

**Мартин БЛЕЙЗЕР**

микробиолог, практикующий врач

# ОХОТНИКИ ЗА МИКРОБАМИ

---

Как антибиотики,  
санация и дезинфекция  
ослабляют иммунитет  
и приводят к развитию  
новых заболеваний

---

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЛОНГСЕЛЛЕР**



Человек: революционный подход

Мартин Блейзер

**Охотники за микробами.  
Как антибиотики, санация  
и дезинфекция ослабляют  
иммунитет и приводят к  
развитию новых заболеваний**

«ЭКСМО»

2014

УДК 579  
ББК 52

## **Блейзер М.**

Охотники за микробами. Как антибиотики, санация и дезинфекция ослабляют иммунитет и приводят к развитию новых заболеваний / М. Блейзер — «Эксмо», 2014 — (Человек: революционный подход)

ISBN 978-5-04-156460-5

Развитая медицина сохраняет жизнь миллионам людей, однако ее обратная сторона — злоупотребление технологиями и лекарствами — снова ставит под удар наше здоровье. От эпидемии ожирения страдает до 30% американцев; количество детей с аутоиммунным диабетом в Финляндии за полвека использования антибиотиков выросло на 550%. Доктор Мартин Блейзер более 30 лет изучает микробиому человека — живущих с нами в симбиозе бактерий и точно знает: устойчивые штаммы, вызывающие смертельные заболевания, рост болезней у детей и такие недуги развитых стран, как астма, аллергии, ожирение, диабет, некоторые формы рака, возникают из-за нарушения микробиомы. Чтобы уберечь детей и самим не стать частью печальной статистики, нужно знать: чем патогенные бактерии отличаются от полезных и какую выгоду мы получаем от симбиоза с последними; как именно подрывают наше здоровье антибиотики и в каких случаях их использование обоснованно; что угрожает нашей микрофлоре и как восстановить ее, а вместе с ней — здоровье. В формате PDF A4 сохранен издательский макет.

УДК 579  
ББК 52

ISBN 978-5-04-156460-5

© Блейзер М., 2014

© Эксмо, 2014

## Содержание

Глава 1. «Чума современности»	7
Глава 2. Наша микробная планета	15
Глава 3. Микробном человека	22
Конец ознакомительного фрагмента.	24

**Мартин Блейзер**  
**Охотники за микробами. Как**  
**антибиотики, санация и дезинфекция**  
**ослабляют иммунитет и приводят**  
**к развитию новых заболеваний**

*Посвящается моим детям и будущим детям с ярким будущим*

*Мы живем в эпоху бактерий (как было вначале, как есть сейчас и как должно быть всегда, пока миру не настанет конец...)  
Стивен Джей Гоулд, Кембридж, штат Массачусетс, 1993*

## Глава 1. «Чума современности»

Я не знал двух сестер отца. Они родились в маленьком городке в начале прошлого века и не дожили до второго дня рождения. В один из дней у них поднялась высокая температура и, наверное, появилось что-то еще. Ситуация была настолько серьезной, что мой дедушка пошел в молитвенный дом и изменил имена своих дочерей, чтобы обмануть ангела смерти.

Ни одной это не помогло.

В 1850 году каждый четвертый ребенок в Америке умирал еще до первого дня рождения. Смертельные эпидемии проносились по перенаселенным городам, где люди жили в темных, грязных комнатах с затхлым воздухом и без проточной воды. Из знакомых нам болезней тогда свирепствовали холера, пневмония, скарлатина, дифтерия, коклюш, туберкулез и оспа.

Сейчас лишь шесть американских младенцев из тысячи не доживают до года – это значительное улучшение. За последние полтора столетия и Соединенные Штаты, и другие развитые страны стали намного здоровее [1, см. с. 15]. Это произошло благодаря улучшению санитарных условий, дератизации, чистой питьевой воде, пастеризованному молоку, детским прививкам, современным медицинским процедурам (в том числе анестезии) и, конечно, почти семидесяти годам применения антибиотиков.

В современном мире дети растут без деформированных из-за недостатка витамина D костей или «замутненных» из-за инфекции дыхательных путей. Почти все женщины выживают после родов. Восемидесятилетние старики, уйдя на пенсию, бодро бегают за теннисными мячами, часто благодаря металлическому бедренному суставу.

Тем не менее за последние несколько десятилетий, несмотря на все медицинские достижения, что-то пошло не так. Мы становимся слабее, страдаем от разнообразной «чумы современности»: ожирения, ювенильного диабета, астмы, сенной лихорадки, пищевых аллергий, гастроэзофагеального рефлюкса, рака, целиакии, болезни Крона, язвенного колита, аутизма, экземы. И это далеко не весь список. Об этом каждый день пишут в газетах. Скорее всего, мы сами, кто-то из членов семьи или знакомых страдает одним из этих заболеваний. В отличие от смертоносных болезней прошлых веков, которые протекали скоротечно и били наверняка, вышеперечисленные – хронические, они портят жизнь жертвам в течение десятилетий.

Самая заметная – ожирение, которое определяется по индексу массы тела (ИМТ) – отношению между ростом и весом человека. У людей с нормальным весом ИМТ равняется 20–25. ИМТ 25–30 – лишний вес, больше 30 – уже ожирение. У Барака Обамы, например, ИМТ 23. У большинства президентов США он был меньше 27, за исключением Уильяма Говарда Тафта, который однажды застрял в ванне Белого дома. Его ИМТ составлял 42.

В 1990 году этим недугом страдали около 12 % американцев. К 2010 году показатель составил уже 30 %. Когда попадете в американский аэропорт, супермаркет или торговый центр, оглядитесь по сторонам и убедитесь в этом сами.

Эти цифры не просто тревожат: по-настоящему шокирует тот факт, что накопление веса шло не постепенно, в течение нескольких веков, а стремительно, всего за два десятилетия. Богатая жирами и сахаром пища, которую часто обвиняют во всех смертных грехах, была распространена и раньше. Да и страны третьего мира, где новые поколения страдают от избытка веса, не совершали внезапного перехода на диету из кентуккийской жареной курицы в американском стиле. Эпидемиологические исследования показывают, что повышенный прием калорийной пищи, конечно, способствует набору веса, но не является единственной причиной распространения эпидемии ожирения [2, см. с. 15].

Эпидемия ожирения – проблема не только США, но и всего мира. В 2008 году, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 1,5

миллиона взрослых имели лишний вес: из них более 200 миллионов мужчин и 300 миллионов женщин страдали ожирением. При этом многие из них живут в развивающихся странах, которые обычно ассоциируются с голодом, а не с переизбытком.

Помимо этого в индустриальных странах каждые двадцать лет удваивается количество случаев аутоиммунной формы диабета, которая начинается в детстве и требует инъекций инсулина (диабет 1-го типа). В Финляндии, где ведется подробнейшая статистика, с 1950 года заболеваемость возросла на 550 % [3, см. с. 15]. И дело не в том, что мы научились лучше диагностировать диабет. Эта болезнь всегда была смертельной, пока в 20-х годах прошлого века не открыли инсулин. Сейчас же при правильном лечении большинство детей выживают. Но это не болезнь изменилась, а мы сами. Кроме того, диабет 1-го типа теперь поражает детей во все более раннем возрасте. Когда-то его диагностировали в среднем в девять лет, сейчас – в шесть. У некоторых проявляется и в три года.

Рост заболеваемости астмой, хронического воспаления дыхательных путей, тоже пугает. В 2009 году ею страдал каждый двенадцатый американец (около 25 миллионов – 8 % населения), за десять лет до этого – каждый четырнадцатый. А 10 % детей в США мучаются от хрипоты, одышки, стесненного дыхания и кашля. Хуже всего приходится негритянским – из них болеет каждый шестой. Заболеваемость с 2001 по 2009 годы повысилась на 50 %, причем не пощадила ни одной этнической группы.

Астму часто вызывают внешние причины: табачный дым, плесень, загрязнение воздуха, тараканы отбросы, простуда, грипп. Когда начинается приступ, астматикам не хватает воздуха, и, если под рукой нет лекарства, их срочно отправляют в комнаты экстренной помощи. Даже при лучшем уходе они могут умереть, как, например, сын моего коллеги-врача.

Повсюду и пищевые аллергии. Поколение назад реакция на арахис была редкостью. Сейчас же в любом американском детском саду можно найти «безореховую зону». Все больше детей страдают от иммунной реакции на пищевые белки, которые содержатся не только в орехах, но и в молоке, яйцах, сое, рыбе, фруктах. Назовите любой продукт – кому-нибудь обязательно противопоказано его есть. Целиакия, аллергия на глютен, главный белок пшеничной муки, тоже распространяется все шире. И 10 % детей страдают от сенной лихорадки. Экзема, хроническое воспаление кожи, проявляется у 15 % детей и 2 % взрослых в США. В индустриальных странах количество детей с экземой увеличилось втрое за последние тридцать лет.

Перечисленные болезни говорят о том, что будущие поколения столкнулись с никогда прежде не наблюдавшимся уровнем иммунной дисфункции, а также с такими расстройствами, как аутизм. Эту современную «чуму», вокруг которой много обсуждений и споров, изучает моя лаборатория. Впрочем, взрослым тоже досталось. Количество случаев воспаления кишечника, в том числе болезни Крона и язвенного колита, растет, куда ни посмотри.

Когда я был студентом-медиком, гастроэзофагеальный рефлюкс, из-за которого возникает изжога, был не слишком распространен. Но за последние сорок лет количество случаев этого заболевания выросло в разы, а рак, который вызывает эта болезнь, аденокарцинома пищевода, самый быстро распространяющийся в США и в других странах, где ведется статистика по этому вопросу. Особенно страдают белые мужчины.

\* \* \*

Почему все эти недуги одновременно поразили развитые страны, а теперь «покоряют» и развивающиеся, которые перестраиваются на западный лад? Может ли это быть совпадением? Если существует десять «болезней современности», то у них десять отдельных причин, верно? Мне это кажется маловероятным.

Или, может быть, существует какая-то единственная причина параллельного роста заболеваемости? Ее легче распознать. Но какая грандиозная причина может объединять в себе помимо прочего астму, ожирение, изжогу, ювенильный диабет и аллергию на конкретный продукт? Слишком калорийным питанием можно объяснить ожирение, но не астму: многие дети, страдающие от нее, худые. Загрязнением воздуха – астму, но не пищевые аллергии...

Для объяснения причин выдвигались разнообразные теории: недостаток сна делает вас толстыми; прививки вызывают аутизм; генетически модифицированная пшеница – яд для кишечника, и т. д.

Самое популярное объяснение роста детской заболеваемости – так называемая гигиеническая гипотеза. Идея в следующем: «чума современности» поразила нас, потому что мы сделали мир слишком чистым. В результате иммунные системы стали спокойнее и уязвимее для ложных тревог. Многие родители пытаются усилить иммунитет детей, заводя домашних животных или устраивая экскурсии по скотным дворам, или, еще лучше, разрешая есть грязь.

Позволю себе возразить. Я считаю, что подобные меры никак не сказываются на нашем здоровье. Микробы, которые водятся в грязи, эволюционировали для жизни в почве, а не в нас. А те, что в домашних и сельскохозяйственных животных, тоже не слишком связаны человеческой эволюцией. Гигиеническую гипотезу понимают неправильно.

В первую очередь нужно внимательнее присмотреться к микроорганизмам, которые живут в наших телах, к огромным собраниям сотрудничающих и конкурирующих между собой микробов, известным как *микробиомы*. В экологии *биомом* называется совокупность растений и животных в отдельном районе, например в джунглях, лесу или на коралловом рифе. Огромное число разнообразнейших организмов, больших и малых, взаимодействуют, образуя сложнейшие сети поддержки. Когда главный вид биома пропадает или вымирает, экология страдает. Может даже коллапсировать.

В каждом человеке живет не менее разнообразная экосистема, которая эволюционировала вместе с нами на протяжении тысячелетий. Они живут во рту, кишечнике, носовых пазухах, ушном канале, на коже, у женщин – во влагалище. Микробы, из которых состоит ваш микробном, обычно приобретаются в раннем детстве; как ни удивительно, к трем годам популяция у ребенка почти не отличается от взрослой [4, см. с. 15]. Они играют важнейшую роль для иммунитета. Короче говоря, именно ваш микробном поддерживает ваше здоровье. А сейчас он по частям исчезает.

Причины этой экологической катастрофы вокруг нас. Например, избыточное применение антибиотиков, кесарево сечение, широкое использование дезинфицирующих средств и антисептиков. Сопrotивляемость антибиотикам – сама по себе большая проблема: старые убийцы вроде туберкулеза все эффективнее борются с ними, и заболеваемость снова начинает расти. Например, *Clostridium difficile* (*C. diff*), очень опасная бактерия из пищеварительного тракта, противостоит нескольким антибиотикам, как и широко распространенный патоген *Staphylococcus aureus* (метициллин-резистентный золотистый стафилококк), который можно подхватить практически везде. Слишком активное использование антибиотиков лишь усугубляет ситуацию.

Конечно, резистентные патогены ужасны, но еще опаснее потеря разнообразия в личном микробиоме. Это приводит к изменению развития самого организма, влияя на обмен веществ, иммунитет и когнитивные способности.

Я назвал этот процесс «исчезающей микробиотой» [5, см. с. 16]. Вряд ли вы слышали этот термин раньше, но считаю, что он верен. По разным причинам мы теряем древние микробы. Именно эта переделка, в которую мы попали, – центральная тема книги. Готов предположить, что в будущем станет только хуже. Непредвиденные эффекты обнаружились у двигателей внутреннего сгорания, расщепления атома, пестицидов. Есть они и у злоупотребления анти-

биотиками и некоторыми другими медицинскими и квазимедицинскими практиками (например, использования дезинфицирующих веществ).

Если не изменить своего поведения, то впереди нас ждет худшее будущее. Оно настолько мрачно, подобно бурану, свирепствующему над замерзшим полем, что я называю его «антибиотической зимой». Мне не хочется, чтобы дети будущего погибли так же, как мои несчастные тетки.

Именно поэтому я бью тревогу.

\* \* \*

Мой личный путь к пониманию, что у наших друзей-микробов возникли проблемы, начался 9 июля 1977 года. Эта дата хорошо запомнилась – именно тогда я впервые услышал название микроба *Campylobacter*, которое буквально дало старт делу всей моей жизни. Я тогда был новоиспеченным аспирантом факультета инфекционных болезней в медицинском центре Университета штата Колорадо в Денвере.

Тем утром меня попросили осмотреть 33-летнего пациента, прибывшего в госпиталь несколькими днями ранее. Он страдал от высокой температуры и потери ориентации. Спинномозговая пункция определила у него менингит – серьезное воспаление нервной системы. Врачи отправили образцы крови и спинномозговой жидкости в микробиологическую лабораторию, чтобы определить, бактериальная ли это инфекция, и если да, то узнать, какая именно. Пока готовились анализы, пациенту назначили лечение антибиотиками, потому что он выглядел ужасно. Врачи посчитали, что если сразу не дать большую дозу лекарств, он умрет. И оказались правы.

Анализы показали наличие медленно растущей бактерии *Campylobacter fetus*, организма, о котором никто в госпитале никогда не слышал. Именно поэтому позвали меня и дали девять дней, чтобы я узнал, в чем дело.

*Campylobacter* – это род спиралевидных бактерий. Слово маленькие штопоры они благодаря своей форме проникают сквозь желеобразную слизь, которой покрыты стенки желудочно-кишечного тракта. Но почему у вида такое странное название – *fetus*? (В биологии каждый организм определяется сначала названием рода, в данном случае – *Campylobacter*, а затем – вида, в данном случае – *fetus*. В каждом роде есть много видов и подвидов. Люди, например, – *Homo sapiens*: род *Homo*, вид *sapiens*.) Копаясь в медицинской литературе, я обнаружил, что микроб получил странное название, потому что поражал беременных овец и коров, вызывая выкидыш. У людей встречается крайне редко. Как наш пациент им заразился – загадка. Ведь городской житель, музыкант.

После того как мы узнали имя «виновника», подобрали подходящие антибиотики для лечения, и через две недели молодой человек выздоровел. Мне тем временем предстояло прочитать лекцию на клинической конференции, и я решил выбрать темой *Campylobacter*. Это же здорово – рассказывать о редкой инфекции, о которой никто ничего толком не знает. При этом была надежда, что никто не заметит мое невежество новичка.

Читая о *Campylobacter fetus*, я вскоре выяснил, что у нее есть «кузина» – *Campylobacter jejuni* (на латыни – «тощая кишка»). Литературы было не очень-то много, но удалось узнать, что люди, пораженные *C. fetus*, обычно страдают бактериемией (наличием бактерий в крови), а вот *C. jejuni* чаще всего вызывает диарею. Два практически одинаковых организма совершенно по-разному ведут себя в нашем теле. Почему один остается в кишечнике, где ему, собственно, самое место, а другой убегает, словно ниндзя, в кровеносную систему?

За последующие несколько лет, переходя из преподавательского состава в Центры по контролю и профилактике заболеваний и обратно (университет штата Колорадо и университет Вандербильта), я стал настоящим экспертом по *C. fetus*, моей «любимой» бактерии, и обнаружил некоторые тайны, объясняющие ее ловкость Гудини.

С этой точки зрения *C. fetus* сыграла важную роль в эволюции моей гипотезы об исчезающем микробиоме, преподав фундаментальный урок: я узнал, как бактерии могут выживать в своих носителях. Да, они вызывают болезни, но, как стало понятно позже, в нас живут микроорганизмы, которые пользуются разнообразными похожими инструментами, чтобы прятаться от иммунной системы. Обычно они не вредят, даже наоборот – защищают. В своем деле бактерии пользуются бесчисленным множеством трюков, отточенных миллионами лет проб и ошибок. И могут либо помочь, либо навредить носителю в зависимости от обстоятельств.

Эту идею мы еще рассмотрим более детально.

*C. fetus*, в частности, рассказала мне о маскировке – как микроорганизмы приобретают способность избегать защитной системы носителя. И 99,9 % всех бактерий, в том числе *C. jejuni*, умирают при контакте с веществами крови, но вот *C. fetus* попадает в кровеносную систему, надевая своеобразную «мантию-невидимку» [6, см. с. 16]. Тем не менее даже она может угодить в плен клетки здоровой печени. Но если ее не вычистить из крови человека с больной печенью (позже я узнал, что тот самый молодой пациент был хроническим алкоголиком), это может привести к менингиту.

Пока я в начале 80-х работал с *C. fetus* и *C. jejuni*, открыли их родственницу, как ни странно, в желудке. Тогда ее называли «желудочным кампилобактер-подобным организмом» («ЖКПО»), а сейчас – *Helicobacter pylori*.

Как оказалось, она владеет немалым набором трюков и, словно Джекил и Хайд, может либо навредить нам, либо защитить. Я гоняюсь за этим организмом уже двадцать восемь лет с верой (и надеждой доказать) в то, что он может стать путеводной звездой в решении загадки «чумы современности».

Наша первая встреча произошла в октябре 1983 года на Второй международной конференции по кампилобактериальным инфекциям в Брюсселе. Там я познакомился с доктором Барри Маршаллом, молодым врачом из Австралии, который открыл ЖКПО и заявил, что тот вызывает гастрит и язву желудка. Ему никто не поверил. На тот момент «знали», что их вызывает стресс и избыток желудочного сока. Я тоже скептически отнесся к данной идее и, конечно, сразу понял, что ученый открыл новую бактерию. Но, как по мне, убедительных доказательств, что она вызывает язву, предоставлено не было.

Лишь через два года, когда другие ученые подтвердили связь микроба с гастритом и язвенной болезнью, я решил посмотреть, смогу ли внести вклад в исследование ЖКПО (в 1989 году бактерию переименовали в *Helicobacter pylori*, обнаружив, что это отдельный от *Campylobacter* вид). Они родственники примерно такой же дальности, как лев (*Panthera leo*) и домашняя кошка (*Felis catus*) [7, см. с. 16]: определенное сходство есть, но различия достаточно большие, благодаря которым их можно отнести к разным родам. Моя лаборатория разработала анализ крови на этот микроб и показала: если он живет в вашем организме, то у вас есть и естественная защита от него [8, см. с. 16].

Но врачи объявили войну *H. pylori* не на жизнь, а на смерть, прописывая антибиотики при любом желудочном дискомфорте. Их девизом стала фраза «Хорошая *H. pylori* – мертвая *H. pylori*» [9, см. с. 16]. Я тоже принадлежал к этому лагерю почти десять лет.

Однако к середине девяностых изменил мнение. Начали накапливаться свидетельства, что *H. pylori* – часть нормальной микрофлоры нашего кишечника [10, см. с. 16] и играет огромную роль в здоровье. Лишь отказавшись от догмы, провозглашавшей «гастрит – это плохо», удалось заново оценить биологию этой бактерии. Да, она портит жизнь некоторым взрослым,

но позже мы узнали, что она очень полезна для детей. Ее уничтожение может принести больше вреда, чем пользы.

Большим достижением Маршалла и его партнера-исследователя Робина Уоррена стали клинические исследования, показавшие, что уничтожение *H. pylori* с помощью антибиотиков лечит язву. Другие подтвердили и расширили наблюдения. За это открытие ученые получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 2005 году.

В 2000 году я перешел в Нью-Йоркский университет и оборудовал там лабораторию с целью узнать, чем эта древняя бактерия «занималась» в наших желудках и каковы были последствия. За четырнадцать лет набралось большое количество доказательств, что исчезновение этого почтенного микроба, возможно, стало одной из причин нынешних эпидемий. А потом *H. pylori* привела меня к более широкому исследованию – человеческого микробиома в целом.

Сейчас в моей лаборатории постоянная суэта. Мы работаем более чем над двадцатью проектами – наблюдаем, как антибиотики действуют на микробы и их носителей, проводя опыты как на мышах, так и на людях. В типичном эксперименте над животными мы даем им лекарства в питьевой воде и сравниваем с теми, кто их не получает. Начинаются исследования очень рано, иногда еще до рождения детеныша. Потом даем подрасти и следим за состояниями и изменениями: насколько толстыми становятся, как работает печень, как вырабатывается иммунитет в кишечнике, как растут кости, что происходит с гормонами и мозгом.

Это очень интересная работа, потому что в каждой из областей мы видим изменения, вызванные антибиотиками, причем на ранней стадии жизни. Стало понятно, что младенчество – ключевое «окно» уязвимости. Совсем в юном возрасте существуют критические периоды роста, и наши эксперименты показывают: потеря дружественных кишечных бактерий на этой стадии развития приводит к ожирению – по крайней мере, у мышей. Также проводим исследования по социальному развитию и целиакии. У нас много идей по поводу того, как применить полученные данные о мышах к людям. Главная цель – помочь восстановиться после перенесенного урона, в том числе разработать стратегии возвращения исчезнувших микробов. Ключевой шаг во всех этих стратегиях – уменьшить дозировку и частоту приема антибиотиков при лечении детей, причем чем быстрее это произойдет, тем лучше.

Моя одиссея, начавшаяся почти тридцать семь лет назад, после того самого большого менингитом, убедила меня, что сейчас – важнейший этап моей карьеры. Годы работы врачом-инфекционистом и научные эксперименты помогли оформить собственную точку зрения на «чуму современности». Я не ожидал, что все так сложится. Но, словно подталкивая, работа переносила меня через долины, горы и океаны научных медицинских исследований. Она же привела к новым идеям о меняющейся современной жизни, которыми я хочу поделиться с вами. Сегодняшняя «чума» – совсем не такая, которая унесла жизни сестер моего отца, но и не менее смертоносная.

## Примечания

1. «...стали намного здоровее» (см. с. 6): В древние времена от трети до половины всех детей не доживали до пяти лет. (См. T. Volk and J. Atkinson, "Is child death the crucible of human evolution?" *Journal of Social, Evolutionary and Cultural Psychology* 2 [2008]: 247-60.) Детская смертность сохранялась высокой и в XIX веке. Даже в 1900 году в некоторых городах США до 30 % младенцев не доживали до первого дня рождения. (См. R. A. Meckel, *Save the Babies: American Public Health Reform and the Prevention of Infant Mortality, 1850–1929* [Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1990].) В XX веке улучшение здравоохранения значительно изменило ситуацию: детская смертность уменьшилась с 100/1000 в 1915 году до 10/100 в 1995

(*Morbidity and Mortality Weekly Report* 48 [1999]: 849-58). В последние полвека детская смертность неуклонно падала (G. K. Singh and S. M. Yu, "U.S. childhood mortality, 1950 through 1993: trends and socioeconomic differentials," *American Journal of Public Health* 86 [1996]: 505-12).

2. «...распространения эпидемии ожирения» (см. с. 7): Хотя увеличение массы тела говорит в первую очередь о том, что в теле остается больше калорий, чем выходит, ожирение – это сложная проблема. Вопрос, все ли пищевые калории равны с точки зрения человеческого обмена веществ, противоречивый. Такие проблемы, как физический и психологический стресс и недостаток сна, могут повлиять (*в сторону увеличения*) на прием пищи. Отсутствие физических упражнений может играть непропорционально большую роль в увеличении веса по сравнению с непосредственным эффектом расходования калорий. Курение матери, обстановка до рождения, гормональные нарушения, добавки к подсолненной пище – все это тоже считается причинами ожирения; есть даже предположения, что роль играют и химические токсины (P. F. Baillie-Hamilton, "Chemical toxins: a hypothesis to explain the global obesity epidemic," *Journal of Alternative and Complementary Medicine* 8 [2002]: 185-92.).

3. «...с 1950 года заболеваемость диабетом возросла на 550 %» (см. с. 7): В развитых странах заболеваемость ювенильным (1-го типа) диабетом стабильно растет. (V. Harjutsalo et al., "Time trends in the incidence of type 1 diabetes in Finnish children: a cohort study," *Lancet* 371 [2008]: 1777-82.) Хотя после почти пятидесяти лет стабильного роста и недавнего периода ускоренного роста заболеваемость выходит на более ровный уровень, возможно, благодаря достижениям здравоохранения. (V. Harjutsalo et al., "Incidence of type 1 diabetes in Finland," *Journal of the American Medical Association*, 310 [2013]: 427-28.) В мировых масштабах ежегодный рост заболеваемостью диабетом 1-го типа сейчас составляет около 3 % (P. Onkamo et al., "Worldwide increase in incidence of Type I diabetes- the analysis of the data on published incidence trends," *Diabetologia* 42 [1999]: 1395-103.).

4. «...почти не отличается от взрослой» (см. с. 10): T. Yatsunen et al., "Human gut microbiome viewed across age and geography," *Nature* 486 (2012): 222- 27. В этом исследовании, сравнив кишечную микробиоту жителей США, Малави и Венесуэлы (индейцев), ученые обнаружили, что состав микробов у младенцев и взрослых заметно отличается. Но чем старше становились дети, тем больше их микробиомы стали напоминать «взрослые». Что важно, этот процесс завершается в три года. Переход от отсутствия микробиоты ко взрослой микробиоте полностью происходит в раннем детстве, с развитием функций ребенка-носителя.

5. «исчезающей микробиотой» (см. с. 10): Гипотеза «исчезающей микробиоты» развивалась в течение многих лет. Несколько моих ключевых работ, посвященных этой теме: "An endangered species in the stomach," *Scientific American* 292 (February 2005): 38–45; "Who are we? Indigenous microbes and the ecology of human disease," *EMBO Reports* 7 (2006): 956-60; вместе с моим очень уважаемым коллегой Стэнли Фэлкоу, "What are the consequences of the disappearing microbiota?" *Nature Reviews Microbiology* 7 (2009): 887-94; "Stop killing our beneficial bacteria," *Nature* 476 (2011): 393-94.

6. «мантию-невидимку» (см. с. 12): Открыть механизмы невидимости *Campylobacter fetus* удалось благодаря серии экспериментов, продолжавшихся почти двадцать лет. Несколько ключевых работ: M. J. Blaser et al., "Susceptibility of *Campylobacter* isolates to the bactericidal activity in human serum," *Journal of Infectious Diseases* 151 (1985): 227-35; M. J. Blaser et al., "Pathogenesis of *Campylobacter fetus* infections. Failure to bind C3b explains serum and phagocytosis resistance," *Journal of Clinical Investigation* 81 (1988): 1434-44; J. Dworkin and M. J. Blaser, "Generation of *Campylobacter fetus* S-layer protein diversity utilizes a single promoter on an invertible DNA segment," *Molecular Microbiology* 19 (1996): 1241-53; J. Dworkin and M. J. Blaser, "Nested DNA inversion as a paradigm of programmed gene rearrangement," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94 (1997): 985-90; Z. C. Tu et al., "Structure and genotypic plasticity of the *Campylobacter fetus* sap locus," *Molecular Microbiology* 48 (2003): 685-98.

7. «...и домашняя кошка (*Felis catus*)» (см. с. 13): К сожалению, таксономия часто бывает сложной, потому что наши домашние кошки также относят к виду *Felis silvestris*, диких лесных кошек, а то и вовсе называют *F. silvestris f. catus*. Впрочем, как кошку ни назови, она будет мяукать.

8. «...есть естественная защита» от него...» (см. с. 13): Основываясь на нашем изучении разновидностей кампилобактерий и реакций на них организмов-носителей, мы начали изучать то же самое и для желудочного кампилобактер-подобного организма (ЖКПО), который какое-то время называли *Campylobacter pyloridis*, потом – *Campylobacter pylori*, а затем наконец у него появилось нынешнее имя, *Helicobacter pylori*. Вот наши первые статьи об этом: G. I. Pérez-Pérez, and M. J. Blaser, "Conservation and diversity of *Campylobacter pyloridis* major antigens," *Infection and Immunity* 55 (1987): 1256-63; and G. I. Pérez-Pérez, B. M. Dworkin, J. E. Chodos, and M. J. Blaser, "*Campylobacter pylori* antibodies in humans," *Annals of Internal Medicine* 109 (1988): 11–17. Эти исследования помогли нам разработать анализ крови (на котором основано большинство современных подобных анализов в США), чтобы определить, есть ли в желудке пациента *H. pylori*.

9. «Хорошая *H. pylori* – мертвая *H. pylori*» (см. с. 13): В ответ на мою статью в *Lancet* (M. J. Blaser, "Not all *Helicobacter pylori* strains are created equal: should all be eliminated?" *Lancet* 349 [1997]: 1020-22) Дэвид Грэхэм написал письмо в редакцию: «Хорошая *Helicobacter pylori* – мертвая *Helicobacter pylori*» (*Lancet* 350 [1997]: 70–71). Это стало доминирующей идеей нынешней эпохи.

10. «...нормальной микрофлоры нашего кишечника» (см. с. 13): *Флора* – это старое название бесчисленной совокупности микроорганизмов, живущих в людях. Когда-то мы называли их «нормальной флорой». Но бактерии – не растения, и микроорганизмы, живущие в нас, очень малы и разнообразны. Теперь мы называем эти микроорганизмы нашей *микробиотой*. А все отношения между микробиотой и нами, а также членов микробиоты между собой называются *микробиомом*.

## Глава 2. Наша микробная планета

Первоначально, 4,5 миллиарда лет назад, наша планета была безжизненной сферой из расплавленного металла. Но через миллиард лет океаны уже кишели свободно живущими клетками. Каким-то образом, еще не совсем ясным для науки, в этих первобытных морях зародилась жизнь. Одни говорят, что первые «кирпичики» жизни прилетели пылью из открытого космоса – это так называемая гипотеза панспермии. Другие считают, что самовоспроизводящиеся молекулы возникли в залежах глины на дне океана, в горячих гидротермальных источниках, или в пенных пузырях, появлявшихся, когда волны разбивались о скалы. У нас по-прежнему нет точного объяснения, как же все началось.

И все же мы более-менее понимаем, как благодаря простым правилам появилась богатая и разнообразная жизнь нашей планеты и продолжают появляться сложные организмы. Вся биология основывается на незыблемых принципах эволюции, конкуренции и сотрудничества, возникших в первобытных океанах.

Мы живем на микробной планете, где полностью доминируют формы жизни, не видные невооруженному глазу. Около 3 миллиардов лет бактерии были единственными живыми обитателями Земли. Они жили повсюду – на земле, в воде и воздухе, запуская химические реакции, создавая биосферу и условия для эволюции многоклеточной жизни. Они же создали кислород, которым мы дышим, почвы, которые возделываем, пищевые сети для наших океанов. Медленно, неумолимо, с помощью проб и ошибок в бездне времени они построили сложные и прочные системы обратной связи, и по сей день поддерживающие всю жизнь на Земле.

Человеку очень трудно представить себе эту бездну времени, миллиарды лет деятельности микробов, которые превращали неорганическую материю в живую. Эта идея произошла из геологии – из нашего понимания, как континенты формировались, дрейфовали, расходились, врезались друг в друга, создавая горные цепи, которые затем подвергались миллионам лет эрозии ветром и дождем. Тем не менее бактерии жили на Земле задолго до появления гигантских суперконтинентов Лавразии и Гондваны, образовавшихся полмиллиарда лет назад; именно они – родоначальники нынешних континентов.

Джон Макфи в одной из своих классических книг привел замечательную аналогию с местом человечества в этой огромной хронологии: «Давайте представим, что вся история человечества – это один старый английский ярд, равнявшийся расстоянию от носа короля до кончика его вытянутой руки. Стоит один единственный раз провести по ногтю среднего пальца пилочкой, и вы сотрете всю человеческую историю» [1, см. с. 25].

Или вот другое. Если 3,7 миллиарда лет жизни на Земле представить в виде 24-часовых суток, то наши предки-гоминиды появились бы за 47–96 секунд до полуночи. Наш собственный вид, *Homo sapiens*, – за 2 секунды до полуночи.

Но есть еще кое-какие потрясающие данные, которые по-настоящему позволяют оценить, насколько огромен мир микробов. Они не видны невооруженным глазом, за несколькими исключениями, лишь подтверждающими правило [2, см. с. 25]. Миллионы могут одновременно пройти через ушко одной иголки. Но если собрать всех вместе, их будет не только больше, чем всех мышей, китов, людей, птиц, насекомых, червей и деревьев, вообще всех видимых форм жизни на Земле, вместе взятых: они окажутся еще и тяжелее. Задумайтесь об этом. Невидимые микробы составляют большую часть биомассы Земли: млекопитающие, пресмыкающиеся, морская живность и т. д.

Без микробов мы не могли бы есть и дышать, а вот без нас почти все они жили бы отлично.

Термин «микроб» относится к нескольким типам организмов. В этой книге говорится в основном о домене бактерий, также называемых «прокариотами», – об одноклеточных безъ-

ядерных организмах. Но это вовсе не означает, что они примитивны. Бактериальные клетки – полностью самостоятельные существа: они могут дышать, двигаться, есть, избавляться от выделений, защищаться от врагов и, что важнее всего, размножаться. Они бывают самых разных форм и размеров. Есть похожие на мяч, морковь, бумеранг, запятую, змею, кирпич, даже треножник. Все великолепно адаптированы к жизни в этом мире, в том числе и те, кто живет в телах и на них.

Когда они нас покидают, начинаются большие проблемы.

Еще один микробный домен, *археи*, с первого взгляда напоминает бактерии, но, как говорит само название, это очень старая, глубокая ветвь древа жизни с иной генетикой, биохимией и независимой эволюционной историей. Их обнаружили в экстремальных средах, в частности горячих источниках и соленых озерах, но на самом деле археи можно найти во многих нишах, в том числе в человеческом кишечнике и пупке.

Третья ветвь микробной жизни – *эукариоты*, одноклеточные организмы с ядром и другими органеллами, которые являются «кирпичиками» для строительства более сложных, многоклеточных форм жизни. За последние 600 миллионов лет от эукариот произошли насекомые, рыбы, растения, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие – вся «большая» жизнь, от муравьев до секвойи. Впрочем, некоторые примитивные относят к микробам, в том числе грибы, водоросли, некоторые амёбы и слизистую плесень.

Вот еще один пример, который поможет оценить масштабы. Все знают, что такое семейное древо. Вы расставляете на нем своих предков – родителей, бабушек и дедушек, прабабушек и прадедушек и т. д., причем их количество растет с каждым поколением. Теперь представьте семейное древо всей жизни на Земле – тут столько разных форм жизни, что оно больше похоже на куст с ветками, торчащими во все стороны. Представьте на секунду, что это круглый куст, в котором первое поколение – самый первый живой организм – находится в центре, а ветки торчат наружу. Затем поместим куда-нибудь нас, людей, допустим, на восемь часов, если смотреть по циферблату.

Теперь вопрос. Где находится форма жизни, которую мы называем «кукуруза» и которая растет на наших полях? Вы, наверное, посчитаете, что она вряд ли находится слишком близко к нам, в конце концов это же зеленое растение. Наверное, где-то на противоположной стороне куста. А вот и нет, кукуруза находится примерно в точке 8:01. Если люди и кукуруза настолько близкие, как оказалось, родственники, кто же занимает остальные ветки? Ответ: по большей части бактерии. Например, расстояние между *E. coli* и *Clostridium* – двумя часто встречающимися – намного больше, чем между нами и кукурузой [3, см. с. 25]. Человечество – всего лишь песчинка в мире, населенном микроорганизмами. Нужно привыкать к этой идее.

А еще есть и вирусы, которые, строго говоря, неживые; они распространяются, вторгаясь в живые клетки и пользуясь их ресурсами. Вспомним грипп, простуду, герпес и ВИЧ, которые считаются проблемой человечества. Но большинство в этом мире вообще нами не интересуются: они заражают клетки бактериальные, а не животные типа наших. Их количество в океанских водах не поддается никакому исчислению: больше, чем звезд во Вселенной. За миллиарды лет сражений между вирусами и микробами и те и другие разработали оружие для убийства друг друга. На самом деле один из возможных способов лечения бактериальных инфекций – использование *фагов*, вирусов, убивающих бактерии. Эту идею я затрону ближе к концу книги.

В нашем мире обитает (и формирует его) множество разных микробов, но сосредоточимся в основном на бактериях и на том, что происходит, когда мы без разбора убиваем их мощными лекарствами. Есть, конечно, немало эукариот (например, *Plasmodium falciparum*, один из главных возбудителей малярии), вызывающих сильнейшие страдания, но проблемы, которые они доставляют, другого рода. Вирусов, которые приносят большой вред, тоже хватает – вспомните хотя бы ВИЧ, они не лечатся антибиотиками. Но это отдельная тема и отдельная книга.

\* \* \*

Микробы живут везде, куда ни посмотри. В океане их столько, что и представить невозможно, хотя некоторые оценки дают определенное понимание. Не менее 20 миллионов (а возможно, и миллиарда) типов микробов составляют 50–90 % океанской биомассы. Количество таких клеток в столбе воды (от поверхности моря до дна) превышает  $10^{30}$ , или нониллион (тысячу миллиардов миллиардов миллиардов). Весят они столько же, сколько 240 миллиардов африканских слонов [4, см. с. 25].

Международная перепись океанских микроорганизмов, проект длиною в десять лет, собравший образцы морских микробов из 1200 разных мест, утверждает, что различных родов микроорганизмов на самом деле в сто раз больше, чем считалось ранее. В каждом изученном месте некоторые обязательно доминировали и количественно, и по активности. Но, к удивлению, обнаружилось немало таких, кто представлен популяциями менее десяти тысяч особей (для бактерий это мизерное число), в том числе одиночными экземплярами. Ученые сделали вывод, что многие редкие бактерии вошли в режим ожидания, готовясь к расцвету и доминированию, как только условия окружающей среды окажутся подходящими. То же верно и для микробов, обитающих в наших телах. Способность «прятаться» немногочисленными колониями в течение длительных периодов, а затем спонтанно «расцветать» – это важный аспект их жизни.

Многие морские микробы – так называемые экстремофилы. Они живут в гидротермальных источниках, где кипящая вода, богатая серой, метаном и водородом, поднимается из мантии и встречается с ледяной водой, формируя конусообразные расщелины. Это адская смесь кислот и тяжелых химикатов, но даже в таких условиях, без кислорода и солнечного света, процветают богатые сообщества. То же самое видим в горячих прудах и гейзерах Йеллоустонского национального парка в Вайоминге и в пузырящемся битумном озере на острове Тринидад в Карибском море. Бактерии живут и в огромных ледниках Антарктики, и в ледяных глубинах Северного Ледовитого океана.

Океанское дно, состоящее из темных вулканических пород и составляющее 60 % земной поверхности, служит домом, пожалуй, самой большой популяции микроорганизмов на планете. Они живут за счет энергии, получаемой от реакции горных пород с водой.

Недавно были обнаружены бактерии, которые едят частицы пластика, плавающие в Мировом океане. Это медленный процесс, и все же не менее тысячи различных видов участвуют в превращении «пластисферы» в более здоровую биосферу. Мы не делали ничего, чтобы стимулировать их, разве что кидали пластиковый мусор в океан. Некоторые добрались до него, и тем, кому такая еда пришлась по вкусу, стали быстрее размножаться – вот вам естественный (пластиковый) отбор в действии [5, см. с. 25].

В самом глубоком месте на Земле, в Марианской впадине, недавно обнаружили активное сообщество микроорганизмов, причем там в десять раз больше бактерий, чем в осадочных породах окружающей впадину абиссальной равнины. Гигантские «ковры» размером с Грецию живут на дне океана у западного побережья Южной Америки, питаются сероводородом.

Ветры, в том числе ураганные, поднимают немало микроорганизмов в воздух; некоторые выживают и даже остаются там. Вокруг формируются частички льда, снежинки, и возникают перистые облака. Они оказывают влияние на погоду и климат, перерабатывают питательные вещества и разлагают загрязняющие.

На поверхности Земли микробы заведуют почвой – одним из самых драгоценных ресурсов. Запущены проекты по сбору почвенных бактерий в разных уголках мира, некоторые эксперты называют это «поисками темной материи Земли» по аналогии с изучением природы неизведанных просторов космоса.

Живут они и в горных породах. Например, на золотом прииске Мпоненг в ЮАР выживают благодаря радиоактивному распаду: уран разделяет молекулы воды, а получившийся свободный водород объединяют с сульфат-ионами, получая пищу. Больше того, они едят даже золото. *Delftia acidovorans* с помощью особого белка превращает ионы золота, ядовитые для нее, в инертную форму, которая осаждается из окружающей воды и формирует минеральные залежи. Самая же живучая бактерия в мире, *Deinococcus radiodurans*, живет в радиоактивных отходах.

Но мой любимый пример описали несколько лет назад. Геологи бурили исследовательскую скважину и изучали извлеченные оттуда керны. Один, который достали с глубины в милю, состоял всего из трех компонентов: базальта (коренной породы), воды и бактерий – множества бактерий [6, см. с. 26]. Они жили и размножались на диете из камней и воды.

Мы знаем, что наша планета обитаема благодаря микроорганизмам. Они разлагают мертвую материю – это очень ценная услуга. Кроме того, превращают инертный азот из атмосферы в свободный, которым могут пользоваться живые клетки. И тем самым приносят пользу растениям и животным. После утечки нефти в скважине Deep Water Horizon в Мексиканском заливе бактерии съели большую часть загрязняющих веществ, потому что сумели приправить питательные вещества в нефти азотом из воздуха, устроив себе комплексный обед.

Наконец, целые отрасли промышленности основаны на их работе: изготовление хлеба, который мы едим, алкогольных напитков, которые пьем, современных лекарств, разработанных биотехнологической отраслью. Вполне можно утверждать, что микроорганизмы способны провести любой необходимый нам химический процесс. В огромном разнообразии кроются неслыханные возможности. Нужно лишь четко определить проблему и найти бактерии, которые могут ее решить, или изменить их с помощью генной инженерии.

\* \* \*

История микроорганизмов – это сага о бесконечных войнах и сотрудничестве. Поскольку многие знакомы с дарвиновскими идеями о конкуренции и выживании наиболее приспособленных видов, начнем именно оттуда.

Тщательные наблюдения Дарвина показали, что индивидуальные представители вида всегда отличаются, в качестве примера возьмем птиц или людей. Ученый разработал теорию эволюции, выдвинув постулат, что при существовании различных вариантов природа «отберет» тот (или тех), кто наиболее адаптирован («приспособлен»), кто лучше всего использовал свой цикл жизни и оставил потомство. Именно они побеждают в конкуренции с другими видами и со временем начнут количественно превосходить их. Возможно, даже вызовут вымирание последних. Естественный отбор – причина часто упоминаемого «выживания наиболее приспособленных». Но Дарвин не знал, что тот же принцип можно отнести к микробам. Как и мы, он сосредоточился в первую очередь на том, что видел своими глазами, – растениях и животных. Но на деле едва ли не лучшие доказательства естественного отбора удалось получить с помощью наблюдений и экспериментов именно над микроорганизмами.

Например, я могу вырастить культуру распространенной кишечной бактерии *E. coli* [7, см. с. 26], поместив немного существующих клеток в чашку с питательным веществом. За ночь в теплом инкубаторе она может дать до 10 миллиардов новых клеток. Вся чашка будет покрыта настолько плотным ковром, что отдельные колонии различить невозможно. А теперь предположим, что я сделал такой же посев в другую чашку, но добавил стрептомицин – антибиотик, убивающий большинство штаммов *E. coli*. На следующее утро я увижу всего десяток изолиро-

ванных колоний размером с миниатюрный прыщик, в каждой из которых будет от силы миллион клеток. Каждое скопление происходит от одной-единственной, которая пережила контакт с антибиотиком, а затем размножилась. Как объяснить разницу в результатах между посевом со стрептомицином и без него?

Во-первых, мы видим, что антибиотик сработал. Вместо 10 миллиардов клеток всего 10 миллионов, то есть в тысячу раз меньше. Можно сказать, что антибиотик убил 99,9 % клеток, позволив выжить лишь малому количеству. Но все же лекарство сработало не полностью. Некоторым удалось выжить. Так почему же одни клетки уцелели, а другие – нет? Просто повезло? И да и нет.

Везение состоит в том, что клетки, резистентные к стрептомицину, имеют вариант гена, необходимого всем *E. coli* для выработки белков, без которых они не смогут существовать. Он не очень эффективен, но его хватает, чтобы помочь резистентным штаммам выжить и произвести потомство. Остальные же умирают, потому что антибиотик вмешивается в действие обычной версии того же белка.

Генетические варианты, обеспечивающие это свойство, появляются интересным образом. Вполне возможно, что у некоторых клеток (в данном примере – десяти) из исходной культуры в миллиард был подобный вариант гена. Эти клетки существовали изначально. Описывая эксперимент в дарвиновских терминах, можно сказать, что стрептомицин «отбирает» в популяции варианты с резистентной формой гена, а вот отсутствие антибиотика в окружающей среде «отбирает» более эффективную, но уязвимую к нему обычную форму. Количество *E. coli* с данным свойством зависит от того, как часто и как давно они контактировали со стрептомицином. Это простой пример естественного отбора, но конкуренция вечна. Пусть победит сильнейший микроб.

Одни конкурируют с другими, охотятся на них и даже эксплуатируют, но есть и бесчисленные примеры сотрудничества и синергии. Например, если кишечная бактерия *Bacteroides* может очистить химическое вещество в окружающей среде, мешающее развитию *E. coli*, то это выгодно второй. Одностороннее полезное отношение такого рода называется *комменсализмом*.

Еще более сильным бывает взаимодействие, если оно выгодно обеим сторонам. Представьте, что выделения *E. coli* служат хорошим источником пищи для *Bacteroides*. В таком случае два этих вида будут собираться в одной среде. Оба всего лишь следуют собственной программе, но при этом помогают друг другу. Это *симбиоз*.

В иных условиях создают симбиоз другие бактерии. Например, в быстром ручье бактерия А поедает выделения бактерии Б, а также прилипает к острым краям камней. Бактерия В прилипает не умеет, но может прицепляться к бактерии А. Бактерия Б производит вещество, питательное для В. Вот вам и ситуация, где бактерии А, Б и В будут встречаться вместе, причем к выгоде для всех трех.

За более чем 4 миллиарда лет эволюции бактерий, учитывая, что некоторые делятся каждые двенадцать минут, а также их астрономическое количество, вариантов было практически бесконечное множество. Благодаря этому постоянному процессу появились отдельные бактерии, населившие все доступные ниши на Земле.

Иногда они стабильно живут вместе, формируя консорциум. Подобные кооперативные группы в изобилии встречаются в окружающей среде – в почве, ручьях, гниющих бревнах, горячих источниках – практически везде, где есть жизнь. Самое древнее однозначное доказательство существования жизни – это окаменевшие цианобактериальные маты возрастом 3,5 миллиарда лет, найденные в Австралии. Консорциумы, состоявшие из огромных лежащих друг на друге листов, – полноценные миниатюрные экосистемы. Скорее всего, одни занимались фотосинтезом, другие дышали кислородом, третьи осуществляли ферментацию, четвертые ели необычные неорганические соединения. То, что для одного вида – еда, для другого – яд. Собравшись в слои и объединив усилия, они смогли обеспечить выживание для всех.

Существуют микроорганизмы, которые умеют создавать вокруг себя слои вещества, похожего на желатин. Этот плотный гель называется *биопленкой*. Состав бывает разным, но он защищает бактерию от высыхания, избыточной жары, нападения иммунной системы. Его существование объясняет присутствие бактерий в самых жестоких условиях.

Микробы образуют консорциумы и огромные сети сотрудничества не только в почве, океане или каменистых поверхностях, но и в животных. В человеческом теле это главные персонажи моей истории про «пропавших микробов». Великий биолог Стивен Джей Гоулд дал нам точку отсчета для всей земной биологии, написав:

Мы живем в эпоху бактерий (как было вначале, как есть сейчас и как должно быть всегда, пока миру не настанет конец...) [8, см. с. 26]

Вот контекст человеческой жизни – и передний, и задний ее план.

## Примечания

1. «...и вы сотрете всю человеческую историю» (см. с. 18): J. McPhee, Basin and Range, book 1 in *Annals of the Former World* (New York: Farrar, Straus & Giroux, 1998).

2. «...за несколькими исключениями, лишь подтверждающими правило» (см. с. 18): H. N. Schulz et al., "Dense populations of a giant sulfur bacterium in Namibian shelf sediments," *Science* 284 (1999): 493-95. Но такие большие микробы – аномалия в мире, где доминируют микроскопические формы.

3. «...между нами и кукурузой» (см. с. 19): N. Pace, "A molecular view of microbial diversity and the biosphere," *Science* 276 (1997): 734-40. Карл Вёзе, Норман Пэйс и другие считают, что бактерии – первая форма жизни, зародившаяся на Земле.

4. «...240 миллиардов африканских слонов» (см. с. 20): W. B. Whitman et al., "Prokaryotes: The unseen majority," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95 (1998): 6578-83; J. S. Lipp et al., "Significant contribution of Archaea to extant biomass in marine subsurface sediments," *Nature* 454 (2008): 991-94; M. L. Sogin et al., "Microbial diversity in the deep sea and the underexplored 'rare biosphere,'" *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(2006): 12115-20.

5. «...отбор в действии» (см. с. 21): Бактерии, поедающие пластик. T. Suyama et al., "Phylogenetic affiliation of soil bacteria that degrade aliphatic polyesters available commercially as biodegradable plastics," *Applied and Environmental Microbiology* 64 (1998): 5008-11; E. R. Zettler et al., "Life in the 'plastisphere': microbial communities on plastic marine debris," *Environmental Science and Technology* 47 (2013): 7137-46.

6. «...воды и бактерий – множества бактерий» (см. с. 22): T. O. Stevens and J. P. McKinley, "Lithoautotrophic microbial ecosystems in deep basalt aquifers," *Science* 270 (1995): 450-54.

7. «...распространенной кишечной бактерии *E.coli*» (см. с. 23): Формальное название *E.coli* – *Escherichia coli*, в честь Теодора Эшериха, немецкого врача, открывшего ее в 1885 году в фекалиях здоровых людей и назвавшего *Bacterium coli commune*. В начале XX века ее переименовали в *Escherichia coli*. Хотя это самая известная бактерия в человеческом желудочно-кишечном тракте, на самом деле она обычно составляет не больше тысячной доли всех присутствующих в кишечнике бактерий. Поскольку *E. coli* очень легко вырастить в культуре, она стала модельным организмом для изучения биологии, биохимии и генетики клеточной жизни. У многих из пяти тысяч генов *E. coli* есть аналоги в человеческом теле.

8. «...и как должно быть всегда, пока миру не настанет конец» (см. с. 25): В 1993 году С. Дж. Гоулд написал рецензию в *Nature* на новую тогда книгу Э. О. Уилсона «Разнообразие жизни», где сказал, что Уилсон уже знает, что не существует какой-либо отдельной эпохи

пресмыкающихся и млекопитающих; все они – лишь части вечной эпохи бактерий, и он об этом говорит (S. J. Gould, "Prophet for the Earth: Review of E. O. Wilson's 'The diversity of life'," *Nature* 361 [1993]: 311-12.).

## Глава 3. Микробном человека

Задумайтесь ненадолго о своих жизненно важных органах. Сердце, мозг, легкие, почки и печень – сложные структуры, выполняющие необходимые функции для поддержания жизни. Каждое мгновение, и днем и ночью, они перекачивают жидкости, переносят отходы, принимают воздух и питание, передают сигналы, которые позволяют нам чувствовать мир и передвигаться по нему. Когда в результате болезни или травмы отказывает любой из этих органов, мы умираем. Все просто.

А если я вам скажу, что есть еще один жизненно важный «орган», который поддерживает жизнь, но которого вы никогда не видели? Он находится на нас и внутри нас, и лишь недавно мы поняли, какую важную роль играет в поддержании нашего здоровья.

Возможно, самое интересное то, что эта часть тела кажется совершенно чуждой. Она состоит не из человеческих клеток и сделана не по чертежам человеческих генов. Это триллионы маленьких живых существ, микробов и их родственников. Вы, может быть, решите, что называть подобное собрание жизненно важным органом уже чересчур, но именно это и представляет собой микробном с функциональной точки зрения. В отличие от мозга и сердца его развитие начинается не в утробе, а с момента рождения. В первые несколько лет жизни его развитие продолжается благодаря получению микробов от людей, окружающих нас. Но не обманывайте себя. Потерять сразу весь свой микробном – практически то же самое, что лишиться печени или почек. Если при этом не будете жить в скафандре, долго не протянете.

Микроорганизмы, живущие в нашем теле, – не просто случайная смесь всех видов, обитающих на Земле. Скорее, каждое существо эволюционировало совместно со своим набором микробов, которые осуществляют метаболические и защитные функции. Иными словами, они работают на нас. Есть микробном у морской звезды и у акулы, есть даже у губки. У рептилий, у каждой совы, голубя и шалашника. Когда выживает вид, выживают и они. Млекопитающие, от маленьких лемуров до дельфинов и от собак до людей, полны микроорганизмов, специализирующихся на поддержании в них жизни и хорошего самочувствия.

Микробы – симбионты [1, см. с. 42] – предоставляют носителю, в котором обитают, жизненно необходимые услуги в обмен на кров и пищу.

Термиты могут переваривать дерево исключительно благодаря бактериям в их кишечнике. Коровы усваивают питательные вещества из травы, которую едят, благодаря микробам в их четырехкамерном желудке. Даже у тли они есть, в том числе группа *Buchnera*, впервые поселившаяся в них более 150 миллионов лет назад. Эти микроорганизмы имеют ключевые метаболические гены, которые помогают производить белки – благодаря им тля может употреблять в пищу богатый сахарами сок растений. В свою очередь, жучки являются для *Buchnera* отличным домом. Взаимовыгодная ситуация. Ученые построили эволюционное семейное дерево и для *Buchnera*, и для тлей. Сравнивая структуру обоих деревьев, мы видим, что они почти одинаковы. Вероятность того, что это случайное совпадение, стремится к нулю. Единственный возможный ответ – совместная эволюция: тля и живущие в них бактерии [2, см. с. 42] взаимно влияли на развитие друг друга в течение более чем 100 миллионов лет.

Если присмотреться к микробному млекопитающих, видно, что гены, отвечающие за производство красных кровяных телец и белков в теле человека, сравнимы с похожими генами других млекопитающих. Ваши бактерии – часть большого семейного дерева. В этом смысле микробный состав может считаться наследственным маркером и помогает объяснить, почему вы больше похожи на обезьян, а не на коров [3, см. с. 42]. Возникает интересный вопрос: это происходит из-за животных или микробных «генов»? Люди всегда считали, что верен первый вариант, но не исключено, что и второй. Скорее всего, в какой-то степени и то и другое.

Как уже упоминалось, ваше тело – это экосистема, такая же, как коралловый риф или тропические джунгли: сложная организация, состоящая из взаимодействующих живых организмов. И для любой из них критически важно разнообразие. В джунглях, например, это все виды деревьев, лиан, кустов, цветковых растений, папоротников, водорослей, птиц, пресмыкающихся, земноводных, млекопитающих, насекомых, грибов и червей. Широкое разнообразие защищает обитателей экосистемы, потому что благодаря их взаимодействию возникают прочные сети захвата и круговорота ресурсов. Его потеря приводит к болезни или даже к коллапсу системы, если погибает «краеугольный камень» – вид, который оказывает непропорционально большое в сравнении с численностью влияние на окружающую среду. Например, когда семьдесят лет назад из Йеллоустонского парка выгнали волков, пережила взрывной рост популяция лосей. Внезапно они смогли безопасно поедать (и в конце концов уничтожили полностью) ивы, растущие на берегах речек. Численность певчих птиц и бобров, которые строили из ее веток гнезда и плотины, резко сократилась. Эрозия рек заставила водоплавающих птиц покинуть регион. Из-за отсутствия убитой волками падали на спад пошла популяция воронов, орлов, сорок и медведей. Увеличение численности лосей привело к уменьшению численности бизонов из-за конкуренции за пищу. В парк вернулись койоты и поели мышей, которыми раньше питались многие птицы и барсуки. И так далее и так далее – сложная сеть взаимодействий разрушилась, когда из нее вынули краеугольный камень. Эта концепция применима и к «большому» миру, и к вашему микробному, где история исчезновения желудочной бактерии *Helicobacter pylori*,

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.