

Сюзанна Тиле



КАК
МИКРОБЫ

ВЛИЯЮТ НА НАШУ ЖИЗНЬ

Новое и удивительное
о многогранных
соседях

**В случае появления
СИМПТОМОВ СПРОСИТЕ
СВОЮ ДВЕРНУЮ РУЧКУ**



Сюзанна Тиле

**Как микробы влияют на нашу
жизнь. Новое и удивительное
о многогранных соседях**

«Попурри»

2019

Тиле С.

Как микробы влияют на нашу жизнь. Новое и удивительное о многогранных соседях / С. Тиле — «Попурри», 2019

ISBN 978-985-15-5206-7

В этой книге микробиолог и писательница Сюзанна Тиле рассказывает о том, какие микроорганизмы окружают нас в обыденных, привычных и – казалось бы – почти стерильных условиях. Вы узнаете о том, кто такие микробы, откуда они взялись, какие из них дружелюбны человеку, а какие приносят нам вред. Вместе с автором вы совершите необычную экскурсию по квартире: прихожая, кухня, ванная комната, гостиная и детская заселены несчетным количеством микроорганизмов, влияние которых на нашу жизнь огромное и не всегда положительное. Автор рассказывает о научных исследованиях легко и с юмором. В конце каждой главы вы найдете полезные советы и правила для того, чтобы сделать свою жизнь безопасной и комфортной.

ISBN 978-985-15-5206-7

© Тиле С., 2019
© Попурри, 2019

Содержание

Предисловие	6
Часть первая	8
1. Планета микробов	8
Кто такие микробы?	9
Маленький, маленький мир: невидимая вселенная	11
Латынь для микроорганизмов	13
Занимаются ли бактерии сексом?	14
С днем рождения, жизнь!	16
Бактерии везде – от начала до конца	18
Человек – это только капля в море микробов	19
Микробы подозреваются в рекордах	21
Все дело в сотрудничестве	22
2. Добрые микробы, злые микробы	25
Конец ознакомительного фрагмента.	27

Сюзанна Тиле

Как микробы влияют на нашу жизнь

Новое и удивительное о многогранных соседях

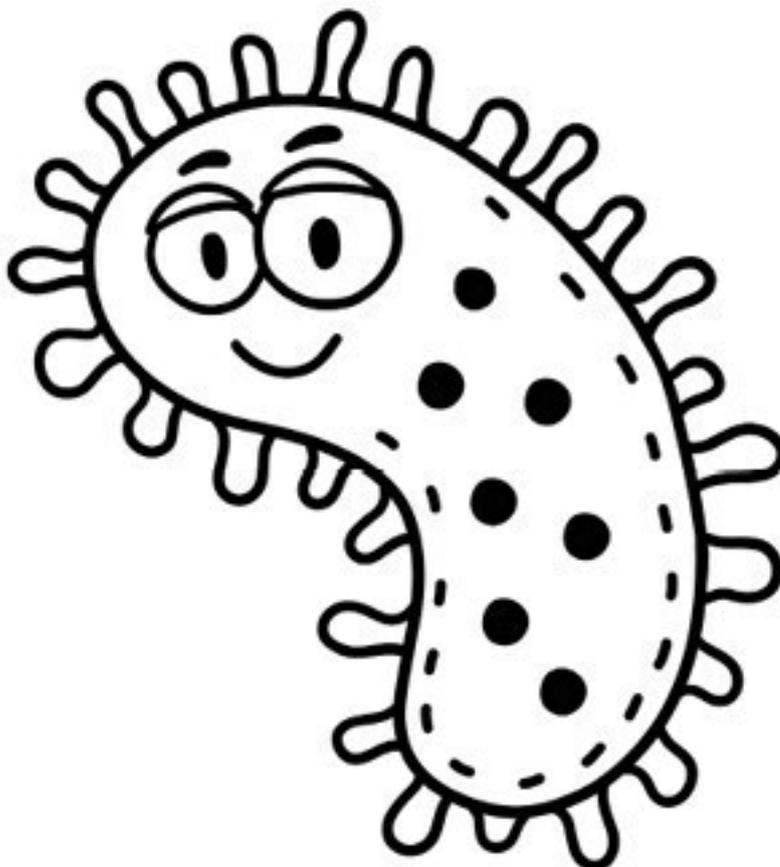
Original title: Zu Risiken und Nebenwirkungen fragen Sie Ihre Türklinke by Susanne Thiele.
Illustrations based on motives by Isabel Klett.

© 2019 by Wilhelm Heyne Verlag a division of Verlagsgruppe Random House GmbH,
München, Germany

© Перевод, оформление, издание на русском языке. ООО «Попурри», 2021

Мы формируем наши дома, а затем наши дома формируют нас.
Уинстон Черчилль¹

*Мы поколение прикосновений. Мы делимся поверхностями более,
чем когда-либо в истории.*
Чарльз Герба, микробиолог²



¹ Цитата Уинстона Черчилля взята из его известной речи в Палате общин (1944).

² Чарльз Герба, по прозвищу «Доктор Бацилла», микробиолог и профессор Аризонского университета, цитируется по интервью в The Sydney Morning Herald (2012).

Предисловие

Любите ли вы микробов? Или мысль об этих крошечных формах жизни заставляет вас взять в руки дезинфицирующее средство? Бактерии, грибы, вирусы... У этой группы микроорганизмов ужасно плохой имидж. Новости об эпидемиях и отвратительных болезнях являются причиной наших страхов, герои которых – возбудители заболеваний. Дети вырастают на рассказах о вредных зубных троллях Кариусе и Бактериусе. Целые полчища охотников за микробами вступили в борьбу с ними. Роберт Кох, Луи Пастер и Рудольф Вирхов смогли добиться важных этапных побед в состязании с нашими опасными соседями. Тем не менее страх перед микробами все еще очень глубок, пусть даже чума и холера давно оставили Европу в покое.

Большинство из нас сегодня очень хорошо осведомлены об опасности и свойствах болезнетворных микробов. Гигиена в наши дни возведена в культ. В целях домашнего использования люди вооружаются специальными средствами бытовой химии, у многих дома так же чисто, как в операционной. Современные боеприпасы хозяек, приобретаемые в целях дезинфекции, такие, например, как спрей для ванны, призваны убить все, что движется. Многие убеждены, что «хороший микроб – мертвый микроб». Слово «антибактериальный» приобрело исключительно положительный смысл. Мы с удовольствием пользуемся мылом, средствами для ухода за кожей, чистящими и моющими, которые в рекламе фигурируют как «антибактериальные». В большинстве домов более вероятны проблемы с молью, чем с микробами.

Между тем микробы обладают прекрасными свойствами. Это самые маленькие и наиболее успешные живые организмы на земле, они населяют даже самые негостеприимные места. Нормализуют пищеварение в нашем кишечнике и благотворно влияют на окружающую среду, разлагая органические вещества и очищая сточные воды. Только благодаря бактериям и грибам еда обретает вкус и может храниться долгое время. Йогурт, сыр или пиво не существовали бы без наших микроскопических помощников. Вы все еще думаете, что ванная комната, кухня, холодильник и раковина всегда должны содержаться в идеальной чистоте?

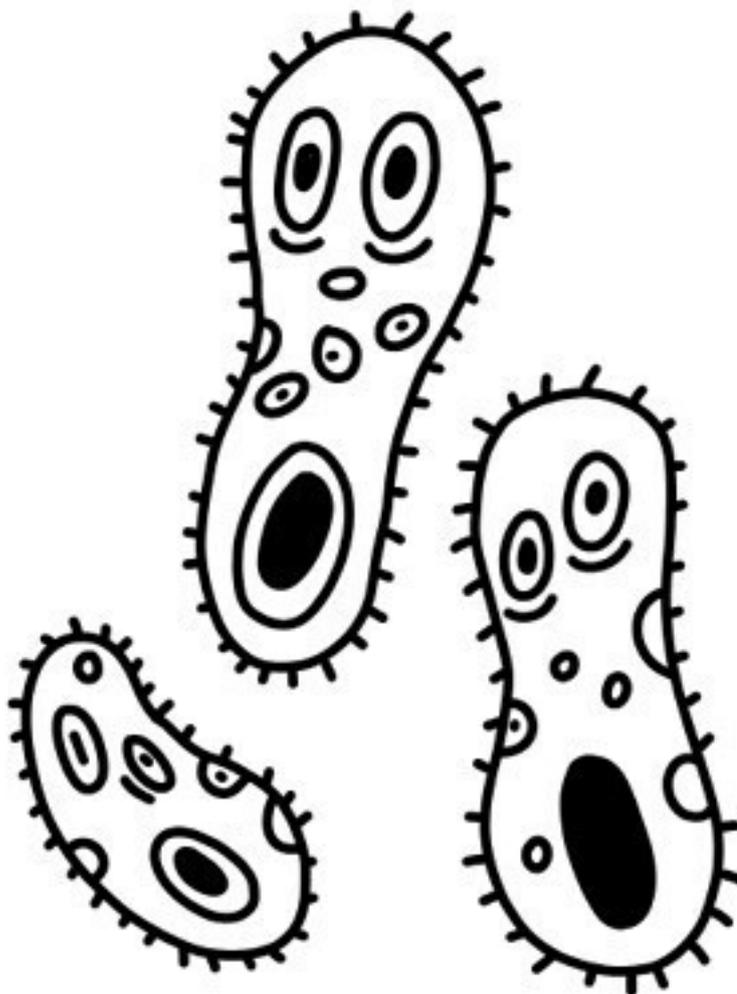
Наше отношение к микробам изменилось только в последнее десятилетие. С тех пор как ученые начали исследовать человеческий микробиом, особенно микрофлору кишечника, на первый план вышло позитивное взаимодействие между нами и нашими крошечными сожителями. И интерес к сосуществованию человека и микроорганизмов продолжает расти. В 2014 году в Амстердаме появился первый микробный зоопарк «Микропия», где взрослые и маленькие посетители могут поближе познакомиться с захватывающим микрокосмом. Еще не так давно это невозможно было себе представить. В мае 2017 года у меня была возможность изучить «Микропию» со своей семьей, если можно так сказать, сделать полевое исследование. Я нашла один из источников вдохновения для этой книги в светящейся панели размером в рост человека, которая сплошь была покрыта пробирками разных цветов с микроорганизмами из нашей повседневной жизни: бактериями, что сидят на наших зубных щетках, приветствуют нас на дверных ручках или живут в пылесосе; с плесневыми грибами, которые вместе с нами принимают душ или укладываются спать. Пестрое видовое разнообразие наших повседневных спутников невероятно. К настоящему моменту исследователям известна лишь малая часть микроорганизмов, обитающих вокруг нас, и часто они не знают точно, как эти крошечные существа функционируют в своей экосистеме.

Микробы вездесущи в нашей жизни. В нормальных условиях абсолютной стерильности не существует. Да она и не нужна. Могу успокоить вас уже сейчас: лишь немногие из наших маленьких соседей, что встречаются в домашнем хозяйстве, вызывают болезни. Конечно, есть среди них парочка паршивых овец. Но только 0,1 процента видов микробов на Земле могут быть возбудителями заболеваний у людей. Большинство бесчисленных микроорганизмов в нашей среде не причиняют нам вреда. Эти крошки даже обогащают вашу жизнь.

Взгляните вместе со мной в этой книге, словно под микроскопом, на невидимую вселенную в вашем доме. В первой части я познакомлю вас с миром микробов, он полон вздымающихся жгутиков и пузырьковых газов, а некоторые микроорганизмы явно идут на рекорд. Мы докопаемся до нашего исторически обоснованного страха перед микроорганизмами и поймем, почему они так важны для нас. Узнаем, кто в ходе истории поселился вместе с нами у нас дома, а с кем мы и сейчас прекрасно сосуществуем.

Взяв эти знания на вооружение, мы во второй части отправимся в экспедицию по домашнему микробному зоопарку: стартуем в коридоре, затем обойдем кухню, ванную комнату, гостиную и спальню и завершим путешествие в детской комнате. Обратим внимание и на четвероногих членов семьи – собак и кошек, а также их микроскопических «постояльцев». Гуляя по дому, вы ближе познакомитесь со своими маленькими сожителями и узнаете много нового о том, как жить вместе с ними и оставаться здоровыми.

Добро пожаловать в занимательное путешествие по вашему дому и по царству самых маленьких и в то же время столь могущественных существ. Шагните в этот невидимый мир и побывайте в фантастических историях, где главная роль отведена мини-героям. Вас ждут увлекательные факты и даже сюрпризы. Давайте начнем прямо с вашего дивана!



Часть первая Невидимые миры



1. Планета микробов



Мы живем в мире микробов, маленьких невидимых существ, находящихся за пределами нашего воображения. И считаем их чужими, не уделяем им должного внимания. Но можем чувствовать их запах и вкус, ведь они обитают в нашем организме и вокруг нас. Почти все в мире вращается вокруг этих крошек. Они были здесь задолго до появления человека, и без них не обходится практически ни один процесс на этой планете.

Прежде чем рассказать несколько историй о микробах в вашем доме, я хотела бы немного подготовить вас к экспедиции в этот микрокосм посредством небольшого экспресс-курса «Что вы всегда хотели знать о микробах». Поверьте, это намного интереснее, чем может показаться на первый взгляд.

Кто такие микробы?

Начнем с вопроса: что такое микроб? С научной точки зрения это неточное понятие, потому что мы используем его для определения любого маленького существа, которое не можем увидеть невооруженным глазом. К микробам относят множество очень разных организмов, в числе которых бактерии (группа, о которой мы чаще всего думаем, когда слышим слово «болезнетворные микробы»), археи (внешне напоминают бактерии, но на самом деле совершенно другие), низшие грибы (например, дрожжи) и протисты (примитивные водоросли, амёбы, слизистые грибы и простейшие). К микробам также часто причисляют и вирусы.



Микробы – это одноклеточные организмы, в отличие от людей или блох, которые состоят из клеток разных типов, работающих вместе и необходимых друг другу для выживания: отдельно взятые клетки мозга, печени или сердца бесполезны. А вот единственная клетка микроба – это независимое живое существо, которое может выживать и размножаться без помощи других клеток³. Поскольку термин «микроорганизмы», который вы, вероятно, уже слышали, в узком смысле подразумевает только бактерии, мы будем по большей части использовать более общее понятие «микроб» независимо от того, идет ли речь о бактериях, вирусах или грибах.

Некоторые бактерии невероятно ленивы и не сдвинутся с места, другие передвигаются по воде или жидкой питательной среде с фантастической скоростью с помощью небольшого встроенного «моторчика» из нитевидных жгутиков.

И, конечно, бактерии представлены в разных формах: есть среди них шарики, палочки и спирали, встречаются даже квадратные бактерии, такие, например, как галофильная (любящая соленую среду) бактерия *haloquadratum walsbyi*. Ее размер составляет 40 микрометров, она плоская, как почтовая марка, и благодаря встроенным пузырькам газа может удобно дрейфовать на поверхности рассола.

Для многих видов деятельности бактерии и другие микробы должны общаться друг с другом, но только иначе, чем мы. Они производят крошечные сигнальные молекулы, чтобы их могли распознать соседи по среде. Этот способ общения бактерий называется «определение кворума» (в напоминание о «кворуме» в Древнем Риме – определенном количестве голосов,

³ Idan Ben-Barak: Small Wonders – How Microbes Rule Our World. Scribe Publications Pty Ltd. 2008.

необходимом для легитимности решения): нужно, чтобы в собрании приняло участие определенное количество микробов для принятия решения. Благодаря такому типу коммуникации бактерии даже способны действовать коллективно, например для формирования биопленок. В этом удивительном мире существует множество «языков», даже «молекул эсперанто», понимаемых многими бактериями. Процесс определения кворума был обнаружен у осьминога, у которого есть светящийся орган, заполненный симбиотическими бактериями, так называемый вибрионом Фишера. Когда бактерий достаточно, среди микробов пробегает сигнал, тогда орган начинает светиться, словно фонарик.

Маленький, маленький мир: невидимая вселенная

Большинство микробов невидимы невооруженным глазом. Если клетки в организме животных или человека имеют размер до 30 микрометров, то бактериальные клетки во много раз меньше. На кончике иглы смогут уместиться миллионы таких клеток. Единственный вид бактерий, который виден без всяких приспособлений, – это намибийская серная жемчужина (*Thiomargarita namibiensis*), которая была обнаружена в Намибии в 1990-х годах. Она достигает в размере до полумиллиметра. Клетка кишечной палочки в среднем всего около двух микрометров в длину, таким образом, чтобы обернуть цепочку вокруг мизинца из таких клеток, их понадобится около 50 тысяч⁴. В миллилитре содержимого кишечника живет больше бактерий, чем людей на земле.

⁴ Там же, с. 5.



Нашими знаниями о мире крошечных существ мы обязаны изобретению микроскопа и очень умному человеку – Антони ван Левенгуку. До 1676 года бактерии оставались незамеченными. Но затем этот торговец тканями, который даже не был биологом, стал каждую свободную минуту заглядывать в свой самодельный увеличительный прибор и выследил их. Самоучка смастерил конструкцию из линз, чтобы лучше оценивать качество тканей. Из любопытства рассматривал также другие вещи: воду из пруда или налет на своих зубах. Лучшая отшлифованная им линза давала увеличение в 500 раз. Так он открыл «анималькул» – массу животных и растительных одноклеточных, а также крупных бактерий.

Нам открылся новый, ранее невидимый мир. Большинство бактерий имеют диаметр от 0,6 до 1,0 микрометра (мкм), и их можно увидеть в обычный световой микроскоп. Вирусы еще в десять раз меньше. В головке портновской булавки вместится 500 клеток вируса, вызвавшего обычный насморк, их можно увидеть только под электронным микроскопом. Вирусы всегда требуют к себе особого отношения. Обычно их даже не причисляют к живым существам, потому что у них нет ни какой-либо формы самоорганизации, ни питания. Вообще отсутствует обмен веществ. Вирусы устроены намного проще, чем бактерии. Это крохотные капсулы с некоторым количеством генетической информации. Бесспорно, что для своего размножения они невероятно агрессивно захватывают клетку, как пираты – корабль, и перестраивают все ее процессы, так что в конечном итоге она производит только небольшие вирусы. Они очень сообразительные ребята.

Микроорганизмы невероятно малы, зато их ужасно много. Число бактерий на нашей планете оценивается в нониллион – единица с 30 нулями, и это больше, чем звезд в галактике. Вирусов еще на два порядка больше. Невероятный факт: по количеству все эти невидимые микроорганизмы перевешивают видимую жизнь на Земле в 100 миллионов раз. Вместе они тяжелее всех растений и животных, которые мы можем видеть. Только в морях обитает невообразимое количество видов: согласно оценкам ученых, это десять в тридцатой степени клеток микробов. Чтобы взвесить массу всех микроорганизмов в морях, нужно было бы поставить на весы 240 африканских слонов⁵.

Латынь для микроорганизмов

На сегодняшний день известно более 12 тысяч видов бактерий. И микробиологи каждый день открывают все новые и новые микробы. Вы, должно быть, уже удивлялись тому, какие порой странные наименования имеют бактерии, грибы или вирусы. В биологии ученые в основном применяют латинскую терминологию, поскольку это универсальный способ отличить виды друг от друга. Так, яблоко носит название *malus domestica*, собака – *canis familiaris*, а человек – *homo sapiens*. Каждая недавно обнаруженная бактерия также получает латинское наименование. Обычно оно связано с какой-то особенностью метаболизма или местом, где обитает микроб. Например, палочковая бактерия лактобацилла превращает молочный сахар, лактозу, в молочную кислоту – лактат. Иногда в названии увековечивают имя открывателя. Например, кишечная палочка, *Escherichia coli* (эшерихия коли), названа в честь впервые описавшего ее Теодора Эшериха. Иногда названия немного сказочные, даже странные. Карлик Румпельштильцхен из сказок братьев Гримм дал свое имя микобактериофагу – вирусу, который может отправить бактерии в нокаут. И *Curvibacter delicatus* – это не ругательное слово, а всего лишь наименование слегка изогнутой палочковой бактерии из Японии.

⁵ W.B. Whitman et al.: Prokaryotes: Proceedings of the National Academy of Sciences 95 (1998): 6578–6583 und M. L. et al.: Microbial diversity in the deep sea and the underexplored rare biosphere. Proceedings of the National Academy of Sciences 103 (2006): 1345–13139.

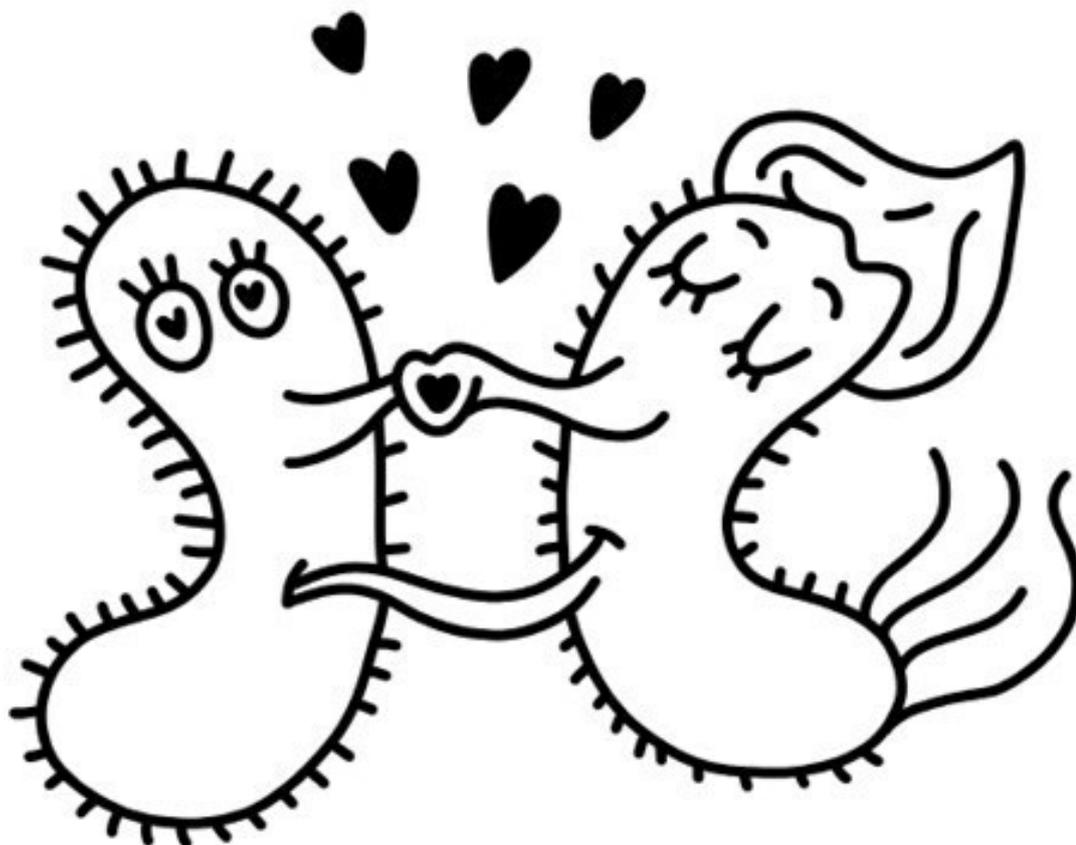


Занимаются ли бактерии сексом?

Как микробы проводят день? Прежде всего они запасаются энергией и материей, чтобы снова и снова раздваиваться посредством деления. Продолжение рода – любимое занятие этих крошек: микроорганизмы невероятно плодовиты, и это дает им большие преимущества в завоевании новых мест обитания. Одна клетка кишечной палочки в идеальных условиях в течение 20 минут может стать двумя клетками. Рекордсмены среди микробов дают новое поколение потомства менее чем за десять минут. К ним относится, например, *clostridium perfringens* – противный возбудитель гангрены, который может разрастись вдвое за девять минут. По словам бельгийского биохимика и нобелевского лауреата Кристиана де Дюва, при достаточном потреблении питательных веществ бактериальная клетка способна производить 280 милли-

ардов потомков в день⁶. По сравнению с этим клетки человеческого организма просто черепашки: за такое же время наши клетки совершают одно деление.

Но нет в мире совершенства, даже среди бактерий один раз на миллион делений случается брак – так называемый мутант. Часто это бывает, когда клетке просто не везет, ведь эксперименты не всегда заканчиваются хорошо. Но иногда, когда бактерии обладают, так сказать, полезным превосходством, а именно возможностью использовать новое питательное вещество, происходит нечто, что дает им невероятное преимущество в эволюции: они могут обмениваться этой информацией и качествами друг с другом, от клетки к клетке, и такие фрагменты генетической информации передаются даже другим видам.



О том, что бактерии могут также заниматься сексом (если мы имеем в виду секс в широком смысле слова), известно уже около 70 лет. В 2001 году американские исследователи «застали с полечным» клетки бактерии с клетками хомяка: бактерии передавали части своего генома клеткам животных, обмениваясь свойствами через так называемый горизонтальный перенос генов.

У многих бактерий кроме обычных кольцеобразных хромосом имеется еще множество маленьких колец ДНК, так называемых плазмид. На них часто находятся генетические факторы способностей, которые могут дать некоторые преимущества в особых условиях окружающей среды (например, устойчивость к антибиотикам). Чтобы передать эти свойства, бактерии разработали специальную технику: вступая в контакт с другой бактериальной клеткой, они могут раздвоить плазмиду, образовать трубчатый отросток – «половой волосок» – и передать

⁶ DeDuve: Die Zelle. Spektrum Akademischer Verlag 1993.

через него плазмидную ДНК. Это так называемая конъюгация – процесс, подобный пневмопочте.

Итак, бактерии могут обмениваться данными, а значит, они плавают в некоем общем генофонде. Каждое генетическое изменение, которое становится востребованным, тут же может распространиться повсеместно. Только представьте себе: вы стоите на берегу большой реки и понимаете, что нужны крылья, дабы пересечь ее. Просите своих дальних родственников помочь, и моментально происходит чудо: вы уже умеете летать, или светиться зеленым, или запускать фотосинтез. То есть, с точки зрения генетики, бактерии являются гигантским общающимся организмом, состоящим из крошечных членов, очень быстрым и поэтому непобедимым.

Надеюсь, вы уже хорошо знакомы с микробиологией, так что можем позволить себе провести небольшой эксперимент. Составьте мне компанию в путешествии во времени к истокам рождения нашей планеты. Без микробов Земля не стала бы нашей, а мы, люди, вообще не появились бы.

С днем рождения, жизнь!

Невообразимо давно, 3,85 миллиарда лет назад, наша планета немного остыла и покрылась твердой коркой, появилась первая жизнь на Земле, и уже тогда микробы были активными участниками всех процессов. Биологи до сих пор не могут найти ответ на один из главных вопросов: как именно случилось, что какие-то парящие химические элементы собрались вместе и вдруг из них появились протеины – строительный материал жизни?

Представьте, что мы могли бы вместе передвигаться на машине времени, чтобы засвидетельствовать этот момент рождения жизни. Вы бы не узнали нашу Землю: неуютная планета, из-за солнца ничего не видно, странный пейзаж с извергающими огонь вулканами, красным небом и медно-красным морем. И начали бы задыхаться, ведь кислорода еще почти не было.

Когда Чарльз Дарвин, отец теории эволюции, размышлял о происхождении жизни, он представлял себе теплую заводь, образованную приливом, на берегу моря под палящим солнцем. По его мнению, в этом «первичном бульоне» все строительные элементы жизни перемешались и встряхнулись, как коктейль, так и образовалась новая жизнь.

Сегодня исследователи считают, что жизнь зародилась в обстановке кипящего ада – под постоянной бомбардировкой метеоритами, в условиях экстремальных температур, под интенсивным ультрафиолетовым излучением и в разреженной атмосфере, перенасыщенной метаном, аммиаком и другими токсичными для нас газами. Самые вероятные места зарождения жизни – это kloкочущие жерла вулканов на морском дне. В этих гейзерах, «черных курильщиках» в Срединно-океаническом хребте, органические структуры и новые клетки были защищены от смертельного ионизирующего солнечного облучения. Эти источники кишат жизнью и сегодня. Населяют их прежде всего первобытные одноклеточные живые организмы, такие, например, как археи – бактерии, составляющие основу пищевой цепи.



С днем рождения! Вы только что в прямом эфире были свидетелем появления жизни, и я могу представить вас вашему предку – LUCA. Это имя не имеет ничего общего с известной песней Сюзанны Веги, данная аббревиатура расшифровывается как *last universal common ancestor*, что в переводе означает «последний универсальный общий предок», иными словами, первый общий родственник и предок всего живого на нашей планете. Пусть вас не расстраивает тот факт, что этот кроха достаточно невзрачный: маленький комочек жизни, образованный из мембран и белков, которые могут питаться, развиваться и производить потомство. LUCA состоит всего-то из некоторого количества РНК (рибонуклеиновой кислоты) как генетической информации, которая содержится в цитоплазме (жидкое основное вещество клетки), и – в лучшем случае – одной тонкой мембраны. У него еще даже не было клеточного ядра. Вот почему эти ранние прабактерии также называют «прокариотами» – от греч. «доядерный». Все другие живые существа (в том числе и мы, люди) состоят из клеток с клеточными ядрами и относятся к эукариотам (от греч. «настоящее» и «клеточное ядро»). Но мы, высшие существа, появимся на сцене намного позже!

Эти простые прабактерии не испытывали никаких проблем с тем, чтобы заселить любую мало-мальски пригодную нишу. Тогда-то они пришли в отличную форму, и поэтому их также называют «экстремофилами». Первые жители Земли живут и выживают по сей день в самых холодных и жарких местах на планете, на суше и на море. Археи являются еще более «экстремальным» подвидом среди них. Они могут сохранять жизнеспособность даже в кислоте, любят едкие газы или кипящую воду и чувствуют себя комфортно на вулканах или на дне болот. Самые ранние следы жизни исследователи обнаружили в древнейшей породе – серпентините Исуа из Гренландии (возраст 3,8 миллиарда лет). Желающие наглядно испытать, в каких экстремальных условиях зародилась жизнь, должны выехать из Германии. Йеллоустоунский национальный парк или гейзерные пейзажи Исландии и Новой Зеландии – самые известные примеры. Но вы найдете такие места и в Италии: в Сассо Пизано в Тоскане или у вулкана Сольфатара недалеко от Неаполя в горячих грязевых и серных источниках, которые воняют

тухлыми яйцами, разноцветные, желтые, ржаво-красные и ядовито-зеленые корки – слизистые отложения, образованные микроорганизмами. Микробиолог Томас Д. Брок из Индианского университета в Блумингтоне выделил на них в 1969 году «термофильную» (теплолюбивую) бактерию *thermus aquaticus*. Кстати, она живет в наших домах: в посудомоечных машинах, водонагревателях и стиральных машинах.

Бактерии везде – от начала до конца

Если представить историю Земли как 24-часовой день, прабактерии были бы самыми ранними птичками. Жизнь на планете началась с них в 4.30 утра, но пока не отличалась разнообразием и стремительностью событий. Первые одноклеточные микроорганизмы и водоросли появились только после обеда, около 16 часов. С девяти вечера на земном шаре можно было встретить и простых животных. Наши ранние предки, обезьяны, появились всего за 90 минут до полуночи, а мы сами, представители вида *homo sapiens*, – за две секунды до 24.00.

Таким образом, люди стали свидетелями лишь крошечной части истории Земли. В это трудно поверить, но на протяжении двух миллиардов лет невидимые микроорганизмы были единственными хозяевами на планете, они пользовались ею вдоволь. Создали нашу биосферу и все важные циклы круговорота углерода, кислорода, серы и фосфора. Сформировали почву и гумус. И наконец, создали основу для развития многоклеточной жизни – растений, животных и человека.

В какой-то момент одноклеточные цианобактерии, известные также как сине-зеленые водоросли, научились отцеживать вещество, которым богата наша планета, – водород, в изобилии содержащийся в воде. И выделили кислород – продукт распада. Фотосинтез стал, несомненно, самым важным биохимическим новшеством, и изобрели его не растения, а бактерии. Большая часть атмосферного кислорода поступает из микроорганизмов, включая современные формы цианобактерий. Морские водоросли и микробы выбрасывают в воздух около 150 миллиардов килограммов в год.

Сначала новый кислород не собирался в атмосфере, а связывался с железом и образовывал оксид железа, который опускался на дно первобытных морей. Много миллионов лет планета буквально ржавела.

Но кислород пошел на пользу не всем живым организмам – для некоторых он стал настоящей катастрофой: они не были к нему приспособлены. В анаэробном (то есть бескислородном) мире он действительно был токсичным. Новые существа, которые могли использовать кислород, обладали двумя большими преимуществами. Благодаря кислороду они производили энергию быстрее, в то же время он уничтожил другие конкурирующие организмы. Теперь на Земле были аэробные организмы, которые переносят кислород, и анаэробные, которые боятся кислорода как черт ладана. Эти последние отступили в ил самых глубоких водоемов, а намного позже – в наши органы (например, кишечные бактерии в кишечнике). Но бесчисленные виды не смогли адаптироваться и погибли.

Должно было пройти 40 процентов времени на часах нашей планеты, чтобы кислород в ее атмосфере достиг примерно такого же содержания, как теперь. Но затем неожиданно появился новый тип клеток с ядром и другими маленькими телами, так называемыми органеллами (по-гречески «маленькие инструменты»). Родились эукариоты.

Сегодня считается, что такие органеллы, как митохондрии и хлоропласты, были созданы в результате того, что какая-то шаловливая бактерия подселась к другой или одна поглотила другую. Такое сожителство оказалось очень разумным, и в выигрыше остались обе. Согласно этой «теории эндосимбиоза», захваченные бактерии превратились в митохондрии и хлоропласты. Первые вырабатывают энергию в клетках животных, вторые – в клетках растений. Без

этой изящной уловки эволюции жизнь на планете осталась бы слизью, состоящей из простых микроорганизмов.

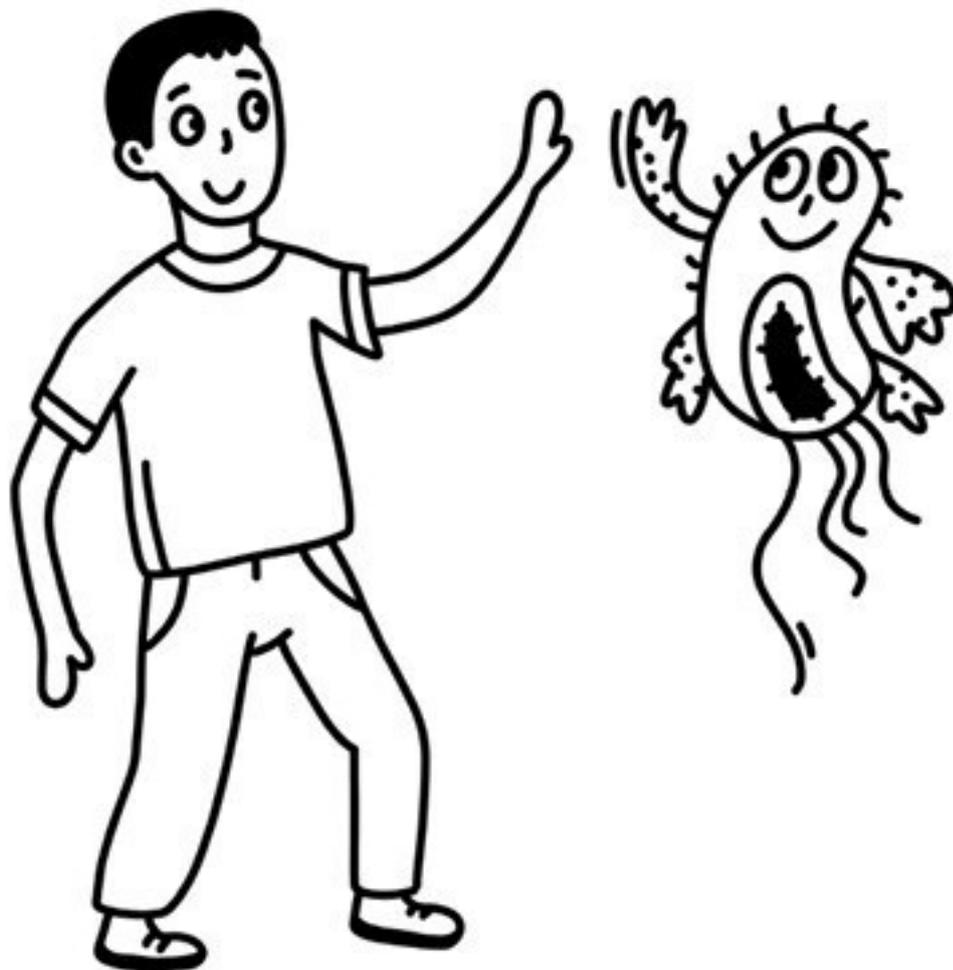
И наконец, эукариоты разучили еще один великолепный трюк – научились создавать более сложные живые организмы, состоящие из многих клеток. Только благодаря этому новшеству стало возможным появление больших организмов со сложным строением, заметных невооруженным глазом, таких как вы и я.

Человек – это только капля в море микробов

Ученые полагают, что на Земле около триллиона видов микробов, причем 99,999 процента из них еще не обнаружены. До начала эры космических путешествий о микроорганизмах даже не говорилось в школьных учебниках. Жизнь на планете была красиво разделена на две категории: растения и животные. Долгое время биологи причисляли микроорганизмы к растениям, хотя все знали, что им там не место. В чем была причина?

Многие микробы просто не растут в чашках Петри в лаборатории. Они не размножаются, и исследователи не могут ничего узнать о них. Поэтому большинство микроорганизмов до сих пор не имеют названия, а мы не знаем ничего об их функциях и задачах.

Ситуация изменилась около 1980 года благодаря революционному открытию Карла Вёзе, американского микробиолога и эволюционного биолога, который считал, что в генах бактерий скрыты отношения родства. Поэтому он и его коллеги разработали элегантный молекулярно-генетический метод, с помощью которого удалось разделить бактерии на типы, используя ген так называемой 16S-рибосомальной РНК. Это важный строительный элемент на белковых фабриках клеток – рибосомах. Исследователи могут работать с этими молекулами в кислородсодержащей среде лаборатории так же легко, как и с ДНК. Каждый тип микробов обладает индивидуальной версией этого гена, и с его помощью можно построить целые родословные, причем гораздо лучше, чем при любом микроскопическом анализе.



Карл Вёзе установил, что археи, которых прежде причисляли к бактериям, следует относить к отдельному царству. Они схожи с бактериями, но отличаются от них важными молекулярно-биологическими деталями. Различия между ними состоят в качествах, о которых многие из нас никогда не слышали и которые не настолько интересны, чтобы вызвать любопытство. У них отсутствуют некоторые маленькие липиды и соединение, которое называется пептидоглюкан. Это имеет невероятные практические последствия: между группами бактерий и архей вдруг пролегла пропасть. Они отличаются друг от друга сильнее, чем мы с вами от паука или рака.

Это открытие изменило эволюционную систематику. Неслыханный научный скандал! Пришлось все переписывать, а ведь это 100 лет микробиологической систематики. И результат понравился не всем. Там, где мы еще в 1990-х выделяли пять царств в классификации (животные, растения, одноклеточные, грибы и бактерии), теперь были обозначены 23 основные ветви. Вёзе выделил в своей классификации только три царства: бактерии, археи и эукариоты, к которым относятся и животные, и растения, и мы. Эти категории радикально отличаются друг от друга, особенно в генетическом плане, как если попробовать сравнить человека с осьминогом или сосной.

Такая классификация живых существ выглядела, конечно, весьма необычно. Она состояла почти исключительно из бактерий и прабактерий. Микробы занимают внушительную часть наших предшественников на дереве родословной видов. Говоря о разнообразии видов на планете, нужно иметь в виду не насекомых или растения, как мы привыкли думать, а микроскопически малых существ! Мы окружены темной и загадочной властью микробов.

Люди занимают всего лишь маленькую боковую ветвь в третьем царстве – эукариотов. Кишечная палочка и бактерия клостридиум, вдруг оказалось, совсем с разных планет, зато зернышко пшеницы – наш очень близкий родственник. Это на самом деле сложно уяснить. Мартин Дж. Блейзер, микробиолог из Нью-Йорка, говорит: «Человечество – это всего лишь капля в огромном мире бактерий. Это факт, к которому нам еще надо привыкнуть!»⁷

Умерший в 2012 году в возрасте 84 лет Карл Вёзе вошел в историю как человек, «переписавший биологическую классификацию». Это имеет такое же значение, как открытия Альберта Эйнштейна в физике.

Микробы подозреваются в рекордах

Микробы просто повсюду! На самом деле дух захватывает от того, где могут поселиться эти малыши. Они захватчики, первопроходцы и настоящие мастера обмена веществ. В их вселенной есть много рекордов.

Микроорганизмы были найдены даже в самых глубоких шахтах земли. Они могут добывать золото, эти маленькие шахтеры-лилипуты. То и дело золото бывает связано с определенными минералами. Микробы подвергают эти минералы в несколько заходов окислению, превращают их в отделяемые ионы и между делом высвобождают золото, даже не взмахнув молотком. И без использования тяжелой техники.

К примеру, псевдомонады *Pseudomonas stutzeri* умеют окислять плавающие в воде ионы золота и превращать их в твердое золото. Но вы не сможете стать богатым, как Скрудж Макдак, поскольку для этого золота слишком мало. Микроорганизмы могут даже спасти из беды. Часто после катастроф в окружающей среде микробы первыми начинают устранять вред. После того как в апреле 2010 года взорвалась и вызвала крупнейший в истории США разлив нефти платформа Deepwater Horizon, там появился доселе неизвестный вид микробов (родственный виду *oleispira antarctica*), который был на удивление хорошо приспособлен к условиям 1100-метровой глубины в Мексиканском заливе и с огромной скоростью расщепил облако нефти.

Есть даже бактерии, которые взяли на себя нашу проблему с пластиком в морях. Каждый год в океан выбрасывается более восьми миллионов тонн пластикового мусора. Каждому кусочку пластика нужно около 450 лет, чтобы разложиться. Поэтому многие отмели завалены горами полиэтилентерефталата, искусственного вещества, используемого в производстве большинства пластиковых бутылок. Бактерия, которая особенно любит и усваивает это вещество, называется *Ideonella sakiensis*. Но ей для этого понадобится 70 лет.

Хлеб насыщенный других бактерий тоже очень необычный. Любящая кислоту бактерия *Thiobacillus concretivorus*, например, обожает серную кислоту – в такой концентрации, что проедает дырки в штанах и разъедает металл. *Micrococcus radiophilus* больше всего любит сточные цистерны атомных реакторов и питается плутонием и другими металлами. Радиоактивный уран тоже желанное кушанье. На него налетают маленькие палочкообразные бактерии *Geobacter metallireducens*. Они так разлагают уран, что от него остается только неопасная нерастворимая форма, которую можно просто собрать вместе с бактериями. Даже небу и воздуху не уберечься от микробов. Некоторые микроорганизмы живут даже на высоте 60 километров и помогают в образовании облаков, снега или дождя.

⁷ Martin J. Blaser: Missing Microbes. Henry Holt and Company, New York, 2014.



Да, микробы могут выживать в космосе. Они тоже путешествуют на космических кораблях и населяют международные космические станции. Ученые подвергли земные микроорганизмы воздействию космоса, и те выжили в этом эксперименте. Никаких скафандров в течение 553 дней! Некоторых наших маленьких соседей практически невозможно убить. Среди них, например, *Deinococcus radiodurans*, известная как бактерия Конан. Она весьма резистентна к радиоактивности. Если ее ДНК подвергнется излучению, ее кусочки тут же собираются снова и чинят сами себя, как движущиеся конечности живого мертвеца.

Но заслуживающие особого внимания чудеса живучести на сегодняшний день продемонстрировали стрептококки. Компания из примерно 100 туристов-бактерий с Земли в герметичной камере пробыла на Луне более двух лет. По-видимому, одноклеточные организмы попали туда в 1967 году безбилетниками в корпусе камеры на борту американского зонда Surveyor 3. Возможно, техник на мгновение замешкался, когда собирал камеру. Стрептококк также встречается в нашей полости рта. Эти крохотные организмы пережили невредимыми вакуум, сильную космическую радиацию, температуру минус 250 градусов и полное отсутствие пищи. Со времени этого открытия исследователи задаются вопросом, могут ли другие бактерии выживать в условиях космоса.

Все дело в сотрудничестве

В мире свой собственный микробиом есть везде: в почве, в воздухе, в воде, в лесах, на промышленных предприятиях или в домах. У животных, у нас и наших детей. Он уникален, как отпечаток пальца. Его мы получаем от матери при рождении, и он остается с нами на всю

жизнь. Таким образом, каждая субстанция на планете обладает индивидуальной коллекцией полезных микробов.

Детеныши комодского варана носят в ротовой полости и на коже микрофлору, аналогичную их окружающей среде. В осьминогах полезные бактерии заводятся уже через несколько часов после оплодотворения. Термиты могут переваривать древесину только потому, что в их желудке есть особые бактерии, которые расщепляют неперевариваемую целлюлозу. Коровы получают питательные вещества из травы благодаря микробам, которые живут в каждом из четырех коровьих желудков.

На этих примерах видно, насколько важно в природе сотрудничество, а не враждебное разделение. Большим многоклеточным организмам, таким как мы, гораздо легче объединиться с бактериями, обладающими определенными свойствами, чем развивать эти качества самим с большими усилиями.

У нас, людей, также есть микробиом с несколькими тысячами видов микроорганизмов. Если бы мы исследовали свое тело с помощью микроскопа, нам открылся бы восхитительный мир микробов. Каждый день мы берем с собой на работу или в школу целый зоопарк – пеструю компанию бактерий, вирусов, червей, грибов и клещей. По современным оценкам, в каждом из нас живет 39 триллионов бактериальных клеток против 30 триллионов человеческих клеток нашего организма. Это соответствует соотношению 1,3 микроба на одну клетку человеческого организма. Индивидуальные различия, такие как размер или вес тела, могут несколько изменить пропорцию. Но теперь вы понимаете, что мы огромный суперорганизм! В нас и на нас обитает 10 тысяч видов микробов, которые вместе весят около двух-трех килограммов – примерно столько же, сколько наш мозг.

Микробы выполняют разнообразные задачи. Они поселяются в совершенно разных средах нашего организма – в ушах, носу, подмышках или кишечнике (во всех его отделах), и их функции настроены именно на конкретный орган.

В исследовательском институте INRA в Париже несколько лет назад составили карту вселенной кишечника во всем его разнообразии. Ученые смогли доказать, что обычно в человеческом кишечнике можно найти большое количество примерно тысячи видов бактерий, при этом каждый из нас носит с собой по меньшей мере 170 видов. Большинство этих видов у всех людей идентичны⁸. Здесь у микроорганизмов различные задачи – от переваривания углеводов в пище до производства витаминов в кишечнике. Соответственно наш микробиом интенсивно сотрудничает с иммунной системой. Одни микробы передают сигналы, другие вносят вклад в обеспечение энергией, третьи обучают иммунную систему и делают ее более толерантной.

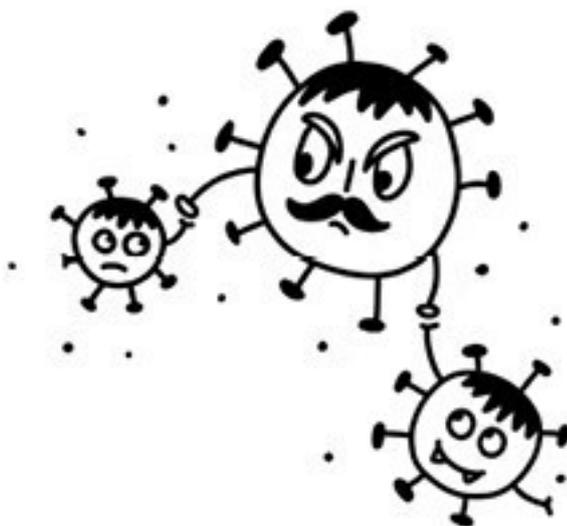
Без своего микробиома мы не смогли бы даже съесть утренние мюсли или булочку. Мы бы от них заболели или умерли, потому что не сумели бы выделить из них необходимые для жизни витамины. Представим себе, что Библия права в том, что Бог создал человека, но тогда он, прежде чем создать Адама, в любом случае должен был подумать о создании бактерий. Потому что без хорошо работающей флоры кишечника ни Адам, ни Ева не смогли бы переварить яблоко.

Большинство из нас склонны к тому, чтобы в своем представлении оттеснить микробов куда-то на обочину бытия. Ведь мы, такие большие и умные, создали города, лекарства и антибиотики и связали в сеть информационные технологии. Этого бактерии и вирусы не умеют. Они не обладают нашими коммуникативными способностями. На первый взгляд они кажутся нам примитивнее нас самих. Но в этом их большое преимущество: они останутся здесь, когда Солнце взорвется. Если мыслить глобально, то это их планета, а мы живем здесь только потому, что они это нам позволили. Они прекрасно обходились здесь без нас миллиарды лет. Помимо кислорода, микроорганизмы снабжают нас еще и азотом, который они берут из воздуха. Иначе

⁸ Quin et al.: «A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing» // Nature 464, 2010, S. 59–65.

растения не смогли бы воспользоваться газообразным азотом, содержащимся в воздухе. Это отличная работа, благодаря которой микробы превращают азот из воздуха в полезные аминокислоты и нуклеотиды – для нас и других живых организмов. Для этого же процесса в промышленном производстве удобрений используют высокие температуры (около 500 °С) и давление (200 атмосфер). А бактерии делают это играючи, к нашему счастью. Потому что ни одно живое существо на нашей планете не смогло бы существовать без переработанного микробами азота.

К тому же нельзя забывать, что микробы заняты на нашей планете очень важным делом – уборкой. Без них ничего бы не разлагалось, горы мусора возвышались бы повсюду. И нас они тоже съедают, когда мы умираем, как и других животных и растения в круговороте жизни. И так и должно быть!



2. Добрые микробы, злые микробы

Когда мы задумываемся о бактериях, чаще всего нам приходят в голову мысли о противных возбудителях болезней. Это вирусы, которые заставляют нас чихать и кашлять, или бактерии вроде сальмонеллы (когда после съеденного мороженого появляется урчание в животе).

При этом все микробы, живущие внутри нас или вокруг нас, выполняют как минимум одну из трех сложных задач, важных для состояния нашего здоровья. Они могут быть друзьями, иногда – врагами, а порой – просто нейтральными *комменсалами*. Это слово из латыни обозначает товарища по застолью, сотрапезника.

Дружественные нам микробы образуют с нами симбиоз – отношения взаимообмена, полезные обеим сторонам. Многие из этих маленьких симбионтов сотрудничают ради нас с нашим телом: в иммунной системе, пищеварении или даже в работе души. При этом нельзя сказать, что милые микроорганизмы решили посвятить свою жизнь улучшению нашего существования и самочувствия. Просто за миллионы лет человеческой жизни они приспособились к нам, а мы – к ним.

Вопреки категорически негативному имиджу возбудителей болезней, так называемых патогенов, на самом деле очень малая часть микробов – наши враги. Менее 0,1 процента видов микроорганизмов вообще могут вызвать у человека воспаление. Но и они не всегда приводят к заболеванию. И уж тем более не делают это из принципа. Однако они в состоянии спровоцировать серьезные проблемы, появившись в нужное время в нужном месте. Самые часто встречающиеся микробы – это комменсалы, образно говоря, безобидные сотрапезники или зрители. Они живут в окружающем нас мире и попадают в организм, в кишечник, с едой или воздухом. Чаще всего их можно встретить на коже, слизистых оболочках и в дыхательных путях. Возможно, они просто занимают лучшие места, чтобы не дать поселиться там болезнетворным микробам. Изучением этого сейчас занимаются многие исследователи.

Эти бактерии – наши самые верные спутники. Единицей эволюции нужно считать не *homo sapiens*, а *homo sapiens* плюс микробы. Только в последние 10–15 лет ученые осознали, насколько сложной экосистемой является человеческое тело. Это целое жизненное пространство, «холобионт», «социальная сеть» с триллионами бактерий и других микроорганизмов. Наш микробиом, сообщество разнообразных микроорганизмов со всеми их генами, оказывает помощь в поддержании здорового состояния всех процессов в теле человека – от пищеварения до иммунной защиты. Ученые постепенно обнаруживают положительное воздействие на нас этих микробов. Не так уж мы и автономны, не так уж независимы.

Каждый человек носит в своем теле этот сложный микробиом (пусть даже не с самого рождения). Своих очень личных комменсалов мы подбираем из окружающей среды. Поскольку здоровая матка почти стерильна, плод поначалу живет в одиночестве. Раннее детство – это самое важное время в жизни. Свою микрофлору мы получаем от матери в процессе естественных родов, а затем через грудное молоко. Природа устроила так, чтобы на первое время вооружить новорожденного подходящим коктейлем из микробов. Со временем спектр микроорганизмов у ребенка расширяется – через контакт с родителями, братьями и сестрами, бабушкой и дедушкой, друзьями и даже предметами быта, такими как простыни, одеяла или домашние животные.

С рождения до трех лет микробиом еще очень сильно меняется, особенно в кишечнике. Он ежедневно накапливает все новые микробы, какие только может. У маленьких детей баланс микробной системы весьма чувствительный, и вредное воздействие тут же приводит к негативным последствиям. Предметы гигиены, косметические средства или лекарства – все это оказывает огромное влияние на микробную среду.

К трехлетнему возрасту микробиом малыша достигает почти такого же состояния, как у взрослого. Он более стабилен и лучше реагирует на изменения. Все действующие микробы на месте и взяли под свой контроль влажные и сухие ниши тела ребенка. К концу детства наш организм поддерживает одну из самых сложных микробных экосистем на Земле.

Во взрослом возрасте микробиом также реагирует на внешние воздействия. Пища, которую мы едим, благоприятна для определенных бактерий, и их количество в кишечнике увеличивается. Со временем кишечная флора вегетарианцев становится другой, отличной от микрофлоры употребляющих мясо. Но есть и обратная закономерность: наши микробы сообщают нам через нейромедиаторы в нервных клетках, чего бы им хотелось, а мозг воспринимает это как аппетит или непреодолимое желание какого-то блюда.

Наш микробиом – это геном, который мы можем изменить в любой день, в то время как человеческий геном дается один раз на всю жизнь. Гены нашего микробиома изменяются в ответ на пищу, гигиену, медикаменты, которые мы принимаем, соответственно меняется и наше здоровье. Мы и наши микробы образуем друг с другом сообщающиеся сосуды.

Как и в любой другой экосистеме на планете, среда является здоровой только в том случае, если содержит больше дружественных видов, чем врагов. Чем больше дружественных симбионтов в окружении человека, тем лучше для его здоровья. Если количество патогенных возбудителей увеличивается, возможны проблемы. Как это всегда бывает в биологии, здесь не все только черное или белое, хорошее или плохое. Потому что наши друзья иногда тоже могут стать врагами, ведь у них свои собственные цели. Обычно они довольны нами и как квартиранты не создают никаких проблем, но в трудные времена становятся немного вредными и могут даже создать больше неприятностей, чем наши естественные враги. Поэтому лучший вариант – это не огромное количество друзей, а здоровая популяция мирных комменсалов. Они не приносят пользы, но хотя бы не закатывают скандал. Просто занимают места, где в противном случае могли бы поселиться микробы, которые не были бы такими беспроблемными.

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.