

УДК 546  
ББК 24.1  
Л92

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Nick Lane 2002.  
**OXYGEN: THE MOLECULE**  
That Made The World

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form. This edition published by arrangement with Oxford University Press

Перевод с английского ООО «Аудиономикс»

Л92

**Лэйн, Ник.**

Кислород. Молекула, изменившая мир / Ник Лэйн ; [пер. с англ. Т.П. Мосоловой]. — Москва : Издательство «Э», 2016. — 592 с. — (цивилизация).

С тех пор как в 1770-х годах кислород был открыт, ученые горячо спорят о его свойствах. Этот спор продолжается по сей день. Одни объявляют кислород эликсиром жизни — чудесным тонизирующим препаратом, лекарством против старения, косметическим средством и перспективным методом лечения. Другие воспринимают его как огнеопасное вещество и страшный яд, который в конце концов уничтожит нас всех.

Ник Лэйн ответит на вопрос: кислород — наш единственный шанс на выживание или самый худший враг?

УДК 546  
ББК 24.1

Научно-популярное издание

ЦИВИЛИЗАЦИЯ

**Ник Лэйн**

**КИСЛОРОД**

**Молекула, изменившая мир**

Директор редакции *Е. Кальёв*. Ответственный редактор *В. Обручев*  
Выпускающий редактор *В. Иванова*. Художественный редактор *П. Петров*

В коллаже на переплете использованы иллюстрации: zffoto, Vanatchanan / Shutterstock.com  
Используется по лицензии от Shutterstock.com

ООО «Издательство «Э»

123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел. 8 (495) 411-68-86.

Өндүрүш: «Э» АКБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Зорге көшесі, 1 үй.

Тел. 8 (495) 411-68-86.

Тауар белгісі: «Э»

Қазақстан Республикасында дистрибутор және өнім бөлімшесі арқо-талаптарды қабылдаушылық өкіл «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.

Тел.: 8 (727) 251-59-89/90/91/92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107.

Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат сайты Өндүрүш «Э»

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Э»

Өндүрмө мөлөкөт: Ресей

Сертификация карастырылмаган



Подписано в печать 17.06.2016. Формат 60х90<sup>1/16</sup>  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 37,0. Тираж экз. Заказ

ISBN 978-5-699-53573-6



9 785699 535736 >

ISBN 978-5-699-53573-6

В электронном виде книгу издательства Вы можете  
посмотреть на [www.litres.ru](http://www.litres.ru)

**ЛитРес:**  
ВСЕ КНИГИ ДО ИЛИ



© ООО «Аудиономикс», перевод на русский язык, 2016  
© Оформление. ООО «Издательство «Э», 2016

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Благодарности .....	8
Глава первая. Введение. Эликсир жизни и смерти .....	11
Глава вторая. Начало. Появление и влияние кислорода .....	35
Глава третья. Бесконечная тишина. Три миллиарда лет эволюции микробов .....	55
Глава четвертая. Подготовка кембрийского взрыва. «Земля-снежок», изменения условий и первые животные .....	93
Глава пятая. Стрекоза из Болсоувера. Кислород и появление гигантов .....	126
Глава шестая. Предательство в воздухе. Отравление кислородом и ультрафиолетовое излучение — общность механизмов .....	172
Глава седьмая. Зеленая планета. Излучение и эволюция фотосинтеза .....	209
Глава восьмая. Портрет LUCA. Последний общий предок из докислородной эпохи .....	234
Глава девятая. Парадокс. Витамин С и двуличье антиоксидантов .....	271
Глава десятая. Машина по производству антиоксидантов. Сто и один способ жить в окружении кислорода .....	307
Глава одиннадцатая. Половое размножение и сохранность организма. Компромиссы в эволюции старения .....	336

## Оглавление

Глава двенадцатая. Ешь или будешь жить вечно! Пища, половое размножение и продолжительность жизни. ....	373
Глава тринадцатая. Изобретение полов. Скорость жизни и система двух полов. ....	399
Глава четырнадцатая. За пределами генов и судьбы. «Двойной агент» в теории старения и развития заболеваний. ....	450
Глава пятнадцатая. Жизнь, смерть и кислород. Уроки эволюции и старение . ....	501
Дополнительная литература . ....	549
Словарь терминов. ....	575

*Посвящается Ане*

## БЛАГОДАРНОСТИ

Я хочу выразить самую большую благодарность трем людям, без которых идея создания книги, возможно, никогда бы не была реализована. В первую очередь это Джон Эмсли, чьи увлекательные научные труды и щедрый исследовательский дух вдохновили многих восприимчивых химиков и писателей. Я благодарен ему за то, что он ввел меня в издательство Oxford University Press, а также за многочисленные дискуссии о науке, обществе и языке. Я благодарю Майкла Роджерса из издательства Oxford University Press, чей острый глаз и издательское мастерство помогли воспитать целое поколение писателей, работающих в жанре научно-популярной литературы. Я признателен ему за то, что он поверил в возможность создания этой книги, за его своевременные подсказки и литературную правку, а также за его поддержку на протяжении всей моей работы. Наконец, я благодарю мою жену, Ану Идальго, которая жила и дышала этой книгой вместе со мной. Обладая многогранными знаниями, она с улыбкой указывала мне на глупые ошибки и при этом поддерживала мою уверенность в справедливости основных идей. Она отмечала любые неясности в тексте, и хотя порой мне было нелегко с ней соглашаться, полагаю, без ее участия книга не была бы понятна ни одному человеку, включая меня самого.

Я также выражаю признательность многим другим людям, которые нашли время, чтобы прочесть и прокомментировать отдельные части книги. Я очень

благодарен коллегам, которые подробно ответили на мои письма. Я благодарю профессора геологии и геофизики из Йельского университета Роберта Бернера, профессора экологии из Университета Южной Дании в Оденсе Дональда Кэнфилда, Жозе Кастрезану из отдела биоинформатики Европейской молекулярно-биологической лаборатории в Гейдельберге, лектора по прикладной химии из Университета Абертай в Данди Дэвида Бремнера, профессора биологической геронтологии из Университета Ньюкасла Тома Кирквуда, профессора клеточной биологии растений из Университета Лунда в Швеции Джона Аллена и профессора физиологии из Университета Комплутенсе в Мадриде Густаво Барху. Я также хочу поблагодарить некоторых моих коллег за плодотворные дискуссии: лектора по хирургии из Независимого королевского госпиталя Лондона Барри Фуллера, лектора по биохимии растений и биотехнологии из Университета Абертай в Данди Эрику Бенсон, пионеров в исследовании гемоксигеназ из Института медицинских исследований в Нортвик Парке в Лондоне Роберто Моттерлини и Роберту Форести и неутомимого руководителя этого института профессора Колина Грина.

Я выражаю благодарность моим друзьям, которые прочли и прокомментировали значительные фрагменты текста, что позволило мне сделать книгу более занимательной или хотя бы менее мучительной для читателя. Я благодарен Винсу Десмонду, Яну Эмброузу, Эллисон Джонс, Полу Эсбури, Малкольму Дженкису и Майку Картеру. Я благодарю моих родителей и моего брата Макса за вдохновенные обсуждения стиля и стремление приблизиться к научным проблемам с другой стороны культурного раздела, а также за их бесконечную поддержку. Без них я бы никогда не взялся за этот труд.

## Благодарности

Но даже при такой помощи мне не удалось избежать некоторых ошибок и неточностей. К счастью, рукопись попала в руки опытного литературного редактора Элинор Лоуренс, которая внесла в текст множество исправлений. Наконец, я благодарю Эбби Хидона из издательства Oxford University Press, который быстро и четко отвечал на все мои вопросы по поводу процесса книгоиздания. Ответственность за все оставшиеся в книге погрешности полностью лежит на мне.

## Г Л А В А П Е Р В А Я

# ВВЕДЕНИЕ. ЭЛИКСИР ЖИЗНИ И СМЕРТИ

Очень трудно охарактеризовать кислород. С момента его открытия в 1770-х гг. его свойства и химические реакции вызвали споры и среди ученых, и среди шарлатанов. Эти противоречия не разрешены до сих пор. Кислород вдыхают как эликсир жизни — чудодейственный тоник, средство против старости, источник красоты и мощное лекарство. Но тот же кислород — огнеопасное вещество и смертельный яд, который в конце концов нас убивает. Популярная пресса полна противоречивых высказываний. Говорят, что вдыхание чистого кислорода в «кислородных барах» и медицинских клиниках творит чудеса, тогда как противоположные, аскетичные условия «высокогорной терапии» якобы устраняют избыточный кислород. Лечение так называемым активным кислородом (под которым подразумевают озон или пероксид водорода) считают чудодейственным средством от бактериальных инфекций и даже от рака. Но в то же время нам говорят, что секрет долголетия заключается в употреблении в пищу антиоксидантов, которые защищают нас от тех же самых «активных» форм кислорода. Кажется, кислород, как магнит, притягивает к себе самые разные глупости и противоречия.

Но какими бы путаными ни были наши представления, они сходятся в одном: кислород — очень важное вещество. В конце концов, если мы перестанем им дышать, то через несколько минут умрем. Человеческое тело устроено



## Введение

так, что кислород может поступать ко всем 15 миллионам миллионов составляющих его клеток. Символический красный цвет крови объясняется простой химической связью между кислородом и гемоглобином в красных клетках крови (эритроцитах). Страх задохнуться или утонуть — физически лишиться доступа кислорода — одно из самых жутких ощущений для любого человека. Планета без кислорода в нашем представлении — изрытое кратерами безжизненное пространство вроде Марса или Луны. Наличие кислорода в атмосфере — лакмусовая бумажка, свидетельствующая о присутствии жизни: вода

Человеческое тело устроено так,  
что кислород может поступать  
ко всем 15 миллионам миллионов  
составляющих его клеток.

указывает на возможность существования жизни, но кислород говорит о ее присутствии — только живые существа могут создавать ощутимое количество

кислорода в атмосфере. Даже если оставить в стороне эмоциональную сторону вопроса, все согласны, что вырубка дождевых лесов и загрязнение океанов лишают Землю ее «легких», наполняющих атмосферу животворящим кислородом. Как мы увидим дальше, это не так, однако такая точка зрения указывает на нашу чрезвычайно высокую оценку значимости кислорода. Возможно, не так уж и странно, что мы приписываем этому газу без цвета и запаха мистические и целебные свойства.

Эта книга — о кислороде, а еще о жизни и о смерти: о том, как и почему жизнь создала кислород и адаптировалась к нему, об эволюции и о будущей жизни на Земле, об энергии и здоровье, болезнях и смерти, половом размножении и воспроизведении, о нас самих. Об истинном значении кислорода многие из нас даже не подозревают, а оно гораздо удивительнее всех его оздоровительных свойств. Но прежде чем отправиться в путь, давайте

определим правила игры. Кислород — лекарство или яд? Или и то и другое? И в чем разница? Простейший способ найти ответ — отправиться в прошлое, к самым истокам возникновения жизни на Земле.

Даже история изучения кислорода является спорной. Первенство в открытии этого элемента приписывают английскому священнику и химику Джозефу Пристли, шведскому аптекарю Карлу Шееле или французцу, сборщику налогов и создателю современной химии Антуану Лавуазье. Шееле был первым из трех, но слишком долго выжидал и шесть лет не публиковал свои результаты. Пристли получил кислород в 1774 г., пропуская сфокусированный луч солнечного света через оксид ртути, и быстро написал на эту тему три трактата. Эти двое вполне могли бы разделить между собой лавры первооткрывателей, однако никто из них не смог полностью оценить значение собственного открытия. Оба отметили, что в чистом кислороде горение происходит активнее (Шееле даже назвал открытый им газ «огненным воздухом»), но оба воспринимали горение неверно, считая, что при горении не затрачивается кислород, а выделяется невидимое вещество («флогистон»). Они воспринимали кислород как чистый воздух, лишенный примеси флогистона.

Революционер в химии и консерватор в политике Лавуазье разрушил эту извращенную идею за год до французской революции. Лавуазье дал новому газу название «кислород» и окончательно доказал, что именно кислород является активным компонентом воздуха\*.

---

\* Слово «кислород» имеет греческий корень и означает «образующий кислоту», что связано с ошибочной идеей о том, что кислород входит в состав абсолютно всех кислот. Это верно в отношении серных и азотных кислот, но неверно для остальных, таких как соляная кислота. — *Здесь и далее примеч. авт.*

## Введение

Он заявил, что горение — это реакция между кислородом и углеродом или другими веществами. В знаменитом эксперименте он показал, что алмазы Священной Римской империи (состоящие из углерода) испаряются при нагревании в присутствии кислорода (в этой реакции образуется углекислый газ), но в бескислородной среде устойчивы при нагревании. Алмазы вечны только в среде без кислорода. Лавуазье пошел дальше. Собирая газы и используя свои сверхчувствительные весы, он показал, что горение и человеческое дыхание — по сути один и тот же процесс: в обоих случаях происходит реакция между кислородом и веществами, содержащими углерод и водород, и образуются вода и углекислый газ.

Лавуазье занимался опытами по взвешиванию газов, выделяющихся при дыхании и потоотделении, когда за ним пришли солдаты революционного трибунала в сопровождении безумной толпы. За время своей научной деятельности Лавуазье нажил влиятельных врагов, в числе которых был вождь революции Жан-Поль Марат. По нелепому обвинению в подмешивании воды в табак и присвоении причитающихся государству налогов Лавуазье был приговорен к смертной казни и гильотинирован в мае 1794 г. Узнав об этом, знаменитый математик Лагранж заметил: «Понадобилось лишь одно мгновение, чтобы отрубить эту голову, но, может быть, и столетия будет мало, чтобы создать подобную ей».

Забавно, но эта знаменитая история об открытии кислорода, по-видимому, неверна. Алхимики не только обнаружили его намного раньше, но и имели совершенно четкое представление о его значении. В 1604 г., за 170 лет до Шееле, Пристли и Лавуазье, польский алхимик Михаил Сендивогий писал: «Человек возник на Земле и живет на ней благодаря воздуху; в воздухе есть тайная пища для жизни... чей сконцентрированный

невидимый дух лучше, чем вся Земля». Он предположил, что эта «воздушная пища жизни» циркулирует между воздухом и землей в виде необычной соли — селитры\*. При нагревании до температуры выше 336 °С селитра разлагается, высвобождая кислород, который алхимики называли *воздушной селитрой*. Сендивогий считал, что обнаружил Эликсир Жизни, «без которого ни один смертный не может жить и ничто в мире не растет и не производится». Но Сендивогий не ограничился теорией. По-видимому, он научился получать кислород путем нагревания селитры и вполне мог передать свои знания датскому изобретателю и алхимику Корнелиусу Дреббелю — забытому герою науки эпохи Возрождения.

В 1621 г. Дреббель блестящим образом продемонстрировал практическое значение кислорода. К тому времени он уже создал для короля Англии Якова I вечный двигатель, заряжающийся от солнечного света, различные холодильники и автоматы, а теперь сконструировал первую в мире подводную лодку. Яков в окружении тысяч подданных расположился на берегу Темзы, чтобы посмотреть на первое путешествие корабля длиной в десять миль — из Вестминстера до Гринвича. Управляемая двенадцатью гребцами деревянная субмарина

---

\* Действительно можно подумать, что селитра (нитрат калия,  $\text{KNO}_3$ ) конденсируется из воздуха: ее белая корка образуется на хорошо удобренной почве (содержащей азот). У этой соли есть несколько замечательных свойств. Она не только является прекрасным удобрением, но использовалась также для консервирования мяса и как лекарственное средство в народной медицине. При добавлении в напитки селитра охлаждает их не хуже льда, а при приеме внутрь оказывает сильное разогревающее действие. Полученная с добавлением селитры кислота (*aqua regia*, царская водка) способна растворять золото. Кроме того, селитра является ключевым компонентом пороха, изобретенного китайскими алхимиками в IX в.

## Введение

провела под водой около трех часов. Интереснее всего, как Дреббелю удалось осуществлять снабжение гребцов свежим воздухом на протяжении всего этого времени. По свидетельствам очевидцев, которые позднее (в 1660 г.) обсуждал великий химик Роберт Бойль, для замены «жизненно важной части воздуха» Дреббель использовал бутылку жидкости (по другим данным, это был газ):

«Дреббель считал, что для дыхания нужен не весь воздух, а лишь некая его “душа”, квинтэссенция воздуха, при исчерпании которой весь остальной каркас (как я [кур-

Красный цвет крови объясняется тем, что при дыхании в легкие попадает воздушная селитра (кислород).

сив Бойля. — *Примеч. авт.*] позволю себе выразиться) воздуха не способен поддерживать горящее в сердце пламя жизни... Поэто-

му время от времени он [Дреббель], осознавая, что лучшая и чистейшая часть воздуха исчерпана... приоткрывал сосуд с жидкостью, быстро заполняя испорченный воздух недостающей жизненно важной составляющей, так что он опять становился пригодным для дыхания».

Вероятно, Дреббель смог наполнить бутылки кислородом путем нагревания селитры, следуя инструкциям своего наставника Сендивогия. Совершенно очевидно, что Сендивогий, Дреббель и Бойль осознавали, что воздух представляет собой смесь газов, одним из которых является жизненно важный газ кислород. Они понимали, что при горении или дыхании в ограниченном пространстве из воздуха удаляется содержащийся в нем кислород. Бойль писал о дыхании и горении в одинаковых терминах («горящее в сердце пламя жизни»), хотя, конечно, не осознавал, насколько похожими являются эти два процесса. Современник и коллега Бойля по Лондонскому королевскому обществу Джон Мейоу продвинулся

дальше. Он показал, что красный цвет крови объясняется тем, что при дыхании в легкие попадает воздушная селитра (кислород). Он считал, что воздушная селитра является нормальной составляющей воздуха, из которого она «становится пищей для огня, а также попадает в кровь животных при дыхании... Не сам воздух, а лишь его наиболее активная и тонкая часть является пищей для огня». Таким образом, несмотря на архаичность языка Мейоу, в его идеях еще в 1674 г. отразилось совершенно современное представление о кислороде.

На таком научном базисе приверженность Пристли теории флогистона (идеи о том, что при горении в воздух выделяется невидимое вещество) через сто лет кажется комичной, но он был совсем не одинок. Идея флогистона на добрую часть столетия затормозила исследования состава воздуха. Для объяснения экспериментальных результатов флогистону иногда приписывали положительный вес, иногда отрицательный, а иногда приходилось признать, что он не имеет веса. Даже те, кто считает Пристли первооткрывателем кислорода, признают, что приверженность этой теории ослепила его и не позволила в полной мере осознать значение сделанного открытия\*. Однако в другом отношении Пристли оказался на удивление прозорливым: он предсказал не только целебные свойства кислорода (который он упорно называл лишенным флогистона воздухом), но и его потенциальную опасность. В трактате «Эксперименты и наблюдения над различными типами воздуха», опубликованном в 1775 г., он обсуждал собственный опыт вдыхания чистого кислорода:

---

\* Чтобы быть до конца честным, нужно признать, что Пристли прекрасно осознавал все недостатки теории флогистона. Он сравнивал флогистон со светом и теплом, которые тоже нельзя было взвесить (нельзя этого сделать и теперь).

«Ощущения от его вдыхания для моих легких не отличались в значительной степени от вдыхания обычного воздуха, но после этого на протяжении некоторого времени я чувствовал в груди особую легкость. Возможно, когда-нибудь этот очищенный воздух сможет стать предметом роскоши... Наблюдая за большой мощностью и живостью пламени свечи, горящей в этом чистом воздухе, приходишь к выводу, что он может оказаться особенно полезным для легких в определенных болезненных состояниях, когда обычного воздуха не хватает, чтобы достаточно быстро уносить смрад. Однако на основании этих экспериментов, возможно, следует также заключить, что хотя этот чистый, избавленный от флогистона воздух [кислород] может быть очень полезен в медицинских целях, он может не подходить нам в обычном, здоровом состоянии; как свеча, которая гораздо быстрее горит в этом лишенном флогистона воздухе, так и мы, как бы это выразиться, в этом чистом воздухе можем *проживать слишком быстро* [курсив Пристли. — *Примеч. авт.*] и силы живого существа могут очень быстро подходить к концу. Моралист сказал бы, что нам гораздо больше походит тот воздух, который создала для нас природа».

Тот, кто вдыхал чистый кислород в «кислородном баре», может посмеяться над причудливой аналогией Пристли и его моральными опасениями, но мало кто из исследователей не согласится с сутью этих замечаний. Удивительно, но в словах Пристли содержится первое (насколько я знаю) предположение о том, что кислород ускоряет старение. Это предостережение не было замечено современниками ученого, которые немедленно устремились использовать лечебный потенциал кислорода. Несмотря на имевшиеся подозрения, на протяжении следующих ста лет на токсичность кислорода не обращали внимания.