

BREATH TAKING

**THE POWER, FRAGILITY, AND FUTURE
OF OUR EXTRAORDINARY LUNGS**

Michael J. Stephen, Md

ATLANTIC MONTHLY PRESS
NEW YORK

Майкл Стивен

С каждым вдохом

Удивительная
история
наших легких

Перевод с английского

АНО
АЛЬПИНА НОН-ФИКШН

МОСКВА, 2024

УДК 616.24

ББК 55.4

С80

Переводчик Ольга Лосон

Научный редактор Василий Штабницкий, канд. мед. наук

Редактор Анна Ефимова

Стивен М.

С80 С каждым вдохом: Удивительная история наших легких / Майкл Стивен ; Пер. с англ. — М. : Альпина нон-фикшн, 2024. — 398 с.

ISBN 978-5-00223-193-5

Мы делаем в среднем 7,5 миллиона вдохов в год и около 600 миллионов вдохов за всю жизнь. То, что происходит в нашем организме каждый раз, когда в него поступает кислород и выводится углекислый газ, иначе как чудом не назовешь. Однако мы воспринимаем дыхание как должное и, как правило, не придаем значения процессу, от которого напрямую зависит наша жизнь.

В книге «С каждым вдохом» пульмонолог Майкл Стивен рассказывает об истории появления кислорода на Земле и эволюционном происхождении дыхания, о том, как легкие связаны с нашей иммунной системой и как их работа влияет на здоровье организма. Автор увлекает читателя в масштабное и захватывающее исследование темы от первых опытов на легких в Древнем мире до суперсовременных технологий трансплантации органов дыхания. Блестящий рассказчик, он посвящает свою книгу удивительному феномену, объединяющему все живые организмы на нашей планете.

УДК 616.24

ББК 55.4

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в интернете и в корпоративных сетях, а также запись в память ЭВМ для частного или публичного использования, без письменного разрешения владельца авторских прав. По вопросу организации доступа к электронной библиотеке издательства обращайтесь по адресу mylib@alpina.ru

This edition published by arrangement with Taryn Fagerness Agency and Synopsis Literary Agency.

© 2021 by Michael J. Stephen

© Издание на русском языке, перевод, оформление.
ООО «Альпина нон-фикшн», 2024

ISBN 978-5-00223-193-5 (рус.)

ISBN 978-0-8021-4931-2 (англ.)

Оглавление

Пролог. Легкие — это жизнь.....	9
---------------------------------	---

Часть I. Прошлое: легкие определили наши истоки физически и духовно

Глава 1. Кислород, а потом жизнь.....	21
Глава 2. Мы должны вдыхать и выдыхать. Но почему? ...	40
Глава 3. Первый вдох младенца	72
Глава 4. Невероятная исцеляющая сила дыхания.....	90

Часть II. Настоящее: наши легкие и мы — против всего мира

Глава 5. Окно в иммунную систему	107
Глава 6. Легкие и всеобщее благо.....	131
Глава 7. Соблазн никотина и стволовые клетки	166
Глава 8. Здоровье — это не отсутствие болезни, а изменение климата.....	190
Глава 9. Ненужные воздействия: время исцеляет не все раны.....	213

Часть III. Будущее: легкие дают представление о том, что грядет

Глава 10. Излечение неизлечимого.....	233
Глава 11. Личные отношения с легкими.....	248
Глава 12. Дыхание и голос	263
Глава 13. Чудо пересадки легких.....	278

Часть IV. Жизнь, любовь и легкие

Глава 14. Лучшая медицинская история из нерассказанных.....	293
Глава 15. Муковисцидоз, самая душераздирающая болезнь легких	327
Послесловие	357
Благодарности.....	361
Примечания	362
Источники иллюстраций	387
Предметно-именной указатель	388

*Жизнь и дыхание дополняют друг друга. Все живое дышит,
а все, что дышит, — живет.*

Уильям Гарвей, 1653 г.

Пролог

Легкие — это жизнь

Легкие — таинственный и даже мистический орган. Они наша связь с атмосферой, орган, извлекающий жизненную силу, без которой наше существование невозможно. Мы знаем об этой силе сотни лет. На иврите слово *ruach* буквально означает «дыхание», но также и «дух жизни». В книге Иова друг пророка Елиуй заявляет: «Дух Божий создал меня, и дыхание Вседержителя дало мне жизнь» (Иов. 33:4)¹. Эта же концепция выражена и в Новом Завете, где апостол Иоанн говорит, что Иисус дунул на своих учеников, чтобы они приняли Духа Святого (Иоанн. 20:22)².

В Библии животворящая сила дыхания устанавливается в самом начале: седьмой стих второй главы книги Бытия гласит: «И создал Господь Бог человека из праха земного, и вдунул в лице его дыхание жизни, и стал человек душою живою» (Быт. 2:7)³. В Древнем Египте также признавали важность дыхания, и доказательства этому мы видим сегодня на многих древних статуях — у них отломаны только носы, но в целом они остались нетронутыми. Такое уродование было не случайностью, а преднамеренным действием групп завоевателей, целью которых было отнять жизнь, в данном случае дыхание жизни, у этих символов чужой культуры⁴.

Но в древности о силе легких знали не только в западном мире. Буддизм и индуизм были основаны на понимании влияния дыхания. Согласно этим дисциплинам, изучение дыхания и овладение им было единственным признанным способом достичь нирваны. Тит Нат Хан, вьетнамский буддийский монах, хорошо обобщает эту древнюю философию в своей книге, написанной в 1975 г., «Чудо осознанности» (The Miracle of Mindfulness): «Дыхание — это мостик, соединяющий жизнь и сознание и связующий тело и мысли»⁵.

Внимание к дыханию в восточных религиях — это не что-то из прошлого; дыхание продолжает играть центральную роль в их учениях и сегодня. На хинди дыхание называется *prana* (прана). Подобно западным понятиям *ruach* (рух) и Святой Дух, это не просто слово, означающее «воздух», но признание дыхания высшей жизненной силой. Это знание возвращается на Запад через такие дисциплины, как йога и осознанность, а также через техники, направленные на развитие выносливости и даже близости. Эти практики показывают, что разум и сердце следуют за легкими, а не наоборот.

На протяжении всей истории цивилизации приравнивали дыхание к душе, используя один термин для обозначения и того и другого. В Древнем Египте это было *ka*; у зулусов *итоуа*; в Древней Греции *пнеума*; в индуизме *prana*. В 1653 г. в своих лекциях по анатомии (Lectures on the Whole of Anatomy) Уильям Гарвей, знаменитый британский физиолог XVII в., выразил простую, но глубокую мысль: «Жизнь и дыхание дополняют друг друга. Все живое дышит, а все, что дышит, — живет»⁶.

Легкие — это орган, которому приходится выполнять невероятный объем работы сутки напролет, день за днем. Учитывая, что средняя частота дыхания составляет 14 вдохов в минуту, каждый в среднем по 500 миллилитров, легкие среднестатистического взрослого человека перекачивают

420 л воздуха каждый час. Суммарный суточный объем составляет примерно 10 080 л — огромное количество газа, потребляемого каждым человеком на нашей планете. Тем не менее при отсутствии легочных заболеваний мы живем, не замечая эту работу, и она не требует от нас сознательных усилий.

По сигналу от мозга диафрагма опускается, мгновенно расширяя легкие. Так в организм затягивается дыхание жизни, а в нем содержатся миллионы молекул кислорода. Легкие без задержки передают кислород эритроцитам (красные кровяные тельца), которые при содействии сердца доставляют эти молекулы жизни клеткам головного мозга, мышц, почек и других органов. В продолжение цикла углекислый газ, вырабатываемый при потреблении кислорода нашими тканями, уносится по венам обратно в легкие, а затем изгоняется из них в атмосферу в момент расслабления диафрагмы. Это прекрасный круговорот повторного использования и переработки, названный соответствующе — кровообращение, где центральным элементом являются легкие — ось, связующая тело с внешним миром.

То, что кислород, жизнь и легкие возникли в нашем мире довольно быстро друг за другом, не случайно. Только имея кислород и средства его извлечения, можно делать все остальное — думать, двигаться, есть, говорить и любить. Жизнь и дыхание — синонимы. Примечательно, что наше появление на свет из утробы матери считается успешным, когда мы делаем первый самостоятельный вдох, а из жизни мы уходим с последним выдохом.

Разумеется, дышим не только мы. Дыхание — это механизм освоения жизненной силы на всей Земле. Дышат все организмы, устроенные сложнее микроскопических анаэробов, включая всех рыб и животных, а также все растения. Известно, что растения производят кислород благодаря фотосинтезу, но они также постоянно дышат, одновременно с фотосинтезом потребляя кислород для удовлетворения

своих энергетических потребностей. Все мы используем этот общий ресурс, называемый атмосферой.

Есть что-то удивительное в самой структуре нашей дыхательной системы. Она начинается с трахеи, единой широкой трубки, в которую попадает воздух, пройдя через рот или нос. Трахея разделяется на бронхи правого и левого легких, при этом дыхательные пути продолжают разветвляться на трубочки все меньшего и меньшего размера, а в конце их, глубоко в наших легких, находятся похожие на виноградины скопления, называемые альвеолы, где и происходит газообмен. Целиком вся эта структура напоминает дерево, ствол и постепенно утончающиеся ветви которого заканчиваются листьями, в которых происходит газообмен. Природа изобилует примерами такой конфигурации: ответвления молнии, сходящиеся в единый канал главного разряда, разветвляющийся вновь при приближении к земле; притоки реки, сливающиеся в одно главное русло; само человеческое тело, разветвляющееся от корпуса на руки и ноги, заканчивающиеся пальцами. В своей структуре легкие используют нечто универсальное, максимально поглощая жизненную силу, окружающую всех нас.

Наука начинает серьезно исследовать то, что человечество знало на протяжении веков, — тело можно исцелять дыханием. Каждый год публикуются все новые и новые статьи о целебной силе дыхания. Были продемонстрированы признаки улучшения у пациентов с астмой, хронической обструктивной болезнью легких, хронической болью, депрессией и даже раком. Научные доказательства начали поступать и с более глубокого уровня, с уровня нашей крови и даже генов. В крови у тех, кто занимается дыхательной гимнастикой, гораздо ниже концентрация белков, свидетельствующих о воспалении, особенно при определенных видах нагрузок. Также было показано, что мобилизация силы дыхания включает противовоспалительные гены

и выключает провоспалительные, в том числе гены, регулирующие энергетический метаболизм, секрецию инсулина и даже ту часть нашей ДНК, которая отвечает за долголетие⁷. В отношении следующих поколений те из нас, кто сегодня занимается дыхательной гимнастикой, вполне могут завтра передать своим потомкам более устойчивые к болезням гены.

В легких, помимо их роли в профилактике заболеваний, также есть нечто, имеющее важнейшее значение для нашего существования и будущего выживания. С точки зрения эволюции легкие — наша самая молодая структура, развившаяся, когда наши предки вышли из океана, около 400 млн лет назад, гораздо позже, чем развились сердце и другие органы. Помимо того что они являются центральным органом как при рождении, так и при смерти, они также являются органом, о котором мы должны позаботиться в будущем, если собираемся колонизировать другие планеты или даже выжить на этой с ее радикально меняющимся климатом и постоянной угрозой респираторных патогенов. Как и другими органами, легкими управляет мозг без участия сознания, но, в отличие от других органов, мы способны контролировать легкие сознательно, если пожелаем.

Благодаря этому элементу контроля легкие в настоящее время сделались центром внимания, важным для здоровья и прогресса общества в целом. Мы живем в эпоху колоссальных перемен, когда за последние 100 лет технологии и медицина привнесли в нашу жизнь неслыханные достижения. Средняя продолжительность жизни человека недавно удвоилась, количество людей на Земле утроилось. Тем не менее наши естественные чувства беспокойства и недоверия, прежде помогавшие нам выживать, когда мы сталкивались с совершенно иными угрозами, чем сейчас, нигде не делись. Если мы не хотим исчезнуть как вид или уничтожить нашу планету, нам придется научиться

больше доверять друг другу и больше сотрудничать. Легкие — это орган, который может помочь нам совершить этот переход.

Несмотря на то что легкие — это мощный орган, сегодня на них практически не обращают внимания и они находятся под еще большей угрозой. Сердце заняло центральное место в песнях и литературе как воплощение наших эмоций и страстей. Мозг почитают как вместилище наших мыслей и желаний, его сложным устройством восхищаются, и благодаря ему наш вид смог процветать. За кожей заботливо ухаживают, это отражение нашей красоты в юном возрасте и мудрости в старости. Наша репродуктивная система дарует нам магнетизм секса и чудо рождения. О легких начинается задумываться обычно только тот, кому трудно дышать.

Статистика, свидетельствующая о пренебрежении легкими в медицинском мире, неумолима. Каждый год от рака легких умирает больше людей, чем от рака груди, поджелудочной железы и толстой кишки (следующие три лидирующие причины смерти от рака) *вместе взятых*, и тем не менее национальные институты здравоохранения (НИЗ) и другие государственные учреждения выделяют примерно в половину меньше средств на финансирование борьбы с раком легких, чем на борьбу с раком груди^{8,9}.

Между тем многие заболевания легких имеют катастрофический клинический исход. Идиопатический легочный фиброз (ИЛФ) — это заболевание легких, при котором в них образуется рубцовая ткань. Большинство людей никогда о нем не слышали, однако оно ежегодно поражает 30 000 пациентов, примерно столько же, сколько и рак шейки матки. Исследования по ИЛФ финансируются плохо, и до настоящего времени не было достоверно показано, что какой-либо лекарственный препарат способен значительно продлить жизнь людей, страдающих этим заболеванием. Коэффициент выживаемости, равный 50%, — это ужасно,

и большая часть пациентов умирают в течение примерно четырех лет после постановки диагноза¹⁰. Это хуже, чем для большинства раковых заболеваний. За исключением, конечно, рака легких, еще одного недооцениваемого заболевания, лечение и исследования которого также недостаточно финансируются.

В список других болезней, на которые также обращают мало внимания, входят хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), ингаляционные травмы и астма. Из-за предубеждений многие легочные заболевания остаются стигматизированными. Наиболее очевидным является ассоциация с курением — основным причинным фактором как рака легких, так и ХОБЛ. Мы демонизировали не только табак, но и курильщиков. Существует также явно непроявляемое, но агрессивное предубеждение в отношении людей, страдающих астмой, — заболеванием, которое ложно увязывают с бедными городскими кварталами и жизнью в грязи. Туберкулезом инфицировано более 1,5 млрд человек в мире, примерно четверть всего населения Земли, но он «позорно» ассоциируется с бездомностью¹¹. Заболевания легких в целом несправедливо классифицируются как грязные болезни, а страдающие ими — как недостойные нашего внимания. Игнорируемые, недофинансируемые и забытые: такова медицинская история заболеваний легких.

Такое пренебрежение имеет серьезные последствия. Заболевания органов дыхания, к которым относятся астма и ХОБЛ, входят в тройку ведущих причин смерти как в США, так и во всем мире. Среди причин смерти в Америке эти легочные заболевания традиционно шли за сердечными заболеваниями, раком и сосудистыми заболеваниями головного мозга; однако, по данным Центров по контролю и профилактике заболеваний (ЦКЗ), с 1980 по 2014 г. число сердечных заболеваний сократилось на 59%, инсультов — на 58%, а смертность от рака —

на 24%, в то время как количество хронических заболеваний нижних дыхательных путей увеличилось на 40%¹². Еще более тревожны цифры за период с 1965 по 1998 г., в течение которого смертность от ХОБЛ возросла чудовищно, на 163%, и это притом что общая смертность от всех причин сократилась на 7%¹³. В 2008 г. респираторные заболевания впервые потеснили инсульт, став третьей причиной смерти в Соединенных Штатах, и с тех пор сохраняют за собой это место.

Этим статистическим данным о взрывном характере распространения легочных заболеваний, какими бы зловещими они ни были, были бы рады во многих других странах. Респираторные инфекции являются основной причиной смерти в странах с низким уровнем дохода, где младенцы и дети в возрасте до пяти лет составляют непропорционально большую долю 4 млн смертей в год^{14,15}. Во всем мире 3 млрд человек страдают от загрязнения воздуха в помещениях и на улице токсичными веществами, что в совокупности становится причиной 8 млн преждевременных смертей каждый год. Во всем мире 91% людей живут в местах, где качество воздуха не соответствует стандартам Всемирной организации здравоохранения¹⁶. Все эти статистические данные указывают на серьезный международный кризис в области здравоохранения.

Не похоже, чтобы легочные заболевания шли на спад, как не идут на спад пугающе высокие уровни курения и ухудшение качества воздуха, вызванное изменением климата и загрязнением окружающей среды. Еще более тревожит то, что в последнее время в прессе появляется все больше сообщений о кризисных ситуациях, угрожающих дыханию и легким, — от смертоносных лесных пожаров в Калифорнии, Амазонии и Австралии до странного респираторного заболевания, вызываемого вейпингом, и, разумеется, до опустошительной вспышки коронавируса в 2020 г., остановившей мировую экономику и унесшей жизни сотен тысяч

людей*. Эти катастрофы показывают, что мы недостаточно серьезно относимся к потенциальным угрозам воздуху, которым мы дышим.

В ответ на эти сложные проблемы некоторые изобретательные врачи, ученые и правозащитники из всех сил стремятся найти способы не допустить развития легочных заболеваний и способы лечить их. Мы уже столько знаем о генетике, биологии и медицине, что сейчас самое подходящее время находиться на переднем крае этой борьбы или, если уж так вышло, быть пациентом с заболеванием легких. Рассказанные в этой книге истории иллюстрируют уникальность текущего момента, показывая, какой путь мы уже прошли к пониманию легких, а также указывая путь к светлому будущему.

* На момент публикации русскоязычного издания мы можем говорить о миллионах умерших (6,9 млн, по данным ВОЗ на 2023 г.). — *Прим. науч. ред.*

ЧАСТЬ I

ПРОШЛОЕ:
ЛЕГКИЕ ОПРЕДЕЛИЛИ
НАШИ ИСТОКИ ФИЗИЧЕСКИ
И ДУХОВНО

Глава 1

Кислород, а потом жизнь

История нашей потребности в дыхании началась миллионы лет назад. Поскольку биологическая жизнь каждого человека включает зачатие, внутриутробный период, а также молодость, зрелость и старость, то же самое можно сказать и о самой Земле. Подобно тому, как младенец, приходящий в этот мир, может жить и развиваться, только когда освоит дыхание, расцвет на Земле начался, только когда возникло подобие дыхания и жизнь начала использовать кислород.

Земля не всегда имела кислород в своей атмосфере. Газы, содержащиеся в первой атмосфере, были бы токсичны для большинства из ныне живущих видов. Но появившийся кислород радикально изменил мир. И что удивительно, только в 1970-х гг. мы узнали, как кислород впервые окутал нашу планету.

Вселенная, а именно вся материя, которую мы видим перед собой в форме звезд, планет и всего остального, что содержится в наблюдаемом пространстве, как полагают, возникла около 14 млрд лет назад. Практически наверняка в одно мгновение после Большого взрыва вся прошлая и настоящая материя Вселенной ворвалась в пространство и заполнила космос. Постепенно отдельные части Вселенной расширялись

и охлаждались, при этом вспышки сверхновых порождали разные солнечные системы, а остающиеся после взрывов газовые туманности конденсировались в твердую материю¹.

Наша собственная Солнечная система сформировалась около 4,5 млрд лет назад. Наши соседние планеты, по сути, представляют собой каменистые массы, но Земля разительно отличается. На снимке, сделанном из космоса, она оправдывает свое название «Голубая планета» — прохладное, безмятежное сочетание вод глубоких синих океанов и вихрей белоснежной атмосферы. Она резко контрастирует с суровостью соседнего Марса, Красной планеты, или нашей собственной Луны, белой и бесплодной.

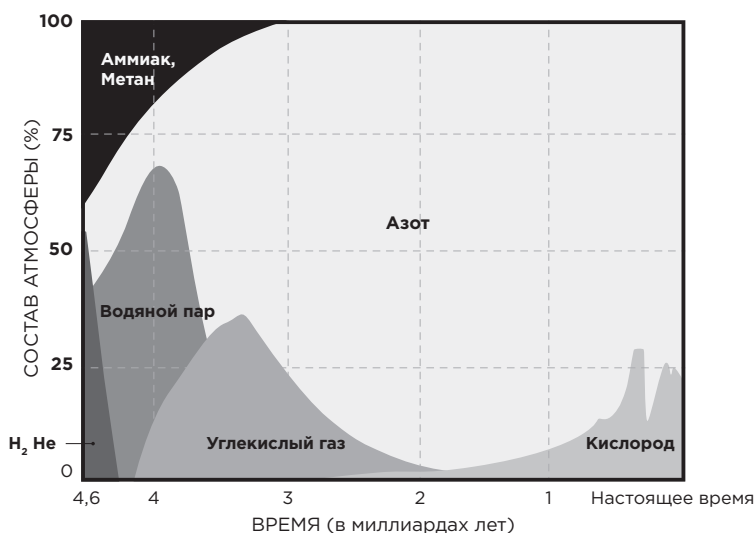
Но при образовании Земли на ней не было прекрасных океанов, роскошных зеленых пейзажей и компромиссов эволюции, жизни и смерти. В течение первых 4 млрд лет существования, когда Землю бросало то в жар, то в холод, ее атмосфера представляла собой токсичную смесь азота и углекислого газа. И в первые 2 млрд лет в ее атмосфере не было абсолютно никакого кислорода.

Кислород так важен, потому что способен эффективно генерировать энергию. Организмы получают энергию из молекул, называемых аденозинтрифосфат (АТФ), которые образуются в результате клеточного дыхания. Без кислорода клетки все равно могут производить в процессе анаэробного окисления всего лишь жалкие две единицы АТФ из каждой молекулы сахара. Это очень неэффективно по сравнению с кислородным метаболизмом, благодаря которому клетки могут производить 36 единиц АТФ из каждой молекулы сахара. Обладая этими дополнительными единицами энергии, организмы способны вырастать более крупными, бегать быстрее и прыгать выше. Без кислорода единственными подвижными живыми организмами были бы анаэробы, крошечные существа, не выдерживающие никакой конкуренции с потребителями кислорода в нашем мире.

Таким образом, в течение первых нескольких миллиардов лет существования Земли на ней не было ни растений, ни животных. Океаны появились на Земле вскоре после ее образования, когда планета охлаждалась и водяные пары в атмосфере конденсировались, но единственной жизнью, которая могла в них обитать, были маленькие одноклеточные анаэробные микроорганизмы. Затем, около 2,5 млрд лет назад, атмосфера начала постепенно наполняться кислородом. Потребовалось много времени на то, чтобы его концентрация достигла значимого уровня, но наконец около миллиарда лет назад поглотители кислорода на Земле, в основном отложения железа в скальных породах, оказались насыщены им. После этого кислород начал накапливаться в атмосфере и океанах. Этот переломный момент, названный кислородной катастрофой, форсировал взрывное развитие жизни — около 600 млн лет назад появились морские растения, а позднее губки, моллюски, рыбы и, наконец, наземные растения и развитые формы жизни².

Однако долгое время не было ответа на один вопрос: откуда взялся весь этот кислород? Наверное, для того чтобы совершенно новый газ преобразовал планету таким уникальным образом, должно было произойти нечто масштабное. История о том, как мы начали понимать, откуда взялся кислород и как он изменил мир, — это необыкновенная история об упорном труде, внимательных наблюдениях и удаче (комбинация, которая, вероятно, применима ко многим научным открытиям, а может и к большинству). Это также история, которая просто не очень хорошо известна, а должна быть.

Джон Уотербери рос в долине реки Гудзон в штате Нью-Йорк, но лето он проводил в прибрежном городке Велл-флит на полуострове Кейп-Код в штате Массачусетс. Там в начале 1960-х гг. Уотербери бродил по просторам дюн, образующих протяженные пляжи, и смотрел на изумрудные



Кислородная катастрофа: история образования атмосферных газов

воды Атлантики. Томясь на берегу, он стал выходить в океан на своей гоночной парусной яхте класса «Лайтнинг». Окруженный соленым океаном, на яхте, скользящей по вздымающимся волнам у полуострова Кейп-Код, он был переполнен ощущением чуда³.

Первым этапом академической подготовки Уотербери был Вермонтский университет, где он защитил диссертацию по зоологии в 1965 г. По окончании учебы его выбор сузился до всего двух вариантов. В Океанографическом институте в Вудс-Холе, Массачусетс, всего в 40 милях от его летнего дома в Веллфлите на Кейп-Коде, требовался исследователь. А если бы он не остался в науке, его ждал воинский призыв и возможная командировка во Вьетнам. Неудивительно, что Уотербери выбрал Вудс-Хол. Он провел там четыре года, изучая нитрифицирующие бактерии, маленькие организмы, которые переваривают азотсодержащие вещества. Впоследствии он поступил в аспирантуру Ка-

лифорнийского университета в Беркли и провел несколько лет в Париже. Он вернулся в Океанографический институт в Вудс-Холе в 1975 г. и больше не покидал его. В Вудс-Холе Уотербери открыл, как Земля превратилась из планеты без кислорода, населенной только микроскопическими организмами, в планету с кислородом, изобилующую жизнью всевозможных размеров⁴.

Во время аспирантуры в Беркли Уотербери увлекся цианобактериями, микроорганизмами, про которые было известно, что они обитают в пресной воде. Эти организмы, которых чаще называют синезелеными водорослями, обладают свойствами, больше похожими на свойства растений, чем на свойства бактерий. Главным из этих необычных свойств является способность использовать фотосинтез — превращать углекислый газ и воду в кислород и углеводы. Но в 1970-х гг. главным образом считалось, что цианобактерии заселяют лишь небольшие пресноводные водоемы и не играют большой роли в процессе производства кислорода на Земле. Их обсуждали только в узком академическом кругу, а в основных учебниках по океанографии о них вообще не упоминалось.

После защиты докторской диссертации Уотербери устроился на работу научным сотрудником в Океанографический институт. В то время основной задачей в этой области было изучение океанических бактерий, о которых мало что было известно. Полевая работа была обычной частью исследований, и в августе 1977 г. Уотербери отправился на научно-исследовательском судне Atlantis II в Аравийское море — регион океана между Индией и Саудовской Аравией, известный очень высоким содержанием неорганических питательных веществ и богатый морскими обитателями. Задачей его группы был анализ проб из океана с использованием новой технологии: эпифлюоресцентной микроскопии. С помощью этой новой методики планировалось определить типовые уровни содержания известных бактерий в океане.

Принципы эпифлуоресцентной микроскопии простые. К пробе воды добавляются флуоресцентные метки, состоящие из строительных блоков ДНК. Эти метки прикрепляются к соответствующим частям ДНК бактерий, как фрагменты пазла, подходящие друг к другу. Под микроскопом, при облучении синим светом, благодаря прикрепленным меткам эти бактерии начинают флуоресцировать зеленым цветом. Если подходящие бактерии отсутствуют, метки не будут активированы и в микроскоп ничего не будет видно.

Прежде чем добавить метки ДНК к пробам воды из Аравийского моря, Уотербери сделал то, чему учат на всех занятиях по естествознанию, и это — обязательный этап при любом эксперименте, на любом уровне науки, от опытов в классе средней школы до лабораторных исследований, за которые дают Нобелевскую премию: он установил строгий контроль, чтобы гарантировать достоверность результатов. Ученые знают, что контрольные группы — основа всех открытий. Чтобы найти что-то аномальное, нужно уметь видеть и доказывать существование того, что считается нормальным. Поэтому, перед тем как добавлять метки ДНК, Уотербери проанализировал образец воды из Аравийского моря под новым эпифлуоресцентным микроскопом, чтобы иметь исходные данные для сравнения.

Уотербери предположил, что не увидит ничего необычного в воде Аравийского моря, но был поражен. Синий свет эпифлуоресцентного микроскопа прошел сквозь воду, и в окуляре вспыхнуло ярко-оранжевое флуоресцентное свечение. Уотербери раньше изучал цианобактерии и понял, что этот оранжевый свет был естественной флуоресценцией фикозерина, фотосинтетического пигмента, который совместно с хлорофиллом запускает важнейшую реакцию распада двуокиси углерода на кислород и углерод, делающую возможной жизнь на нашей планете. Прежде никому не было известно, что цианобактерии могут суще-

ствовать в глубоководных соленых водоемах, поэтому это была колоссальная находка.

Открытие существования цианобактерий в Аравийском море было только началом, но Уотербери знал, что, для того чтобы детально изучить морские цианобактерии, ему придется выращивать бактериальные культуры. Он пытался в течение нескольких месяцев, всякий раз используя новую среду и разные питательные вещества, чтобы добиться репликации цианобактерий. Но всякий раз происходило одно и то же — в течение суток все клетки погибали. Без культивирования изучать морские цианобактерии было бы невозможно. Чтобы добиться успеха, Уотербери пришлось вернуться к базовой биологии окружающей среды.

Океанические и пресноводные организмы ведут себя совершенно по-разному. Обычно мы думаем, что океанские существа выносливы и хорошо приспосабливаются, а океан — суровое и дикое место. Пресноводные водоемы, наоборот, кажутся спокойными и идиллическими, там нет акул, скатов и смертельных медуз. Такова человеческая точка зрения. С точки зрения бактерий — все наоборот.

Среды обитания пресноводных и морских бактерий разительно отличаются. Во внутренних пресноводных водоемах температура, а также количество питательных веществ и минералов могут сильно колебаться. Кроме того, летом и зимой в пресноводной среде создаются очень разные условия жизни, и в зависимости от сезона там часто обитают очень разные виды. По сравнению с этими водоемами обстановка в океане исключительно стабильна. Перепады температур намного меньше, чем во внутренних водоемах, а состав питательных веществ в микроокружении гораздо более постоянный. Бактерии, процветающие в пресноводной среде, — то, что ученые-океанологи называют «эвтрофы», — это организмы, способные жить в условиях изобилия питательных веществ и при сильных колебаниях температуры. Для морских бактерий, «олиготрофов»,

требуются более низкие уровни основных питательных веществ. Так что, хотя нам это кажется контринтуитивным, морские бактерии более чувствительны, более уязвимы, чем их пресноводные родичи.

В том беспокойном году Уотербери начал это понимать. Он тщательно отмывал все колбы для культур и пробирки, следя за тем, чтобы в них не оставалось даже микроскопического количества кальция или иного вещества. Затем он калибровал питательную среду, чтобы она точно соответствовала тем наноколличествам питательных веществ, которые он измерял в океанской воде. Наконец, через год кропотливой работы, и к радости Уотербери, цианобактерии из океана впервые начали расти за пределами своей естественной среды обитания. Открытие вида *Synechococcus* официально состоялось.

Остались следующие вопросы: сколько этих бактерий и какова их среда обитания? С дальнего конца деревянной пристани в Вудс-Холе Уотербери набрал в несколько банок соленой воды, немного мутной, но в остальном ничем не примечательной. Он поместил образец под эпилюминесцентный микроскоп и увидел изобилие цианобактерий.

В следующие десять лет наблюдался взрывной рост количества исследований цианобактерий. Почти в каждом уголке океана на Земле были выявлены сотни различных видов. Теперь мы знаем, что синезеленые водоросли населяют любой водоем с температурой выше 5 °C, обычно во внушительных количествах, настолько внушительных, что Уотербери называет их «эти зверюшки».

Сегодня считается, что кислородом в нашей атмосфере мы обязаны главным образом цианобактериям, так как численность их огромна, а среда обитания разнообразна. Они выделяют его в ходе фотосинтеза — процесса, используемого растениями, водорослями и цианобактериями для превращения поглощаемого ими солнечного света в энергию. Первичной молекулой, улавливающей солнечный свет,

является хлорофилл, молекула, которая использует энергию фотонов света для реакции взаимодействия углекислого газа и воды с образованием глюкозы и кислорода. В ходе этой реакции фотосинтеза также выделяется энергия, которая помогает цианобактериям преобразовывать углекислый газ из атмосферы в питательный углерод, который сначала потребляется низшими формами жизни, а затем передается по пищевой цепочке. Этот процесс делает цианобактерии источником большей доли производимых питательных веществ на нашей планете. Они также ответственны за большую часть нефти, природного газа и угля на Земле, потому что все они образовались из отложений (мертвых цианобактерий), скапливавшихся на дне океана в течение миллионов лет. Группа цианобактерий и правда является самым многочисленным видом на Земле и одним из важнейших для жизни.

Мы склонны ассоциировать процесс фотосинтеза с растениями, но почти наверняка первыми его начали использовать цианобактерии. Считается, что миллионы лет назад предки цианобактерий слились с более крупными клетками в процессе, называемом эндосимбиозом, эволюционировали и превратились в содержащие хлорофилл хлоропласты, благодаря которым более крупные клетки смогли осуществлять фотосинтез. Впоследствии эти клетки, содержащие хлоропласты, объединились друг с другом и стали предшественниками современных растений и водорослей.

Несмотря на весь наш технический прогресс, мы можем только восхищаться тем, как цианобактерии, а затем и растения овладели фотосинтезом. Люди рано поняли, как сжигать углерод, но мы до сих пор не можем производить его самостоятельно из углекислого газа и света. Если бы фотосинтез можно было смоделировать искусственно, это стало бы золотым ключом к решению наших энергетических проблем; это также решило бы проблему глобаль-

ного потепления, позволив вывести углекислый газ из атмосферы.

Теперь, оглядываясь назад, мы знаем, что взрывное развитие жизни в кембрийский период, около 500 млн лет назад, в значительной степени подхлестнуло повышение концентрации кислорода в атмосфере, который производили цианобактерии⁵. Без этих маленьких существ не было бы сейчас ни высших животных форм жизни, ни большинства растительных форм жизни.

Наши легкие развились, чтобы использовать кислород и эффективно управлять нашими метаболическими реакциями. Мы аэробные существа, и если легкие — наш самый важный орган, то кислород — самый важный газ в атмосфере. Анаэробные организмы существуют, но их развитие сдерживается неэффективным методом производства энергии. С кислородом открылись возможности мира. Почти каждое живое существо на Земле зависит от того или иного способа извлечения кислорода, а Джон Уотербери и другие, занимавшиеся океаническими бактериями, помогли нам понять, откуда взялась вся эта жизнь.

Благодаря появлению нового газа в атмосфере Земли, последние 500 млн лет существования нашей планеты радикально отличаются от первых 4 млрд. Первый период был отмечен отсутствием жизни, второй — ее изобилием. Момент появления кислорода и жизни не случаен. Кислород — это жизненная сила, источник бесконечных возможностей жизни.

Вместе с повышением содержания кислорода, производимого цианобактериями, примерно в это же время начала расцветать растительная жизнь. Сначала она возникла в океане, а затем неотвратимо эти растительные формы проникли на выжженный оранжевый массив суши, где в то время не было совершенно ничего, кроме скал. Сначала скалы колонизировали невысокие мхи, затем посте-