

Предисловие

К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Автор этой книги Эд Йонг — высококлассный научный журналист. В эту профессию, что немаловажно, он пришел непосредственно из науки: Йонг закончил Кембриджский университет и получил магистерскую степень в Университетском колледже Лондона — в этих престижнейших вузах его научные интересы были связаны с зоологией и биохимией. Однако стремление писать перевесило, и в августе 2006 года он начал вести блог *Not Exactly Rocket Science*, где делился с читателями рассказами о последних научных открытиях в области биологии. Эти усилия не остались без внимания — в 2010 году блог удостоился нескольких наград, и Йонга пригласили вести его в научно-популярном издании *Discover*, где он присоединился к таким известным популяризаторам науки, как Карл Циммер и Фил Плейт.

Именно там осенью 2011 года я впервые познакомился с его творчеством, и с той поры оно остается неизменным источником вдохновения для моей собственной работы в научно-развлекательном проекте «Батрахоспермум». Глубокая проработка тем и ироничный стиль повествования — вот то, что всегда привлекало меня в статьях Йонга, и эти качества в полной мере соответствуют стандартам, которых я придерживаюсь в своем журнале. Несомненным достоинством работы автора является и отражение субъективных мыслей специалистов по освещаемым вопросам: Йонг не ограничивается изложением фактов и сути открытия — он собирает комментарии ученых, общаясь с ними лично, проникая в их лаборатории и на закрытые научные конференции. Таким образом, он предоставляет читателям эксклюзивную информацию с переднего

края науки — знания в процессе научного осмысления, идеи, которые исследуются прямо сейчас. Это яркий пример научной журналистики высокого полета.

В 2012 году блог Эда Йонга перекочевал на портал *National Geographic*, а в 2015-м журналисту предложили позицию в уважаемом американском издании *The Atlantic*, где он и сейчас работает, продолжая традиции своего старого доброго блога. Следуя по пятам за автором, я застал тот момент, когда из научного журналиста он перевоплотился в научного писателя: в 2016 году вышла его дебютная книга *I Contain Multitudes*, которая мигом стала бестселлером в сегменте научно-популярной литературы. Это квинтэссенция передовых знаний о мире микробов, почерпнутых Йонгом из многочисленных научных публикаций и интервью с учеными-микробиологами.

И вот ведь какая штука. За пять лет редакторской работы с текстами Эда я настолько «сроднился» с его творчеством, что почувствовал личную ответственность за эту книгу — за адаптацию ее для русскоговорящего читателя. Позволить кому-то испортить ее недостаточно шикарным переводом я не мог. Той осенью я проделал большую работу по поиску издательства, готового выпустить книгу в нашей стране, но волшебным образом издательство вдруг само меня нашло.

Так началось наше неожиданное сотрудничество с департаментом АСТ Non/fiction. Перевод блестяще выполнила Полина Иноземцева, которая неоднократно помогала мне в работе над журналом, а редактором выступил я. В результате этого непростого процесса, наполненного кропотливыми лингвистическими изысканиями и трепетным отношением к оригинальному тексту, получился тот перевод, которого книга Эда Йонга действительно заслуживает.

Более того, русскоязычное издание является дополненным по сравнению с оригиналом. В конце концов, за полтора года с момента англоязычной публикации в микробиологии сделаны новые открытия, в научных журналах опубликованы результаты, о которых автор сообщает лишь со слов исследователей. Поэтому список литературы в данной книге пополнен свежими ссылками, а какие-то новые данные отражены в редакторских примечаниях по ходу текста. Нам также удалось

поймать некоторые неточности и описки в оригинальном издании — в настоящей книге они устранены. Обо всех деталях наших редакторских исследований я уведомил Йонга по электронной почте. «Отличная работа!» — отвечал он благодарственно.

Книга, которую вы держите в руках, — это результат совместной работы многих людей, заключивших друг с другом союзы. О союзах и сама эта книга. Ее оригинальное название — «Я вмещаю множества» (отсылка к цитате из «Песни о себе» Уолта Уитмена) — указывает на существование внутри нас миллионов невидимых союзников, о которых многие и не догадываются. В теле человека микробных клеток почти в полтора раза больше, чем собственно человеческих, и мы неразрывно с ними связаны в сложнейшем и удивительном симбиозе. Влияние микробов на нашу жизнь незримо, но огромно, мы во многом от них зависим, и в какой-то мере они действительно нами управляют. Но не стоит забывать, что зависимость эта взаимная, а отношения между нами и микробами неоднозначны и многовекторны. Эта книга предоставляет возможность взглянуть на наш союз особым взглядом, как и на другие их союзы, коих множество, и заметно расширяет наши представления о вездесущих микробах — а значит, в конечном счете и о нас самих.

Виктор Ковылин, редактор книги,
главный редактор журнала «Батрахоспермум»
(The Batrachospermum Magazine)

Пролог

ПОХОД В ЗООПАРК

Баба невозмутим. Ему совсем не мешает столпившаяся во круг ватага восторженных ребят. Его нисколько не беспокоит палящий зной калифорнийского солнца. Он совершенно не против того, что по его морде, туловищу и лапам елозят ватными палочками. Такая беззаботность вполне оправдана, ведь жизнь его безопасна и легка. Его дом — зоопарк Сан-Диего, его костюм — надежный и прочный доспех, а сам он сейчас обнимается с работником зоопарка. Баба — белобрюхий панголин, премилое создание, похожее на помесь муравьеда с сосновой шишкой. Размером он с небольшого кота. Взгляд его черных глаз меланхоличен, а шерсть у щек напоминает бакенбарды. Его розоватая мордашка увенчана беззубым рыльцем, специально приспособленным для поедания муравьев и термитов. Длинными, изогнутыми когтями на крепких передних лапах можно цепляться за стволы деревьев и разрывать муравейники, а благодаря длинному хвосту — спокойно виснуть на ветвях (и на работниках зоопарка).

Однако самое запоминающееся в нем — это чешуя. Его голова, конечности и хвост покрыты бледно-оранжевыми, наслаивающимися друг на друга пластинами, которые создают очень прочную защитную броню. Состоят они из того же материала, что и ваши ногти, — из кератина. И правда, внешне и на ощупь они скорее напоминают ногти, только крупные, покрытые лаком и сильно погрызенные. К телу каждая пластина прикреплена нежестко, но прочно — когда я глажу его по спине, чешуя под рукой словно проминается и тут же возвращается в прежнее положение. Погладь я его в другую сторону, я бы, наверное, порезался — многие пластины довольно сильно заострены. Без брони у Бабы остались лишь морда, живот и лапы, но при необходимости он может запросто их защитить, свернувшись в клубок. Отсюда у этих зверей и появилось название:

слово «панголин» происходит от малайского *pengguling*, что означает «нечто сворачивающееся».

Баба — один из «послов» зоопарка, в этой функции выступают самые послушные и выдрессированные животные, они участвуют в общественных мероприятиях. Работники зоопарка часто возят Бабу в дома престарелых и детские больницы, чтобы чуточку скрасить деньки больным и старикам и рассказать им о необычных животных. Но сегодня у него выходной. Он просто прижимается к талии зрителя зоопарка и выглядит при этом как самый необычный кушак на свете, а Роб Найт аккуратно снимает ватной палочкой мазки у него с морды. «Я с детства обожаю панголинов, разве не здорово, что такие замечательные животные вообще существуют?» — радуется Роб.

Найт — долговязый новозеландец с короткой стрижкой — специалист по микроскопической жизни, знаток мира невидимок. Он занимается изучением бактерий и других микроорганизмов, то есть микробов, причем особенно его привлекают те, что обитают на телах животных и у них внутри. А чтобы их изучить, надо их сначала поймать. Для ловли бабочек, например, используют сачки и банки, ну а Найт предпочитает работать ватной палочкой. Вот он засовывает ее кончик в ноздрю Бабы и ковыряет там пару секунд — часть бактерий оттуда как раз успевает попасть на палочку. Теперь в вате завязли тысячи, если не миллионы микроскопических клеток. Найт обращается с палочкой очень осторожно, чтобы не побеспокоить панголина. Впрочем, чтобы его побеспокоить, нужно постараться. Мне кажется, если около него взорвать бомбу, он разве что ухом поведет.

Баба — не только панголин, он еще и дом для множества микробов. Некоторые из них живут у него внутри, главным образом в кишечнике. Некоторые — на теле: на морде, животе, лапах, когтях и чешуе. Найт по очереди берет мазки с каждого места. Со своего тела он тоже снял не один мазок, ведь и в нем обитает целое сообщество микроорганизмов. Как и во мне. Как и в каждом животном из этого зоопарка. Как и в любом живом существе на планете, кроме некоторых специально выращенных в лаборатории стерильных животных.

В каждом из нас находится огромный микроскопический зоопарк, известный под названием «микробиота» или «микробиом»¹. Живут его обитатели у нас на коже, в организме, а иногда

даже внутри клеток. Большую их часть составляют бактерии, но есть и другие крошечные организмы — грибы (например, дрожжи) и археи, загадочная группа, о которой мы поговорим позже. Сюда же входят и крайне многочисленные вирусы — это «виром», он заражает все остальные микроорганизмы и иногда клетки организма-хозяина. Увидеть этих мельчайших созданий невооруженным взглядом мы не можем. Но если бы все наши клетки взяли и неведомым образом испарились, можно было бы разглядеть призрачное мерцание микробов, формирующее примерный силуэт только что исчезнувшего тела².

В некоторых случаях вы бы даже не заметили, что клетки исчезли. Губки — одни из самых простых животных, их тела неподвижны и толщиной не превышают несколько клеток, но микробиом у них процветает. Не исключено, что, глядя на губку в микроскоп, вы ее не увидите из-за покрывающих ее тело микробов. Пластинчатые — еще более незамысловатые существа, по сути, коврики из клеток. Они выглядят как амебы, но на самом деле они такие же животные, как и мы, и микроскопические товарищи у них тоже есть³. Муравьи живут в колониях, насчитывающих миллионы особей, но при этом каждый муравей — сам по себе колония. Белый медведь, в одиночку бредущий по Арктике и не видящий вокруг ничего, кроме льда, на самом деле окружен живностью. Горные гуси катают микробов за Гималаи и обратно, а морские слоны погружаются с ними в глубь океана. Нил Армстронг и Базз Олдрин, ступив на поверхность Луны, совершили огромный шаг и для микросообщества.

Орсон Уэллс сказал: «Мы рождаемся в одиночестве, живем в одиночестве и умираем в одиночестве». Он ошибался. Даже когда мы одиноки, мы не одни. Мы существуем в симбиозе — этот замечательный термин означает совместное существование разных организмов. К одним животным микробы присоединяются, когда те еще находятся на стадии неоплодотворенной яйцеклетки, другие же объединяются с новыми товарищами при рождении. Так и живем бок о бок с ними. Мы едим — и они едят. Мы путешествуем — они едут с нами. Мы умираем — они нас пожирают. Каждый из нас — это своеобразный зоопарк, колония, существующая в одном теле. Коллектив из множества видов. Целый мир.

Возможно, это нелегко понять — хотя бы потому, что мы, люди, являемся на Земле доминирующим видом. Для нас не существует границ. Мы посетили каждый уголок земного шара, а некоторые даже покидали его. Нам сложно представить, что какие-то существа обитают в кишечнике или даже в одной-единственной клетке организма или что наши части тела — это целые ландшафты. Но ведь так оно и есть. На Земле есть множество разных экосистем: тропические леса, пастбища, коралловые рифы, пустыни, солончаки — и каждую населяют определенные сообщества. Но в любом животном тоже полно экосистем. Кожа, рот, кишечник, гениталии, любой орган, контактирующий с окружающим миром, — везде обитают специфичные для этих органов микроорганизмы⁴. Понятия, используемые экологами для описания континентальных экосистем, которые можно увидеть со спутника, применимы и к экосистемам в наших телах, которые мы рассматриваем через микроскоп. Мы можем говорить о разнообразии видов микробов. Мы можем нарисовать пищевые сети, которые покажут, как различные организмы питаются друг другом и друг друга кормят. Можем выявить ключевые микроорганизмы, оказывающие на окружающую среду особенно сильное влияние, как каланы или волки. Можем рассматривать микробов, вызывающих болезни, — то есть патогенов — как инвазивных животных, таких как жаба-ага или красный огненный муравей. Можем сравнить воспаленный кишечник человека с гибнущим коралловым рифом или распаханное поле — покореженной экосистемой с нарушенной экологической устойчивостью.

Эти сходства означают, что, глядя на термита, губку или мышь, мы глядим на самих себя. Пусть их микробы и отличаются от наших, но наши и их симбиозы основаны на одних принципах. Моллюск, покрытый бактериями, светящимися только по ночам, прольет свет на суточные ритмы бактерий у нас в кишечнике. Микроорганизмы в коралловом рифе, буйствующие из-за загрязнения и чрезмерного вылова рыбы, подскажут, что происходит в кишечнике, когда мы едим нездоровую пищу или принимаем антибиотики. Мышь, чье поведение меняется под влиянием кишечных микробов, сможет объяснить нам, как наши товарищи-микробы влияют на наш собственный разум. Микробы объединяют нас и других существ, пусть наши жизни и различаются до невероятия. Эти самые

жизни невозможно прожить в одиночестве, ведь нельзя забывать про микроорганизмы. Нам, таким большим, нужно согласовывать каждый шаг с микробами, такими маленькими. Микробы еще и перемещаются между животными, а также между нашими телами и почвой, водой, воздухом, зданиями и всем, что вокруг нас находится. Они соединяют нас с миром и друг с другом.

Вся зоология — это на самом деле экология. Не разобравшись с микробами в наших собственных телах и с нашими симбиотическими отношениями, мы не сможем полностью понять и жизнь животных. А не поняв, как микробы наших собратьев по планете влияют на их жизнь и улучшают ее, мы не сумеем оценить по достоинству и наш микробиом. Нам нужно взглянуть на весь животный мир в целом и разглядеть при этом скрытые экосистемы в каждом животном по отдельности. Мы смотрим на жуков и слонов, на морских ежей и дождевых червей, на родителей и друзей — и видим индивидуумов, состоящих из одного многоклеточного тела, управляемых одним мозгом и обладающих одним геномом. Приятное заблуждение. На самом деле имя нам — легион, каждому из нас. Всегда есть «мы», а не «я». Забудьте Орсона Уэллса, прислушайтесь лучше к Уолту Уитмену: «Я огромен, я вмещаю множества!»⁵

Глава 1

ЖИВЫЕ ОСТРОВА

Возраст Земли — 4,54 миллиарда лет. Осмыслить такой огромный промежуток времени просто так не получится, так что мы сейчас попробуем мысленно сжать всю историю существования планеты в один календарный год¹. Сейчас, когда вы читаете эту книгу, 31 декабря — вот-вот должны пробить куранты (к счастью, 9 секунд назад изобрели фейерверки). Люди существуют уже полчаса, может, чуть меньше. До вечера 26 декабря миром правили динозавры, но все они, кроме птиц, вымерли после столкновения астероида с Землей. Цветы и млекопитающие появились чуть раньше, тоже в декабре. В ноябре планету заполонили растения, а в океанах появились почти все основные группы животных. И растения, и животные состоят из множества клеток — подобные многоклеточные организмы уже точно существовали к началу октября. Возможно, они появились и раньше — по окаменелостям нельзя сказать наверняка, — но тогда они были немногочисленны. В подавляющем большинстве живые организмы до начала октября были одноклеточными. Их невозможно было бы разглядеть невооруженным глазом, если бы тогда вообще существовали глаза. Так все и продолжалось с момента появления жизни на Земле где-то в марте.

Подчеркну, что все известные нам видимые живые организмы — все те, кто приходит на ум, когда мы вспоминаем о «природе», — появились здесь совсем недавно, к эпилогу. На протяжении большей части истории единственными представителями жизни на Земле были микробы. В нашем воображаемом календаре с марта по октябрь планета была в их полном распоряжении.

И за это время они очень круто ее изменили. Бактерии обогащают почву и расщепляют загрязняющие ее вещества. Они поддерживают геохимические циклы углерода, азота, соли и фосфора, преобразуя их в составляющие, которые потребля-

ются животными и растениями, а затем возвращая их в почву путем разложения органических тел. Они стали первыми организмами, способными готовить себе пищу, используя солнечную энергию в процессе фотосинтеза. Их главный продукт жизнедеятельности — кислород, и они выделили его столько, что атмосфера планеты изменилась навсегда. Именно благодаря им мы живем в мире с кислородом. Даже сейчас бактерии-фотосинтетики в океане производят половину кислорода, которым мы дышим, и связывают столько же углекислого газа². Считается, что мы живем в *антропоцене* — новой геологической эпохе, отличительным признаком которой является огромная степень влияния человека на планету. Однако с тем же успехом можно заявить, что мы все еще живем в *микробиоцене* — эпохе, которая началась с зарождением жизни на Земле и будет продолжаться до ее исчезновения.

Микроорганизмы и правда вездесущи. Они обитают в воде глубочайших океанских впадин и среди скал на дне. Выживают в непрестанно извергающихся «черных курильщиках», горячих источниках и антарктических льдах. Даже в облаках они есть: помогают дождю и снегу выпасть на землю. На нашей планете они существуют в астрономических количествах. Даже больше, чем в астрономических: в вашем кишечнике микробов больше, чем звезд в нашей галактике³.

В таком изобилующем микробами и ими же измененном мире и появились животные. Как заметил палеонтолог Эндрю Нолл, «если животные на эволюционном торте — вишенка, то бактерии — это сам торт»⁴. Они всегда были частью экологии нашего мира. Мы развились в тех, кем являемся, среди них — причем как раз из них мы и развились. Животные относятся к *эукариотам* — группе, включающей в себя также все растения с водорослями и грибы. Несмотря на все наши очевидные различия, организмы эукариот состоят из клеток с одинаковым базовым строением, что и отличает их от остальных живых организмов. Практически вся ДНК эукариот собрана в центральном ядре клетки, что и послужило основой для их названия: «эукариота» происходит от греческого «истинное ядро». Еще у них есть внутренний «скелет», обеспечивающий опору и перемещающий молекулы с места на место. И конечно, митохондрии — маленькие бобовидные генераторы, которые обеспечивают клетки энергией.

Для всех эукариот эти черты являются общими, так как мы произошли от одного предка около двух миллиардов лет назад. До того жизнь на Земле была разделена на два лагеря, или домена: *бактерии*, о которых мы уже знаем, и *археи*, о которых мало кому известно и которые отличаются талантом к колонизации сред с самыми неблагоприятными условиями. Организмы обеих групп — одноклеточные, то есть гораздо менее сложные, чем эукариоты. У них отсутствует внутренний скелет, как и клеточное ядро. Митохондрий, снабжающих их энергией, у них тоже нет — скоро вы поймете почему. К тому же на первый взгляд они похожи внешне, отчего поначалу ученые считали, что археи — тоже бактерии. Но внешность обманчива — биохимически археи отличаются от бактерий примерно так же, как Windows от Mac.

В течение примерно двух с половиной миллиардов лет от зарождения жизни на Земле бактерии и археи эволюционировали раздельно. А затем бактерия каким-то неведомым образом соединилась с археей, потеряв тем самым возможность существовать независимо, и так и осталась заключена в новом организме-хозяине. Именно так, по мнению многих ученых, появились эукариоты. Это повесть о том, как создавались мы с вами, — о слиянии двух доменов жизни в третий, о величайшем симбиозе всех времен. Архея образовала тело клетки-эукариоты, а бактерия со временем превратилась в митохондрию.

Этот судьбоносный союз и дал начало всем эукариотам⁵. Именно поэтому в наших геномах содержится множество генов архейной природы и тех, что больше напоминают гены бактерий. По той же причине митохондрии присутствуют во всех наших клетках. Эти прирученные бактерии изменили все. Эукариотические клетки смогли использовать этот источник энергии для роста, накопления большего количества генов и развития в более сложные организмы. Биохимик Ник Лейн называет все это «черной дырой в сердце биологии». Расстояние между простыми клетками бактерий и более сложными клетками эукариот огромно, и жизнь пересекла его лишь один раз за четыре миллиарда лет. С тех пор бактериям и археям ни разу не удалось снова создать эукариотическую клетку, несмотря на то что развиваются они очень быстро. Как такое возможно? Другие сложные конструкции — глаза, покровы, многоклеточные тела — не раз развивались в ходе эволюции

независимо друг от друга, но появление эукариоты — это единственный случай. Как утверждают Лейн и другие ученые, слияние археи и бактерии, создавшее эукариот, было настолько маловероятным, что так и не повторилось, а если и повторилось, то не привело к подобному результату. Своим союзом эти два микроорганизма вопреки всем ожиданиям дали толчок к появлению всех существующих в мире растений, животных, грибов и вообще всего видимого невооруженным глазом. Именно благодаря им я пишу эту книгу, а вы ее читаете. В нашем воображаемом календаре это слияние произошло где-то в середине июля. Эта книга — о том, что произошло после.

После возникновения эукариот некоторые из них вскоре начали взаимодействовать и объединяться. Так появились многоклеточные — к ним относятся и растения с животными. Первые живые организмы стали крупными, настолько крупными, что у них появилась возможность принимать в собственные тела большие сообщества бактерий и других микроорганизмов⁶. Сосчитать их — задача крайне сложная. Считается, что в среднем в организме человека на каждую человеческую клетку приходится десять микробных, так что можно сказать, что мы — не более чем погрешности в своем собственном теле. Однако отношение 10 к 1, упоминаемое в книгах, журналах, конференциях TED и практически в каждом научном обзоре на эту тему, на самом деле не более чем грубая прикидка, основанная на крайне неточных подсчетах, которую, к сожалению, многие приняли за факт⁷. По последним подсчетам, наших собственных клеток в нашем организме около 30 триллионов, а клеток микробов примерно 39 триллионов — почти поровну. Эти результаты тоже не отличаются точностью, да оно и неважно: мы в любом случае вмещаем множества.

Если мы рассмотрим свою кожу под увеличением, мы увидим их: круглые бусинки, упитанные палочки и хвостатые фасолинки, каждая размером в несколько миллионных метра. Они настолько малы, что, несмотря на их количество, все вместе они весят всего пару килограммов. Дюжина этих ребят или даже больше смогли бы удобно уложиться по ширине человеческого волоса. Миллион смог бы устроить вечеринку на булавочной головке.

У большинства из нас нет доступа к микроскопу, так что мало кому удастся рассмотреть этих крох напрямую. Все, что мы замечаем, — это последствия их деятельности, причем обычно плохие. Мы чувствуем, как болит воспаленный кишечник, и слышим, как кто-то чихает в двух шагах от нас. Увидеть бактерию *Mycobacterium tuberculosis* невооруженным глазом у нас не получится, а вот кровь в слюне больного туберкулезом — вполне. *Yersinia persis*, другую бактерию, мы тоже не заметим, но проглядеть вызванную ей эпидемию чумы сложно. Это болезнетворные микробы, так называемые патогены. За всю историю человечества они нанесли нам немало ущерба и, несомненно, оставили свой культурный след. Многие из нас до сих пор считают микробов вредными разносчиками болезней, от которых нужно держаться подальше. В желтой прессе частенько попадаются страшилки, рассказывающие о том, что предметы повседневного пользования, такие как клавиатуры, мобильные телефоны и дверные ручки, оказывается, — ужасно какой! — кишат бактериями. Даже в большей степени, чем сиденье унитаза! Подобные рассказы намекают на то, что микробы — это плохо и что их присутствие указывает на грязь, запущенность и выглядывающие из-за угла болезни. По отношению к микробам это очень несправедливо. Большинство из них патогенами не являются. Они не становятся причиной заболеваний. Существует менее сотни видов болезнетворных бактерий, опасных для человека⁸, вместе с тем в нашем кишечнике живут тысячи видов, и почти все безобидны. В худшем случае они — пассажиры, автостопом путешествующие по организмам, в лучшем же — неотъемлемая часть наших тел, охраняющая их от напастей. Их нельзя увидеть, но они не менее важны, чем желудок или глаза. Это своеобразный орган, состоящий из миллиардов клеток, только они не образуют единое скопление, как принято у нормальных органов, а копошатся отдельно друг от друга.

Микробиом гораздо более изменчив, чем любая из известных нам частей нашего тела. Ваши клетки содержат от 20 до 25 тысяч генов, а клетки микробов в вашем теле — в 500 раз больше⁹. Благодаря своему генетическому разнообразию вкупе с высокой скоростью развития они способны приспособиться к любым трудностям. Они помогают нам переваривать пищу, высвобождая питательные вещества, к которым у нас иначе