: от зародыша к зрелости	289

Глава 15. Облака из кофе: поразительная природа испарения	313
Глава 16. Водяные трамплины: скольжение по поверхности воды.....	341
Глава 17. Согреть для получения льда	367

РАЗДЕЛ V. Подводим итоги:

раскрываем тайны Земли.....	393
------------------------------------	------------

Глава 18. Тайные законы природы.....	395
--------------------------------------	-----

Предисловие от издательства

Отзывы и пожелания

Мы всегда рады отзывам наших читателей. Расскажите нам, что вы думаете об этой книге – что понравилось или, может быть, не понравилось. Отзывы важны для нас, чтобы выпускать книги, которые будут для вас максимально полезны.

Вы можете написать отзыв на нашем сайте www.dmkpress.com, зайдя на страницу книги и оставив комментарий в разделе «Отзывы и рецензии». Также можно послать письмо главному редактору по адресу dmkpress@gmail.com; при этом укажите название книги в теме письма.

Если вы являетесь экспертом в какой-либо области и заинтересованы в написании новой книги, заполните форму на нашем сайте по адресу http://dmkpress.com/authors/publish_book/ или напишите в издательство по адресу dmkpress@gmail.com.

Список опечаток

Хотя мы приняли все возможные меры для того, чтобы обеспечить высокое качество наших текстов, ошибки все равно случаются. Если вы найдете ошибку в одной из наших книг – возможно, ошибку в основном тексте или программном коде, – мы будем очень благодарны, если вы сообщите нам о ней. Сделав это, вы избавите других читателей от недопонимания и поможете нам улучшить последующие издания этой книги.

Если вы найдете какие-либо ошибки в коде, пожалуйста, сообщите о них главному редактору по адресу dmkpress@gmail.com, и мы исправим это в следующих тиражах.

Нарушение авторских прав

Пиратство в интернете по-прежнему остается насущной проблемой. Издательство «ДМК Пресс» очень серьезно относится к вопросам защиты авторских прав и лицензирования. Если вы столкнетесь в интернете с незаконной публикацией какой-либо из наших книг, пожалуйста, пришлите нам ссылку на интернет-ресурс, чтобы мы могли применить санкции.

Ссылку на подозрительные материалы можно прислать по адресу dmkpress@gmail.com.

Мы высоко ценим любую помощь по защите наших авторов, благодаря которой мы можем предоставлять вам качественные материалы.

Предисловие автора к русскому переводу

Я счастлив, что моя книга «Четвертая фаза воды» наконец станет доступна широкому кругу российских читателей. Спасибо за ожидание.

Я знаю, что многие из вас – энтузиасты науки, на которых могут оказывать давление догматики, преобладающие в научном мире. Так происходит везде. Тем не менее я знаю, что многие читатели ведут здоровый образ жизни, требующий и свежего мышления. Вряд ли что-то может быть более свежим, чем новый взгляд на сущность, столь важную для всех аспектов жизни, – на воду.

Исходная версия этой книги стала популярной среди англоязычных читателей. Многие из них отмечали, что материал в книге дает естественные объяснения явлений, свидетелями которых они становятся каждый день, но не удосуживались задуматься о причинах. Вода заставляет нас задавать вопросы о сути разнообразных явлений, начиная с того, почему мокрый песок липкий, и до того, как вода может подниматься к вершинам самых высоких деревьев. Другие отметили, что, хотя они ожидали, что их научный опыт поможет пониманию воды, оказалось, что все наоборот: изучение воды научило их правильному пониманию науки. Естественно, я был доволен.

В ходе моего длительного сотрудничества с российскими учеными я понял, что они необычайно открыты и стремятся к новому пониманию. Они относятся к числу наименее консервативных ученых, которых я знаю, стремящихся к непрерывному развитию науки. Когда я встречаюсь с русским, я неизменно вижу глаза, сияющие от нетерпения слушать и учиться – всегда с глубокой искренней страстью.

Я отчетливо вспомнил эту страсть, когда несколько лет назад меня пригласили выступить с докладом в Московском университете. Мне помогал профессор Владимир Воейков, редактор русского перевода этой книги. Владимир представил меня аудитории, а затем начал переводить мою речь предложение за предложением. Не успел я показать несколько слайдов, как аудитория разразилась комментариями и вопросами, на которые Владимир тут же отвечал. Поскольку я не говорю по-русски, я остался в неведении относительно содержания диалога. Но я был уверен, что Владимир дает убедительные ответы на все вопросы, потому что, по моему опыту, он знает предмет лучше, чем я.

Как бы то ни было, разгоревшаяся в тот день открытая дискуссия пробудила эмоции российских ученых, а также подогрела их интерес к восприятию свежих идей. Волнение достигло такой степени, что я уже представлял себе разразившуюся потасовку. Около трех часов я практически молчал, пока российские ученые вели между собой ожесточенный спор. Я не могу сказать, кто в итоге победил, но я помню спокойную и уютную обстановку в доме

Владимира в тот вечер, когда было достаточно вкусной еды и расслабляющих напитков, чтобы успокоить мои расшатанные нервы.

Впечатлили меня не только российские ученые, но и российские студенты. Многие из них прибыли из Екатеринбурга благодаря помощи моего дорогого друга, профессора Феликса Бляхмана, чьи исследования были в основном посвящены сердечно-сосудистой динамике, а также гелевым биомиметикам. Их подготовка была превосходна. Ученики Феликса приехали в Сиэтл с решительным настроем. Студенты из других стран приезжают с большим багажом теоретических знаний, но, как правило, с ограниченным практическим опытом. Русские студенты всегда были лучше подготовлены. Они обладали не только впечатляющими теоретическими знаниями, но и обширными практическими навыками. С детства они научились ремонтировать разные устройства, от ламп до автомобилей. В лаборатории этот опыт превратился в хорошо развитую способность проводить эксперименты, в основном самостоятельно. Я был приятно удивлен.

В частности, я помню одного молодого ученого, который работал в моей лаборатории. Андрей Климов из Пущино был не только студентом, но и одним из самых творческих ученых, когда-либо работавших в моей лаборатории. Мы каждый день узнавали от Андрея что-нибудь новое. Некоторые скептически относились к его разнообразным идеям, но в конце концов Андрей научил меня ряду вещей, которые изменили все мое научное мировоззрение.

Наиболее отчетливо я запомнил его утверждение, что Земля не является нейтральной – она обладает отрицательным зарядом. Сначала я подумал, что Андрей бредит. Я изучал электротехнику и, если Земля действительно несет отрицательный заряд, наверняка слышал бы об этом. На следующий день один из моих студентов принес мне лекции Фейнмана. Глава 9 второго тома содержит множество экспериментальных доказательств того, что Андрей действительно был прав: Земля действительно заряжена отрицательно. Андрей заверил меня, что русские студенты (по крайней мере, его поколения) прекрасно знают о заряде Земли; но, судя по всему, редкие американцы о нем слышали. Хвала российской образовательной системе!

В общем, если есть какая-то категория людей, которой я восхищаюсь, то это, конечно, русские. Российские ученые наделены знаниями, страстью и глубоким желанием понять, как устроен мир. Я надеюсь, что эта книга будет им полезна. И конечно, я надеюсь, что эта книга послужит новым стимулом для изучения воды в России, а также для всеобщего понимания природы самой ценной субстанции Земли. Действительно, вода намного более удивительна, чем нам это представляется.

Желаю вам всего наилучшего.

Джеральд Поллак

Вступительное слово редактора русского перевода

Говорят, что с наступлением нового тысячелетия мир вступил в эпоху Водолея. Так это или нет, но в последние 10–15 лет во всем мире стало появляться все больше научных, научно-популярных книг, научных журналов и даже художественных книг и фильмов, главным персонажем в которых выступает вода. Казалось бы, вода – простейшее и столь распространенное в природе вещество – достаточно хорошо изучена и не таит в себе особых загадок. И вдруг выяснилось, что наши знания о субстанции, молекула которой выглядит столь просто, весьма поверхностны, что множество явлений, центральным участником которых выступает вода, – в первую очередь явления, связанные со всеми жизненными процессами, – не находят объяснений в рамках привычных представлений о воде. Более полувека тому назад Нобелевский лауреат Альберт Сент-Дьерди высказал нетривиальные мысли: «Вода – прародительница и матрица жизни», «Жизнь – это вода, танцующая под мелодию твердых тел», «Вода составляет неразрывное целое со структурными элементами клетки», «Биоэнергетика – не что иное, как специальный аспект химии воды». И при этом он констатировал, что «биология забыла о воде или совсем не думала о ней». К сожалению, призывы Сент-Дьерди и немногих его единомышленников о необходимости заняться глубоким изучением водной основы живых организмов оставались без внимания научной общественности еще в течение многих десятилетий. Как же можно пробить глухую оборону ортодоксии и зародить у способных к размышлениям исследователей хотя бы тень сомнений в том, что не все так лучезарно и в молекулярной биологии, и в клеточной физиологии, не признающих ключевой роли воды в жизнедеятельности? На роль «стенбитной машины» претендовала вышедшая в 2001 году книга профессора Джеральда Поллака «Клетки, гели и моторы жизни. Новый целостный подход к клеточной функции».

Поллак уже был признанным экспертом в области мышечного сокращения. Его работы публиковались в самых авторитетных журналах Nature и Science, а книга «Мышцы и молекулы, раскрывающие принципы биологического движения» (1990 г.) была награждена премией «За выдающиеся достижения» Общества технической коммуникации США. И при этом он не побоялся высказать сомнения в правоте общепризнанной теории мышечного сокращения Нобелевского лауреата сэра Эндрю Хаксли, которая не позволяла объяснить целый ряд важных наблюдений. Это и послужило стимулом к написанию книги «Клетки, гели...». При этом Поллак не ограничился пересмотром механизма мышечного сокращения, а пошел дальше. Он увидел в объяснениях многих других явлений клеточной физиологии, кочующих из одного университетского учебника в другой, массу несуразностей, а иногда и вообще отсутствие каких бы то ни было объяснений. Но одно дело – наводить критику, а другое – предложить альтер-

нативу. Поллак осознал, что общепринятые теории не учитывают центральную роль воды в процессах жизнедеятельности, и выдвинул концепцию, которая позволяет с единых позиций дать как минимум правдоподобное объяснение множеству проявлений жизнедеятельности клетки. Клетку следует рассматривать как динамичный гидрогель. В каждый момент времени часть воды в клетках находится в особом состоянии – связанном, но при этом не в твердом, как лед, и не в свободном, т.е. не в таком жидком, как вода в стакане. В ответ на минимальные по силе, но адекватные текущему состоянию клетки импульсы, которые можно рассматривать как информационные (видоизменяющие и форму, и функции клеток), в клетке происходят кооперативные переходы ее водной основы из связанного с биополимерами, в первую очередь белками, состояния в жидкое состояние – гель-золь переходы. Концепция Поллака позволила с единых позиций объяснить не только мышечное сокращение, но и практически все другие проявления клеточной активности. Книга ученого удостоилась положительных рецензий в ведущих научных журналах, включая Science, Nature, Cell, Journal of Cell Science, была удостоена престижных наград, попала в список бестселлеров New York Times. Некоторые рецензенты книги Поллака столь высоко оценили его теорию, что утверждали: «Если тезис, выдвинутый Поллаком, окажется обоснованным, произойдет революция в клеточной биологии».

Однако концепция Поллака подразумевала, что часть клеточной воды находится в особом – связанном или структурированном состоянии, а споры о том, отличается ли клеточная вода от внеклеточной, продолжаются с возникновения клеточной теории. Поллак знал работы предшественников, доказывавших, что существенная часть клеточной воды представлена особой структурированной формой. Среди них были и советские биологи – последователи основателя Института цитологии АН СССР чл.-корр. АН СССР Д. Н. Насонова. Но особо сильное влияние на Поллака оказал выдающийся американский физиолог Гилберт Линг. Встреча с ним и знакомство с его работами послужили одним из стимулов к написанию этой книги. Однако данные, на которые опирались предшественники, утверждая, что клеточная вода обладает особой структурой и свойствами, были косвенными, и в целом отношение к их идеям было весьма скептическим. К моменту выхода книги ученого большинство клеточных и молекулярных биологов считали, что никакой воды, отличающейся по своим свойствам от обычной жидкой воды, в живых клетках нет. Поэтому Поллак и его коллеги приступили к экспериментальному проекту по проверке обоснованности выдвинутого в книге «Клетки, гели и двигатели жизни» тезиса об особых свойствах воды, смачивающих гидрофильные поверхности.

Удивительные, если не сказать – революционные, результаты этой работы, полученные с 2003 по 2013 г. (исследования в этой области продолжаются и сегодня), их смелая, часто шокирующая, но убедительная интерпретация составляют суть предлагаемой вашему вниманию книги «Четвертая фаза воды». Во вступительном слове я не вижу возможности углубляться в анализ множества разнообразных экспериментов, описанных в этой книге, тем более что она написана чрезвычайно увлекательно и доходчиво. Когда начинаешь ее читать, то оторваться так же трудно, как будто взял в руки научно-фантастическую повесть. Но художественная сторона изложения в этой книге не наносит ущерба ее научной строгости. Как это могло получиться – для меня загадка, но такая же загадка таится

12 Вступительное слово редактора русского перевода

в любом труде, освященном исключительным талантом автора. Тем не менее я не могу не отметить то главное, что было сделано Поллаком и его учениками за это десятилетие, а впоследствии подтверждено независимыми исследователями. Во-первых, Поллак обнаружил, что вблизи различных гидрофильных поверхностей формируется очень толстый слой организованной воды, настолько отличающийся по своим физико-химическим свойствам от «объемной» воды, что его можно считать особой, «четвертой» фазой воды. Доказательство существования такой воды служит серьезным аргументом в пользу того, что его предшественники, утверждавшие, что клеточная вода имеет особое строение, были правы, как был прав и сам Поллак, ранее предложивший «новый целостный подход к клеточной функции» в книге «Клетки, гели и машины жизни». Но если существование особой организованной воды в клетках уже было предсказано предшественниками Поллака, то он, изучая ее свойства как простейшими, так и самыми современными методами, сделал поистине эпохальные открытия. Во-первых, было обнаружено, что эта вода несет электрический заряд и в паре с объемной водой, несущей противоположный заряд, представляет собой электрическую батарею, способную не только быть источником энергии для реализации биологических функций, но и своеобразным «рабочим телом», осуществляющим часть этих функций. Второе открытие не менее значимо: источником энергии, заряжающим «водяную батарею», служит вездесущее электромагнитное излучение, в частности инфракрасное излучение. Эти открытия особых свойств воды позволяют по-новому посмотреть как на происхождение, так и на повсеместность жизни, что подтверждает пророческое высказывание Сент-Дьерди: «Вода – прародительница и матрица жизни».

Мне посчастливилось познакомиться с Джерри Поллаком почти 20 лет тому назад и быть свидетелем того, как он упорно и неустанно развивал новую Науку о Воде. Мне повезло быть научным редактором перевода этой книги на русский язык, что потребовало не просто чтения, а вглядывания в нее, и я получал громадное удовольствие от этой работы. Когда я ее закончил, то возникло даже чувство некоторой потери. Но радуется, что книга стала доступна и русскоязычному читателю – от школьника до высококвалифицированного специалиста – и что как ее достоинства, так и недостатки станут стимулом для того, чтобы задуматься об уникальной роли воды в природе, и послужат импульсом для любознательных исследователей включиться в дальнейшее изучение этого эликсира жизни.

*Доктор биологических наук,
профессор биологического факультета МГУ
В. Л. Воейков*

Благодарности

Словно ребенок, воспитанный деревней, эта книга развивалась благодаря усилиям многочисленных слабо связанных между собой людей.

Первым, безусловно, должен быть упомянут Гилберт Линг (Gilbert Ling), чей монументальный вклад в науку пробудил мой интерес к воде. Линг намного опередил свое время. Его новаторская работа открыла глаза многим ученым на тот факт, что вода является не просто пассивным переносчиком обычных молекул жизни; это центральный игрок во всех жизненных процессах. К сожалению, его многочисленные заслуги остались незамеченными, и его готовность бросить вызов научным догмам сделала его чем-то вроде отверженного. С тех дней, когда я впервые встретил Гилберта в середине 1980-х, он продолжал вдохновлять меня; если кто-то стал причиной написания этой книги, то этим человеком является Гилберт Линг.

Следующий в моем списке – профессор Владимир Воейков из Московского государственного университета. Трудно назвать научные области, в которых Владимир не обладает обширными знаниями, и я должен признаться, что многие темы, рассматриваемые в этой книге, родились во время бесед с ним. Его потрясающая эрудиция значительно расширила мой кругозор. Я также благодарю Владимира за то, что он приготовил серию изумительных русских обедов во время нашего пребывания в петербургской квартире. Сочетание пельменей и русской водки настолько возбудило творческие нейроны, что их излучение можно было зафиксировать даже в Чикаго.

Что касается непосредственной работы над этой книгой, я в основном обязан трем помощникам, перечисленным в хронологическом порядке их участия.

Первый, Брэндон Рейнс (Brandon Reines), помог еще до нашей встречи. У нас с Брэндона была давняя научная переписка. Когда он задал мне сложный вопрос, я предположил, что ответ найдется в рабочем проекте моей будущей книги. И тут Брэндон совершил очень важный поступок. Он ответил, что книга слишком хороша: одно мороженое с фруктами на десерт может быть очень кстати, но пятнадцать порций подряд – слишком много, чтобы кто-нибудь смог их переварить. «Кулинарный» подход Брэндона избавил вас от глав, посвященных различным темам: от того, как птицы летают (не так, как вы думаете), до того, почему продолжительность жизни различных видов может различаться от нескольких дней до нескольких тысяч лет. Я оставляю эти и другие темы для последующих книг. Брэндон был невероятно полезен в оформлении материалов каждой главы удобным для читателя способом, в создании заголовков, которые не вызывают зевоты, и в прочих бесчисленных, но очень важных вещах. За все это я и мои читатели должны быть ему безмерно благодарны.

Второй помощник – мой сын Итан Поллак (Ethan Pollack). Уже в возрасте четырех лет Итан всю изучал скульптуру в Сиракузском университете, затем развивал свои навыки во Флоренции, учился в Нью-Йорке у художника мирового уровня Джеффа Кунса – и наконец вернулся домой в Сиэтл. Работать с ним было

чистым удовольствием. Итан продемонстрировал глубокое понимание соответствующих научных идей, высокую восприимчивость, необычный творческий подход, выраженную склонность уделять внимание деталям и неослабную преданность общему успеху проекта. Если вам покажется, что мои соображения ясно и привлекательно проиллюстрированы, – благодарите за это Итана.

Наконец, я благодарю моего редактора Дона Скотта (Don Scott). Из всех, кого я знаю, Дон способен наиболее четко формулировать мысли. Философ по образованию и адвокат по профессии, Дон удивительно ловко управляется со словами. Соответственно, он легко угадывал, что я из всех сил пытался сказать, когда не мог подобрать подходящие слова. Он предложил изящные варианты для неуклюжих фраз, которые я написал. А еще он показал удивительную способность выявлять пробелы в логике, даже в материалах, лежащих далеко за пределами его компетенции. Если в книге остались какие-то неясности, возможно, это из-за моего упрямого желания игнорировать его советы.

Помимо этих основных участников проекта, мне помогали три группы рецензентов, в одну из которых входили сотрудники моей лаборатории. Сотрудники лаборатории не стеснялись сообщать мне, с какими аспектами книги они не согласны. Отдельные коллеги выразили недовольство в связи с моими неортодоксальными идеями; в свою очередь, я заявил, что ответственность лежит полностью на мне, а не на них. Их острые комментарии, высказанные при обсуждении книги во время обеденного перерыва, помогли сформировать окончательный вариант проекта – особенно некоторые из наиболее сложных глав. Само собой разумеется, что результаты их многочисленных экспериментов составляют каркас всей этой книги.

Столь же полезные отзывы предоставили и магистранты. В лаборатории работает большая группа исследователей-добровольцев. Для многих из них эксперименты больше похожи на игру, чем на работу: мы предоставляем игрушки, а они используют свое воображение для проведения экспериментов, о которых «взрослые» ученые не осмеливаются даже подумать. Студенты любят эти эксперименты. У некоторых из них результаты оказались совершенно неожиданными, у нескольких – даже прорывными. Эти находки представлены в книге. Помимо экспериментального вклада, многие из этих студентов читали и критиковали последовательные версии текста, за что я выражаю им искреннюю благодарность.

Помимо этих двух групп рецензентов, многие коллеги во всем мире критиковали ранние черновики рукописи. Диапазон специальностей этих рецензентов простирается от химиков, физиков и инженеров до биологов. Была даже небольшая группа людей, далеких от науки. Некоторые из них потратили на мою книгу много часов личного времени. Их коллективный совет позволил мне избежать глубоких заблуждений. Они также помогли мне организовать материал – задача более сложная, чем вы можете себе представить. Некоторые рецензенты отметили, что цель, подразумевающая создание монографии, охватывающей всю науку о воде, была почти недостижимой: каждая глава грозила разрастись до целой книги, и выбор правильного баланса между удобочитаемостью и объемом текста оказался сложной задачей.

По совершенно иным причинам я благодарю членов моей семьи. Моей спутнице жизни Эмили Фридман я приношу публичное покаяние: я нарушил обещание, данное в моей предыдущей книге, что следующая книга будет короче

и будет занимать меньше моего времени. Эта книга длиннее; и у меня в работе две новые книги. Эми прекрасно понимала, каких трудозатрат требуют проекты такого масштаба. У нее воистину ангельское терпение. Остальная часть моей семьи также поддержала меня: Миа, вынужденная буквально записываться в очередь, чтобы отвлечь своего отца от затягивающего ноутбука; не теряющий оптимизма Итан, милостиво реагирующий на мои многочисленные требования о доработке иллюстраций, и Сет с его вечными шутками о моей склонности по любому поводу упоминать «структурированную воду». Моя семья не могла бы быть более благосклонной в этом многолетнем испытании.

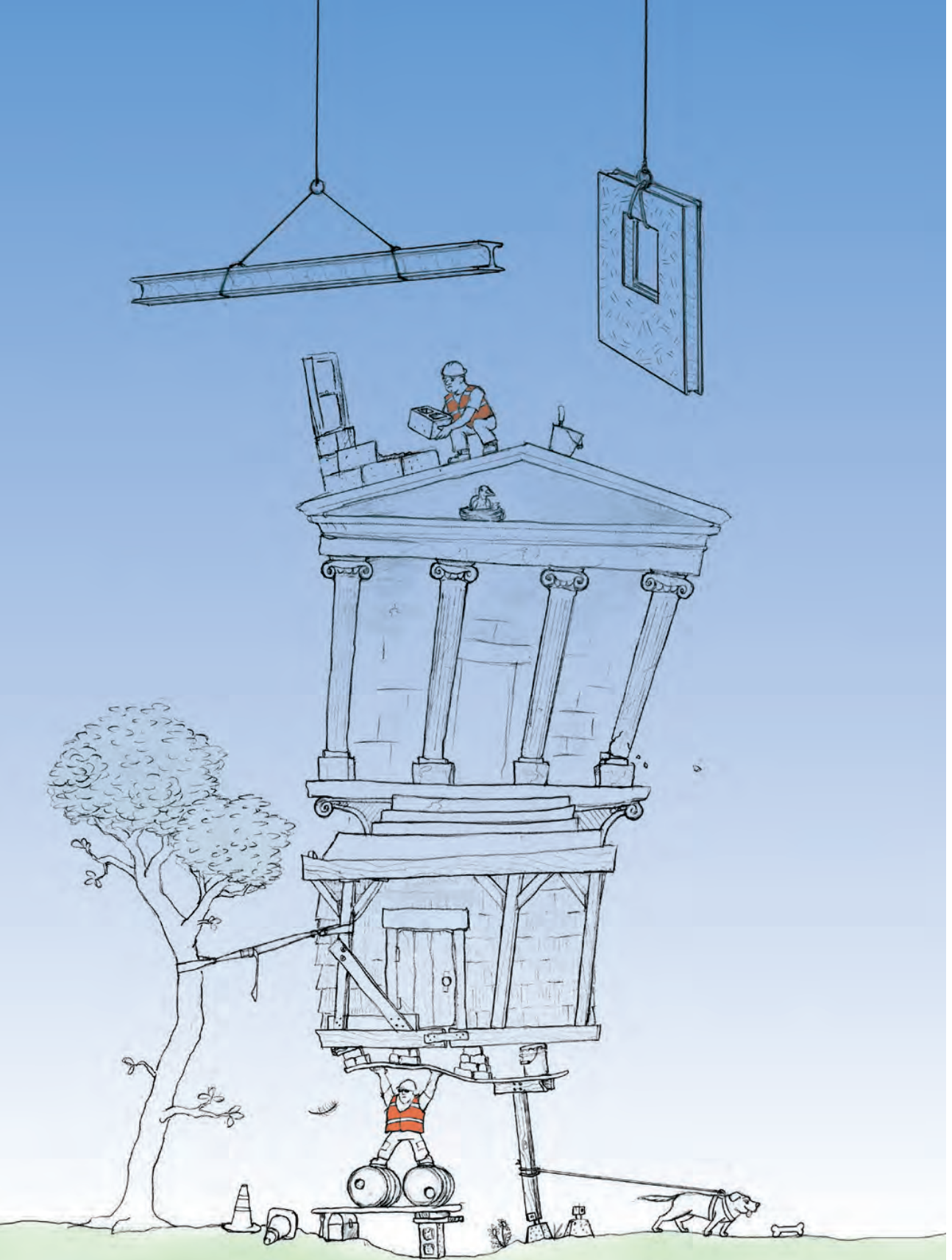
Наконец, из вышеупомянутых групп я хочу выделить всех тех, кто критиковал рукопись или ее части. Этот список включает студентов, лаборантов, учебных и рядовых граждан. Уровень их полезности часто был не пропорционален их академическому статусу; следовательно, я перечислю этих участников в порядке английского алфавита, и если чье-либо имя было случайно упущено, я приношу свои извинения.

Я выражаю благодарность следующим людям: Питер Аллен, Брэндон Буман, Брайан Биккум, Фрэнк Борг, Бинхуа Чай, Руйинг Чен, Даниэль Чан, Чи Чуан, Кара Комфорт, Чарльз Кушинг, Ронни Дас, Кен Дэвидсон, Джеймс де Мео, Апараджита Датчудхури Найджел Дайер, Коллин Эддингтон, Ксавье Фигероа, Херб Флешнер, Бен Флауэрс, Эмили Фридман, Гонсало Гарсия, Карл Гаттерер, Мэтью Гелбер, Кристал Гинтер, Матиас Гонсалес, Рон Гриффин, Джон Григг, Жанна Григорьян, Эммануэль Хэвен, Эммануэль Хавен Горовиц, Линда Хуфнагель, Брианна Хушка, Джон Хван, Федерико Иена, Хиромаса Ишиватари, Тенгиз Джалишвили, Манал Джмайле, Константин Коротков, Этан Кунг, Курт Кунг, Виктор Куз, Алиссия Летурно, Чжэн Ли Мюссер, Мюссер Лю Му Кайли ван Нгуен, Дерек Нхан, Габриэла Патилея, Бернард Пеннок, Ари Пенттила, Орион Полински, Итан Поллак, Сет Поллак, Сильвия Поллак, Лео Рамакерс, Рэнди Рэндалл, Судешна Саву, Райнер Шталберг, Клинт Стивенсон, Хизер Суэйн, Сааки Такарада, Шрути Тандон, Йолин Томас, Тони Томсон, Мерри То, Джерард Тримбергер, Кароли Тромбитас, Оути Виллет, Владимир Воейков, Якоб Воллер, Джефф Янг, Хёк Ю и Рольф Ипма. Три из них – Кара Комфорт, Чарльз Кушинг и Рольф Ипма – потратили исключительное количество времени и усилий.

Наконец, я благодарю Аманду Фредерикс за ее творческий вклад в верстку и внимание к деталям, а также Рольфа Ипму за его скрупулезную работу по индексированию.

Создание этой книги потребовало совместных усилий большого сообщества заботливых и вдумчивых людей. Я сердечно благодарю всех, кто внес свой вклад.





Предисловие

В моей гостиной сидел нобелевский лауреат. Он был застенчив, а я был напуган – сочетание, вызывающее взаимную неловкость. Это было все равно, что пытаться поболтать с Эйнштейном. Слова никак не приходили на ум.

Сэр Эндрю Хаксли (Andrew Huxley) был выдающейся личностью даже среди нобелевских лауреатов. Он уже провел классические исследования клеточных мембран и к моменту нашей встречи стал лидером в области изучения механизма сокращения мышц. Среди его многочисленных наград и титулов значились должность президента Королевского общества, звание магистра Тринити-колледжа в Кембридже и орден «За заслуги» от королевы Англии. Он также был членом выдающейся семьи Хаксли, в родословную которой входили легендарный биолог Томас Генри Хаксли («бульдог Дарвина») и выдающийся писатель Олдос Хаксли. И этот высокородный ученый аристократ сидел в моей скромной гостиной.

В той неловкой ситуации никто не решался упомянуть шило в мешке: результаты экспериментов, проведенных в нашей лаборатории, говорили о том, что теория моего гостя может быть неверной. Он приехал, чтобы проверить наши доказательства, полученные ранее в стенах моей лаборатории. Но в моей гостиной мы успешно избежали этого острого вопроса, сосредоточившись вместо этого на такой беспроблемной теме, как погода. Даже несколько бокалов хереса в качестве социальной смазки не развязали нам языки; в конце концов, Хаксли в наших глазах был научным оракулом – практически непогрешимым божеством.

Столь монументальные фигуры, как Хаксли, производят потрясающее впечатление; однако мы склонны забывать, что даже самые известные ученые – тоже люди. Они едят ту же пищу, что и мы, разделяют те же страсти и подвержены тем же человеческим слабостям. Поэтому, удивляясь остроте их ума и уважая их вклад в науку, мы не должны рассматривать их достоинства как свидетельство непогрешимости; научные формулировки вряд ли священны.

Считать любую научную формулировку священной – серьезная ошибка. Любая система знаний, ко-

торуую мы строим, должна опираться на прочный фундамент экспериментальных данных, а не на священные формулировки; в противном случае готовый продукт может напоминать одно из «невозможных» произведений художника Маурица Эшера (Maurits Escher) – результат, которого стоит избегать. Даже давние общепринятые модели остаются уязвимыми, если они не обладают простой и понятной структурой. История Галилея учит нас, что если теория нуждается в поддержке сложных «эпициклов» для согласования с эмпирическими наблюдениями, пора начинать поиск более простых объяснений.

Этой книгой я пытаюсь заложить надежный фундамент для новой науки о воде, основанный на недавних открытиях. На этом новом фундаменте мы построим систему знаний, обладающую значительной предсказательной силой: повседневные явления станут понятными без головоломных рассуждений и логических пробелов. А затем вы получите бонус – в процессе создания этой передовой системы мы сформулируем четыре новых научных принципа, которые могут найти применение за пределами науки о воде и охватывают природу в целом.

Как видите, я использую нетрадиционный подход. Он не опирается на «господствующую мудрость» и не считает изначально правильными общеизвестные принципы. Вместо этого я возвращаюсь к изначальному методу ведения науки – полагаться на общее наблюдение, простую логику и самые элементарные принципы химии и физики. Например, наблюдая за паром, поднимающимся из вашей чашки горячего кофе, вы можете увидеть небольшие облака. Что это говорит вам о природе процесса испарения? Дают ли общеизвестные принципы исчерпывающее объяснение наблюдаемого явления? Или мы должны начать искать в другом месте? (Вы поймете, что я имею в виду, если прочитаете главу 15.)

Этот старомодный подход может показаться слегка неуважительным, потому что в нем мало почтения к «богам» науки. С другой стороны, я считаю, что такой подход способствует более глубокому интуитивному пониманию природы – пониманию, которое могут оценить даже неспециалисты.

Разумеется, я не начинал свою жизнь как революционер. На самом деле я вполне сливался с фоном. Будучи студентом-электротехником, я ходил на занятия в аккуратной одежде и уважительно слушал

преподавателей. На вечеринках я, как и мои сверстники, носил галстук и пиджак. Мы выглядели столь же революционно, как пожилые дамы из кружка шитья и рукоделия.

И только аспирантура в Университете Пенсильвании пробудила во мне первые мысли о революции. В то время я занимался биоинженерией. Я обнаружил, что инженерная часть этой области науки вполне сформировалась, тогда как биологическая часть наводила на глубокие размышления. Биология казалась мне подходящим местом; она была полна динамизма и волнующих перспектив. Тем не менее ни один из моих преподавателей биологии даже не намекал на то, что такие студенты, как мы, могут однажды совершить научный прорыв. Наша работа заключалась в том, чтобы добавить плоть к существующим скелетам.

Я думал, что постепенно добавлять плоть знаний на скелет теории – это и есть задача науки, пока не встретил инакомыслящего коллегу. Тацуо Ивазуми (Tatsuo Iwazumi) прибыл в Пенсильванию, когда я был близок к завершению моей докторской диссертации. Я построил простую компьютерную модель сокращения сердца на основе мышечной модели Хаксли, и Ивазуми должен был пойти по моим стопам. Однако он заявил, что это невозможно! Забыв про присущее большинству японцев почтение, Ивазуми недвусмысленно заявил, что моя модель бесполезна: она опирается на общепринятую теорию сокращения мышц, однако этот теоретический механизм не работает. «Механизм Хаксли изначально нестабилен, – продолжил он. – Если бы мышцы действительно работали таким образом, то они разрушились бы при первом же сокращении».

Ого! Открытый вызов мышечной теории Хаксли? Ни за что!

Хотя ныне покойный Ивазуми на каждом шагу излучал сияние таланта и получил безупречное образование в Токийском университете и Массачусетском технологическом институте, он, как мне казалось, не мог сравниться с легендарным сэром Эндрю Хаксли. Разве мог столь выдающийся нобелевский лауреат так глубоко ошибаться? Мы привыкли, что теории, предложенные такими мудрецами, являют собой священную истину и вписаны в учебники, но вдруг появился этот дерзкий молодой японский студент-инженер, который заявил мне, что эта конкретная истина является не просто ошибочной – она невозможна.

Я неохотно признал, что мнение Ивазуми звучит убедительно – ясно, логично и просто. Насколько я знаю, ничего не изменилось и по сей день. Те, кто впервые слышат аргументы, быстро находят в них логику, и большинство слушателей поражены их простотой.

Для меня возражение Ивазуми стало поворотным моментом. Оно научило меня тому, что здравые логические аргументы могут разбить даже давние системы убеждений, за которыми стоят армии последователей. Достаточно единственного опровержения, чтобы теории пришел конец.

Моя система научной веры была разрушена. Продолжать цепляться за нее было бы свойственно религиозному фанатику, а не ученому. Встреча с Ивазуми также научила меня тому, что независимое мышление – это больше, чем просто клише; это необходимое условие поиска истины. Фактически именно это условие привело к моему спору о сокращении мышц с сэром Эндрю Хаксли (который так и не состоялся).

Бросать вызов авторитетам – это неблагодарное занятие, уверяю вас. Вы можете подумать, что члены научного сообщества с радостью примут новые подходы, которые проливают новый свет на старое мышление, но в основном это не так. Новые подходы бросают вызов доминирующей мудрости. Ученые, возглавляющие науку, склонны обороняться, поскольку любой такой вызов угрожает их положению. Следовательно, путь первопроходца таит в себе множество опасных поворотов и грозных препятствий.

Несмотря на эти препятствия, мне как-то удалось выжить в ранние годы моей карьеры. Умело сочетая непочтительность с догматичной наукой и даже проявляя некоторое уважение к ней, я смог избежать неприятностей. Разумеется, не обошлось без проблем, но мы впервые применили настолько впечатляющие методы, что мои ученики смогли найти хорошую работу по всему миру, а некоторые из них достигли самых высоких уровней в академических кругах. Эта респектабельность спасла меня от печальной участи, характерной для большинства революционеров.

В середине моей карьеры мне захотелось расширить научный кругозор. Я стал внимательно приглядываться к самым разным областям науки, и поскольку у меня уже был опыт, я везде чуял запах скрытых проблем. Научных неувязок было предостаточно. С некоторыми из них я уже сталкивался, другие скрывались за личиной непогрешимой мудрости и казались такими

же недостижимыми, как и проблемы в области механизма сокращения мышц.

Одна из подобных сложнейших проблем, связанная с наукой о воде, стала предметом этой книги. В то время одной из звездных персон науки был Гилберт Линг. Он изобрел стеклянный микроэлектрод, который совершил переворот в клеточной электрофизиологии. За это достижение он должен был получить Нобелевскую премию, но вместо этого оказался в опале, потому что результаты его исследований говорили о том, что молекулы воды внутри клетки выстроены в упорядоченную структуру. С точки зрения большинства ученых-биологов и физиков такая упорядоченность была недопустимой ересью, однако Линг не стеснялся излагать свое мнение, особенно среди тех, кто думал иначе.

Это столкновение взглядов закончилось тем, что Линг потерял репутацию. Ученые, придерживающиеся более традиционных взглядов, осудили его как еретика-provokatora. Я думал иначе. Я обнаружил, что его взгляды на клеточную воду так же разумны, как взгляды Ивазуми на сокращение мышц. Некоторые вопросы остались без ответа, но в целом его предположения казались обоснованными, логичными и обещали новые большие открытия. Я помню, как пригласил Линга выступить с лекцией в моем университете. Старший коллега начал отговаривать меня. С якобы отеческой заботой он предупредил, что моя поддержка столь противоречивой персоны может причинить серьезный ущерб моей собственной репутации. Я рискнул – но обошлось без последствий.

Пример Линга открыл мне глаза. Я начал понимать, в чем причина неурядиц, которые испытывают бунтари от науки: их возражения чрезвычайно раздражают ортодоксальных ученых. Я также пришел к выводу, что проблемы ортодоксальной науки намного шире, чем принято думать. Мало того, что разразились целые битвы, связанные с механизмом работы мышц и наукой о воде, голоса несогласных можно было услышать и в других областях, начиная от передачи нервных импульсов до космической гравитации. Чем глубже я вглядывался, тем больше находил разногласий. Я не имею в виду скандальные бредни чудаковатых безумцев, которые стремятся привлечь к себе внимание; я говорю о настоящих глубоких сомнениях, возникающих у вдумчивых профессиональных ученых.

Современная наука пронизана противоречиями. Вы можете не знать об этих противоречиях, как я не знал

о них до недавнего времени, потому что противоречия часто остаются незамеченными. Действующие научные авторитеты не спешат демонстрировать трещины в своей броне, поэтому проблемы скрыты за кулисами. Даже молодые ученые, начинающие свою карьеру в какой-либо области науки, могут не подозревать, что ее ортодоксальность вызывает большие сомнения.

Несогласие в науке всегда развивается по предсказуемой схеме. Не в силах сдерживать внутренний протест против нарастающей сложности теории и ее расхождений с наблюдениями, некий ученый заявляет о своих возражениях; при этом он часто предлагает новую теорию. Догматические институты обычно игнорируют брошенный вызов. Это обрекает большинство новых идей на угасание в мрачном подвале забвения. Те немногие протесты, которые удостоились внимания, часто встречают агрессивный отпор: научный истеблишмент с пренебрежением и презрением отвергает бунтаря, часто обвиняя бедолагу в безумии.

Вывод очевиден: наука поддерживает статус-кво. В ней мало что происходит. Рак остается невылеченным. Здания науки продолжают громоздиться на выветрившихся, а иногда и разрушенных фундаментах, что заставляет строить громоздкие модели и постоянно раздувать учебники, и без того наполненные бесчисленными, иногда несущественными деталями. Некоторые области научного знания стали настолько запутанными, что практически непостижимы. Часто мы даже не понимаем друг друга. Многие ученые утверждают, что именно такой должна быть современная наука – сложной, самозамкнутой, отделенной от человеческого опыта. По их мнению, простые причинно-следственные связи являются неуместным пережитком прошлого, отвергнутым в пользу сложных статистических корреляций современности.

Я узнал намного больше о нашем молчаливом смирении перед научной сложностью, заглянув в книгу Ричарда Фейнмана по квантовой электродинамике с метким названием QED¹. Многие считают Фейнмана, легендарного ученого-физика, Эйнштейном конца XX века. Во введении к изданию книги Фейнмана

¹ Игра слов. Аббреатура QED обозначает не только *quantum electrodynamics* (квантовая электродинамика), но и выражение на латинском языке *quod erat demonstrandum* (что и требовалось доказать). На русском языке издана под названием «КЭД – странная теория света и вещества». – Прим. перев.

2006 года один выдающийся физик сказал, что вы, вероятно, не поймете материал, но вам все равно следует прочитать книгу, потому что это важно. У меня эти слова вызвали слегка отталкивающее чувство. Однако это было не настолько унижительно, как то, что сам Фейнман заявил во введении к своей книге: «Моя задача – убедить вас не отворачиваться из-за того, что вы этого не понимаете. Дело в том, что мои студенты-физики тоже этого не понимают. Потому что я сам этого не понимаю. Никто не понимает».

Книга, которую вы держите в руках, бросает вызов представлению о том, что современная наука должна лежать за пределами человеческого понимания. Мы стремимся к простоте. Если в настоящее время традиционные подходы ортодоксальной науки не могут просто и понятно объяснить повседневные наблюдения, то я готов воскликнуть, что король голый – эти подходы могут быть ошибочными. Хотя авторами основополагающих теорий могли быть выдающиеся гиганты научной мысли, мы не имеем права сбрасывать со счетов вероятность того, что новые идеи будут работать лучше.

Наша конкретная цель – понять природу воды. Сегодня вода *кажется* сложной. Объяснение повседневных явлений часто требует заумных рассуждений и неочевидных выводов – и все же нам не удастся достичь достаточно глубокого понимания. Не является ли причиной этой ненужной сложности догматическая система знаний – коллекция устаревших теорий, собранных из различных областей? Возможно, более подходящие теории – основанные непосредственно на изучении воды – помогут нам построить простую и понятную картину. Это направление, в котором мы движемся.

Чтобы читать эту книгу, вам не нужно быть ученым; книга предназначена для тех, кто обладает даже самыми начальными знаниями в области науки. Если вы знаете, что положительное притягивает отрицательное и слышали о периодической таблице, то вы сможете понять, о чем я говорю. С другой стороны, мой подход не понравится тем, кто склонен игнорировать любые сомнения в текущих догмах, поскольку нити сомнения вплетены в саму ткань книги. Эта книга нетрадиционна – сага с динамичным сюжетом и неожиданными поворотами, приводящими к заключениям, которые, я надеюсь, вы найдете обоснованными и, возможно, даже забавными для чтения.

Я ограничил формальные ссылки лишь теми случаями, когда цитаты казались абсолютно необходимыми. Там, где эта точка зрения общеизвестна или легко доступна, я их пропустил. Главной целью было упростить текст для удобства чтения.

Наконец, я хочу отметить, что не питаю иллюзий на предмет того, что все идеи из этой книги лягут в основу новой теории воды. Некоторые из них останутся лишь рассуждениями. Я ведь стремился констатировать научные факты, а не писать научную фантастику. Однако, как вы знаете, даже один уродливый факт может разрушить самые красивые теории. Материал в этой книге представляет мою лучшую и самую серьезную попытку собрать имеющиеся доказательства в единую систему толкования. Однако материал нетрадиционный, и я уже знаю, что некоторые ученые не согласны со всеми аспектами. Тем не менее это искренняя попытка создать понимание там, где его почти нет.

Итак, погружаясь в эти мутные воды, давайте постараемся достичь необходимой ясности.

*Джеральд Поллак
Сиэтл, сентябрь 2012 г.*

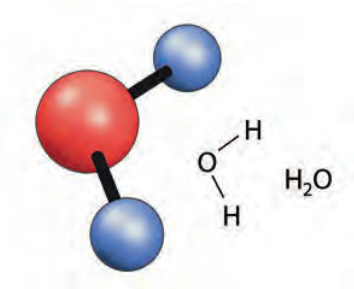
Открытие состоит в том, чтобы видеть то,
что видели все,
и думать так, как не думал никто.

*Альберт Сент-Дьёрды,
лауреат Нобелевской премии (1893–1986)*

Зверинец

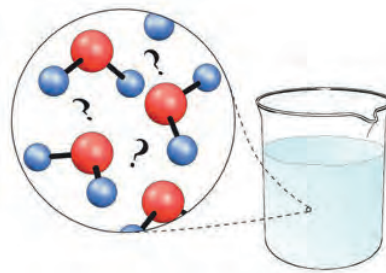
Краткий путеводитель по существам, обитающим в удивительном мире воды

Молекула воды



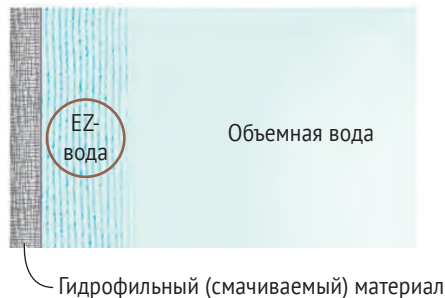
Всем известная молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода

Объемная вода



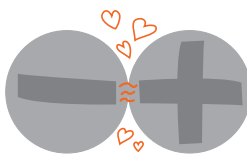
Множество молекул воды, взаимное расположение которых остается предметом споров

Исключающая зона (exclusion zone, EZ)



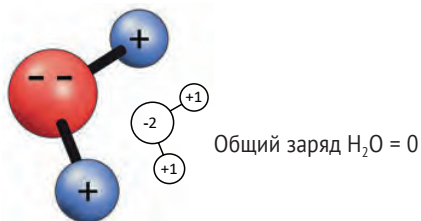
Исключающая зона – это неожиданно большая зона воды, возникающая у поверхности многих погруженных в воду материалов и названная так, потому что она исключает из себя практически любые примеси. EZ-вода содержит большое количество зарядов и по свойствам значительно отличается от объемной воды. Иногда EZ-воду называют *четвертой фазой воды*.

Электрон и протон



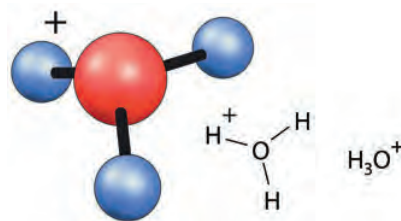
Электроны и протоны являются носителями элементарных зарядов. Они притягиваются друг к другу, потому что первый заряжен отрицательно, а второй положительно. Электроны и протоны определяют поведение воды – намного сильнее, чем вы могли подумать.

Заряд молекулы воды



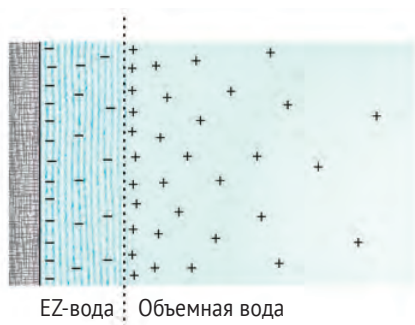
Молекула воды имеет нейтральный заряд. Заряд атома кислорода равен -2 , в то время как заряд каждого атома водорода равен $+1$.

Ион гидроксония



Протоны прицепляются к молекулам воды, образуя ионы гидроксония. Представьте себе положительно заряженную молекулу воды – это и есть ион гидроксония. Заряженные частицы, такие как ионы гидроксония, очень подвижны и могут сеять в воде большой хаос.

Поверхностная батарея



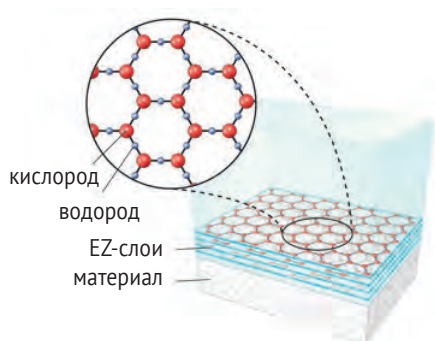
Эта батарея формируется из исключочающей зоны и зоны объемной воды. Соответствующие зоны противоположно заряжены, сосуществуют длительное время, как полюса в обычной батарее.

Лучистая энергия



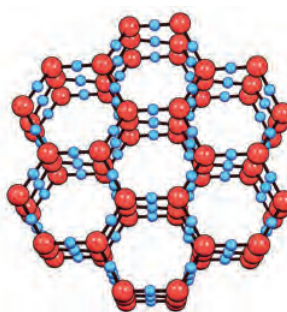
Батарею заряжает лучистая энергия. Энергия поступает от Солнца и других источников излучения. Вода поглощает энергию и использует ее для зарядки батареи.

Сотовый слой



Сотовый слой – это унитарная структура исключочающей зоны (EZ). Слои укладываются друг на друга параллельно поверхности материала и образуют EZ.

Лед



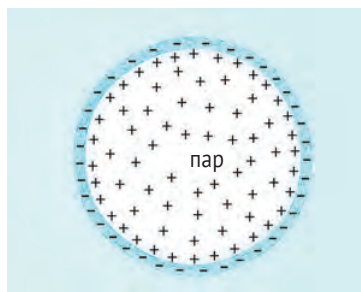
Структура льда на атомарном уровне очень близка к структуре исключочающей зоны. Это не случайное совпадение – одно состояние воды трансформируется в другое.

Капелька



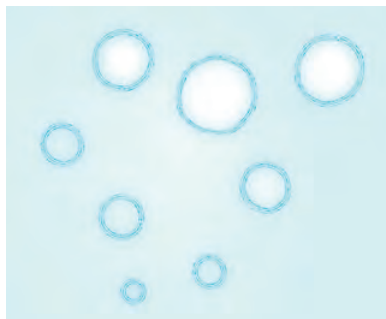
Водяная капелька состоит из EZ-оболочки и объемной воды внутри. Эти компоненты имеют противоположные заряды.

Пузырек



Строение пузырька похоже на строение капельки, только внутри оболочки газообразное содержимое. Обычно этим содержимым является водяной пар.

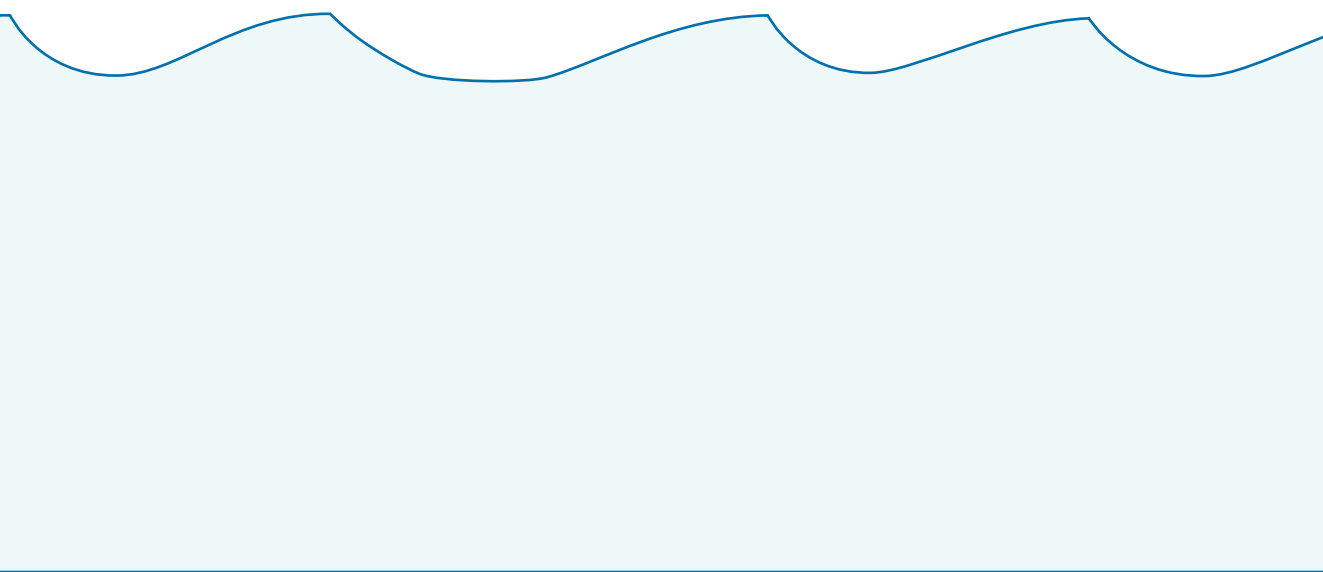
Везикула



Поскольку капельки и пузырьки устроены одинаково, мы будем называть их одним словом: *везикула*. Везикула может быть капелькой или пузырьком в зависимости от фазового состояния воды внутри. Когда капелька поглощает достаточное количество лучистой энергии, она превращается в пузырек.

РАЗДЕЛ I

Загадки воды: прокладываем путь





Глава 1 В окружении тайн

Двое студентов со стаканом в руке мчались ко мне по коридору, чтобы показать что-то неожиданное. К сожалению, результат их эксперимента исчез, прежде чем я успел взглянуть. Но он не был случайностью. На следующий день результат повторился, и стало понятно, почему студенты отреагировали с таким волнением: они стали свидетелями явления природы, которое не поддается объяснению.

Вода покрывает большую часть земли. Она рассеяна по небу. Она заполняет ваши клетки – в большей степени, чем вы можете себе представить. Ваши клетки на две трети объема состоят из воды; однако молекула воды настолько мала, что если бы вы сосчитали каждую молекулу в своем теле, 99 % из них были бы молекулами воды. Чтобы заполнить две трети объема, нужно очень много молекул воды. Ваши ноги несут на себе огромный мешок, заполненный в основном молекулами воды.

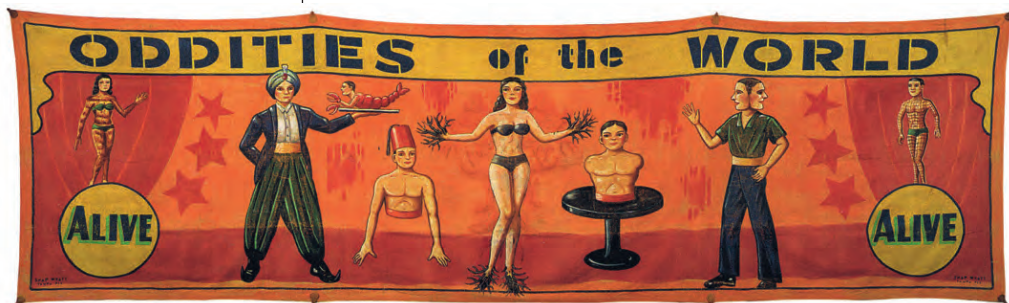
Что мы знаем об этих молекулах? Ученые изучают их, но они редко обращают внимание на ансамбли молекул воды, которые можно найти в мензурках. Скорее, большинство ученых сосредоточивается на отдельной молекуле и ее непосредственных соседях, надеясь экстраполировать предмет изучения на более масштабные явления. Каждый ученый стремится понять поддающееся наблюдению поведение воды, то есть выяснить, на чем основано «социальное» поведение молекул.

Действительно ли мы понимаем коллективное поведение молекул воды?

Поскольку вода повсюду, вы можете сделать разумный вывод, что мы ее полностью понимаем. Ну что же, попробуйте подтвердить это распространенное предположение. Ниже я представляю коллекцию ежедневных наблюдений, а также несколько простых лабораторных опытов. Посмотрим, сможете ли вы их объяснить. Если у вас это получится, то мне нечего добавить – вы можете перестать читать эту книгу. Если

же вы не можете найти объяснения даже после знакомства с многочисленными доступными источниками, тогда я прошу вас отказаться от уверенности в том, что мы знаем все, что нужно знать о воде.

Я думаю, что вы не справитесь. Но давайте посмотрим, что у вас получится.



1.1. ПОВСЕДНЕВНЫЕ ТАЙНЫ

Вот пятнадцать наблюдений из повседневной жизни. Вы можете их объяснить?

- *Разница между мокрым и сухим песком.* Ваша нога глубоко погружается в сухой песок, но этого не случается с мокрым песком у кромки воды. Мокрый песок настолько прочно связан, что вы можете использовать его для строительства устойчивых замков или больших песчаных скульптур. Вода, очевидно, служит связующим веществом. Но как именно вода склеивает песчинки? (Ответ раскрывается в главе 8.)
- *Океанские волны.* Волны обычно затухают, пройдя относительно короткое расстояние. Однако волны цунами могут облететь Землю несколько раз, прежде чем окончательно исчезнут. За счет чего они сохраняются на таких огромных расстояниях? (См. главу 16.)
- *Желатиновые десерты.* Желатиновые десерты в основном состоят из воды. Кажется бы, они должны свободно растекаться (рис. 1.1). Однако этого не происходит. Даже из гелей, которые содержат до 99,95 % воды [1], не вытекает ни капли жидкости. Почему же гели не теряют воду? (Прочтите главы 4 и 11.)
- *Подгузники.* Подобно гелям, подгузники могут удержать в себе много воды: мочи в 50 раз больше, а чистой воды в 800 раз больше собственного



Рис. 1.1. Что удерживает воду внутри геля?

веса. Как они могут удерживать так много воды? (См. главу 11.)

- *Скольжение по льду.* Твердые материалы обычно не склонны к взаимному скольжению: вспомните, как вы взбираетесь вверх по склону холма. Трение удерживает вас от соскальзывания обратно. Однако если холм покрылся льдом, вы должны быть очень осторожны, чтобы не разбить себе лицо при падении. Почему поведение льда так сильно отличается от поведения большинства твердых материалов? (Вы найдете объяснение в главе 12.)
- *Травматический отек.* Ваш друг ломает лодыжку во время теннисного матча. Его лодыжка увеличивается вдвое по сравнению с нормальным размером в течение нескольких минут. Почему вода так быстро скапливается в районе перелома? (Ответ в главе 11.)
- *Замерзание теплой воды.* Не по годам одаренный ученик средней школы однажды заметил нечто странное на уроке домоводства. Из порошкообразной смеси для мороженого быстрее получается замороженное лакомство, если добавить теплую воду вместо холодной. Это парадоксальное явление получило широкую известность. Как получается, что теплая вода может замерзать быстрее, чем холодная? (См. главу 17.)
- *Поднимающаяся вода.* Листья растений нуждаются в живительной влаге. Вода поднимается вверх от корней по вертикальным капиллярным каналам, чтобы восполнить потерю жидкости в результате испарения с поверхности листьев. Общепринятое объяснение утверждает, что капиллярные силы заставляют воду двигаться по каналам снизу вверх. Однако для стометрового красного дерева такое объяснение звучит проблематично: веса воды, накопленной в каждом капилляре, достаточно для разрушения канала. После разрушения канала вода больше не сможет поступать от корней к листьям. Как природа предотвращает это разрушение? (Ознакомьтесь с главой 15.)
- *Разрушение бетона.* Корни деревьев способны взломать бетонный тротуар. Корни состоят в основном из воды. Как водянистым корням удается развить огромное давление, чтобы сломать бетонные плиты? (Посмотрите главу 12.)

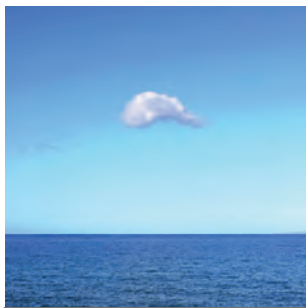


Рис. 1.2. Что заставляет поднимающийся водяной пар собираться в определенных местах?

- *Капли на поверхности.* Капли воды сохраняют округлую форму на одних поверхностях и свободно растекаются по другим поверхностям. Степень растекания фактически служит основой для классификации различных поверхностей. Наличие классификации, однако, не объясняет, почему капли растекаются по поверхности или как далеко они растекаются. Какие силы заставляют воду растекаться? (Перейдите к главе 14.)
- *Хождение по воде.* Возможно, вам попалось видео про ящериц-василисков по прозвищу «ящерица Иисуса Христа», бегающих по поверхности пруда. Эти ящерицы свободно бегают по воде от одного берега к другому. В качестве правдоподобного объяснения приходит на ум высокое поверхностное натяжение воды, но если поверхностное натяжение возникает только в нескольких верхних молекулярных слоях, то это натяжение должно быть слабым. Какое свойство воды (или ящерицы) делает возможным это, казалось бы, библейское чудо? (Прочтите главу 16.)
- *Одиноким облакам.* Водяной пар поднимается со всей бескрайней поверхности океана. Этот пар должен быть рассеян повсюду. Тем не менее мы часто видим пухлые белые облака, одиноко плывущие по ясному голубому небу (рис. 1.2). Какая сила заставляет рассеянный восходящий пар собираться в определенных местах? (Этот вопрос рассматривается в главах 8 и 15.)
- *Скрип суставов.* Здоровые колени обычно не скрипят при энергичном сгибании. Это потому, что вода обеспечивает отличную смазку между костями (фактически между слоями хряща, которые разделяют кости). Какое свойство воды отвечает за это исчезающе малое трение? (Ответ в главе 12.)
- *Плаваемость льда.* Большинство веществ сжимаются при охлаждении. Вода тоже сжимается – но только до 4 °С. Ниже этой критической температуры вода начинает значительно расширяться, пока не превратится в лед. Вот почему лед плавает. Что происходит с водой около 4 °С, и почему лед гораздо менее плотный, чем вода? (На эти вопросы отвечает глава 17.)
- *Консистенция йогурта.* Почему йогурт так хорошо сохраняет свою консистенцию? (См. главу 8.)

1.2. ТАЙНЫ ИЗ ЛАБОРАТОРИИ

Дальше я расскажу про несколько простых лабораторных наблюдений, начиная с того, что увидели те студенты, которые мчались по коридору, чтобы показать мне свою находку.

1.2.1. Тайна мигрирующих микросфер

Студенты провели простой эксперимент. Они бросили горстку крошечных сфер, известных как «микросферы», в стакан с водой. Потом они встряхнули суспензию, чтобы микросферы равномерно смешались с водой, накрыли стакан, чтобы уменьшить испарение, а затем отправились домой спать. На следующее утро они вернулись, чтобы проверить результат.

С традиционной точки зрения ничего не должно было произойти, кроме, возможно, появления небольшого осадка на дне стакана. Суспензия должна была оставаться равномерно мутной, как будто вы налили несколько капель молока в воду и энергично встряхнули емкость.

Взвесь действительно выглядела равномерно мутной – по большей части. Однако вблизи центра стакана (если смотреть сверху вниз) необъяснимым образом сформировался вертикальный прозрачный цилиндр (рис. 1.3). Прозрачность означала, что в цилиндре не было микросфер. Какая-то таинственная сила вытеснила микросферы из центрального ядра к периферии стакана.



Если вы когда-либо смотрели фильм «Космическая одиссея 2001 года» и помните удивление людей-обезьян,

Рис. 1.3. В суспензии из микросфер приблизительно по центру образовалась прозрачная область. Почему самопроизвольно возникает этот цилиндр без микросфер?



Рис. 1.4. Водный мост заполняет промежуток между двумя заполненными водой стаканами. Какая сила поддерживает мост?



Рис. 1.5. Капельки воды плавают на поверхности воды в течение некоторого времени. Почему?

впервые увидевших безупречный монолит инопланетян, у вас есть некоторое представление о том, как отвисли наши челюсти. Это зрелище стоило видеть.

Пока начальные условия эксперимента оставались в четко заданных рамках, мы всегда обнаруживали эти прозрачные цилиндры; мы могли бы воспроизводить их снова и снова [2]. Вопрос: что движет удивительной миграцией сфер из центра? (Объяснение в главе 9.)

1.2.2. Водный мост

Другое любопытное лабораторное явление, так называемый «водный мост», соединяет воду через зазор между двумя стеклянными стаканами – если вы можете себе такое представить. Хотя водный мост – это диковинка столетней давности, Эльмар Фукс и его коллеги придумали современную реализацию, которая вызвала интерес во всем мире.

Демонстрация начинается с наполнения двух стаканов водой почти до краев, а затем стаканы ставят рядом, чтобы они соприкасались кромками. Электроды, погруженные в оба стакана, создают между стаканами разность потенциалов порядка 10 кВ. Сразу же вода в одном стакане перепрыгивает через край в другой стакан. Как только мост сформировался, можно медленно раздвинуть стаканы. Мост не разрушается; он продолжает удлиняться, заполняя зазор между стаканами, даже когда кромки удалены на несколько сантиметров (рис. 1.4).

Удивительно, но водный мост почти не провисает; он проявляет почти льдоподобную жесткость, хотя эксперимент проводится при комнатной температуре.

Я настоятельно прошу вас не поддаваться искушению повторить этот эксперимент с высоким напряжением, если только вы не считаете себя невосприимчивым к поражению электрическим током. Лучше посмотрите видео про это потрясающее явление [w1]. Вопрос: за счет чего держится мост из воды? (См. главу 17.)

1.2.3. Плавающая капелька воды

Вода должна мгновенно смешиваться с водой. Однако если выпускать капельки воды из тонкой трубки, расположенной чуть выше чашки с водой, они часто начинают плавать на поверхности воды в течение некоторого времени, пока не сольются с основной массой (рис. 1.5). Иногда капельки живут на поверхности до десятков секунд. Еще более парадоксально, что капелька не растворяется одновременно; она распадается на

вереницу уменьшающихся брызг [3]. Растворение капелек напоминает запрограммированный танец.

Плавающие капельки воды можно увидеть в природе, если вы знаете, где искать. Хорошее время – сразу после дождя, когда вода капает с выступа на лужу или с оснастки парусника на озеро под ним. Капли дождя иногда даже всплывают, когда они попадают прямо в лужу. Очевидный вопрос: если вода естественным образом смешивается с водой, то какая особенность воды может замедлить естественное слияние? (См. главы 13 и 16.)

1.2.4. Разряд лорда Кельвина

Наконец, на рис. 1.6 представлен еще один удивительный эксперимент. Вода, поступающая из перевернутой бутылки или обычного водопроводного крана, разделяется и протекает по двум трубкам. Капли падают с конца каждой трубки, пролетают сквозь металлические кольца и падают в металлические емкости. Кольца и емкости соединены между собой электрическими проводами, как показано на рисунке. К боковой стенке каждой емкости на проводящей стойке прикреплена металлическая сфера. Между сферами остается воздушный зазор в несколько миллиметров.

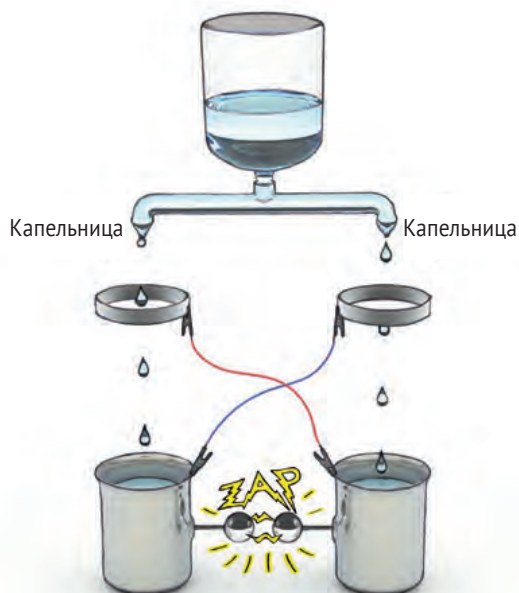


Рис. 1.6. Устройство капельницы Кельвина. Повышение уровня воды создает высоковольтный разряд. Почему это происходит?

Придуманый лордом Кельвином эксперимент дает удивительный результат. Как только капли начнут падать в емкости, вы услышите потрескивание. Затем, вскоре после этого, в зазоре между сферами проскакивает электрический разряд, сопровождаемый хорошо слышимым щелчком.

Электрический разряд может пробить воздушный зазор только в том случае, если между двумя емкостями возникает большая разность электрических потенциалов. Эта разность потенциалов может легко достигать 100 000 вольт, в зависимости от размера зазора. Тем не менее столь значительное разделение зарядов, необходимое для возникновения этой разности потенциалов, создается *из одного источника воды*.

Вы можете построить подобное экзотическое устройство в домашних условиях [w2], однако намного проще наблюдать за разрядом на видео. Прекрасный пример эксперимента представил профессор Уолтер Левин (Walter Levin) [w3], который демонстрирует разряд перед аудиторией, наполненной восхищенными первокурсниками Массачусетского технологического института. Затем он предлагает студентам объяснить это явление как домашнее задание. Можете ли вы объяснить, как один источник воды может привести к такому огромному разделению зарядов? (Прочтите об этом в главе 15.)

1.3. Уроки, извлеченные из этих тайн

Явления, представленные в предыдущих разделах, не поддаются простому объяснению. Даже известные ученые в области воды, которых я знаю, не могут дать удовлетворительных ответов; большинство не может выйти за пределы самых поверхностных объяснений. В нашей системе знаний явно не хватает каких-то важных компонентов; в противном случае явления должны быть легко объяснимыми, но это не так.

Я хочу еще раз подчеркнуть, что мы не имеем дело с водой на молекулярном уровне; мы имеем дело с толпами молекул воды. Мы все еще не понимаем взаимодействие молекул воды с другими молекулами воды – «социальное» поведение воды.

Социальное поведение является компетенцией социологов и врачей, у которых мы могли бы поучиться. Мой друг, психиатр, однажды сказал мне, что, чтобы понять поведение человека, вы должны сосредоточиться на чудаках и дураках. Их крайности в поведе-

нии, по мнению психиатра, дают ключ к пониманию более тонкого поведения остальной части населения. Те же самые аргументы применимы и здесь: в предыдущих случаях описываются некоторые ситуации, когда вода проявляет крайнее «социальное» поведение; эти ситуации дают подсказки для лучшего понимания более обычного поведения молекул воды.

Поэтому, вместо того чтобы отмахиваться от нашей неспособности объяснить описанные выше явления, мы используем их в качестве подсказок. Мы превращаем неведение в преимущество. Как только мы дойдем до середины книги, вы увидите много примеров этого подхода.

В следующей главе вы получите или освежите в памяти полезные базовые знания. В ней мы расскажем о том, что уже знаем о социальном поведении воды, а что нет, но уделим главное внимание удивительным причинам столь малых наших знаний о наиболее распространенном веществе Земли.