

Большой взрыв

Звезды

Океаны

Одежда

Ракеты

Собаки

Секс

Пенициллин

Кислород

Музыка

Часы

New Scientist

Происхождение (почти) всего

Колесо

Предисловие
профессора
Стивена Хокинга

Письменность

Сон

Кулинария

Жизнь

Пиво

Компьютеры

Микроволны

Динозавры

Интернет

Авиация

Суперклей



ТРАЕКТОРИЯ



ГРЭМ ЛОУТОН

Получив степень бакалавра по биохимии и магистерскую степень по коммуникации в науке в Имперском колледже Лондона, Грэм Лоутон в конце концов осел в редакции журнала *New Scientist*, где и работает с начала XXI века, сперва редактором отдела, а сейчас выпускающим редактором. Он удостоился множества наград за свои сочинения и редакторские проекты.

ДЖЕННИФЕР ДЭНИЕЛ

Писательница и художница, лауреат нескольких премий, Дженнифер Дэниел регулярно сотрудничает с *New York Times* и *New Yorker*, а также рисует мультфильмы и иллюстрации для разных издательств. Дженнифер Дэниел — директор творческого отдела в *Google*, а в прошлом — художественный редактор *New York Times*. Ее инфографика и графические повествования удостоились множества престижных наград.

Происхождение (почти) всего

New Scientist

Текст

Грэм Лоутон

Иллюстрации

Дженнифер Дэниел

Перевод с английского
Анастасия Бродоцкая



Издательство
АСТ
Москва


ТРАЕКТОРИЯ



Содержание

Предисловие

Стивена Хокинга 6

Предисловие автора 8

1 Вселенная 10

2 Наша планета 38

3 Жизнь 70

4 Цивилизация 118

5 Знания 166

6 Изобретения 198

Советуем прочитать 246

Благодарности 249

Предметно-именной
указатель 250



Предисловие

Профессор Стивен Хокинг

Все сущее. Откуда мы взялись?

Почему мы здесь? Откуда мы взялись? Согласно верованиям центральноафриканского племени бушонго, до нас была лишь тьма, вода и великий бог Бумба. В один прекрасный день у Бумбы разболелся живот — и его вырвало Солнцем. Солнце выпарило часть воды — и получилась суша. Бумбе все еще было нехорошо, и его стошнило Луной, звездами, а потом — леопардом, крокодилом, черепахой и, наконец, людьми.

Этот миф о творении, как и многие другие, ищет ответы на те же самые вопросы, которые мы задаем и сегодня. К счастью, как вы вскоре убедитесь, теперь у нас есть надежный инструмент, позволяющий дать на них ответы. Этот инструмент — наука.

Первые научные разгадки этих загадок бытия появились в 1920-е годы, когда Эдвин Хаббл начал наблюдения на телескопе в обсерватории Маунт-Вилсон в Калифорнии. И неожиданно для себя обнаружил, что практически все галактики разлетаются от нас. Более того, чем дальше галактики, тем быстрее они движутся. Расширение Вселенной стало одним из важнейших открытий в истории человечества.

Открытие Хаббла полностью преобразило ход дискуссий о том, было ли у Вселенной начало. Если сейчас галактики разбегаются, значит, в прошлом они были ближе друг к другу. Если их скорость все это время оставалась постоянной, выходит, много миллиардов лет назад они были слеплены в один ком. Может, это и было начало Вселенной?

В то время многим ученым не нравилась мысль о начале Вселенной, ведь из нее следовало, что вся физика разваливается на куски. Чтобы определить, как началась Вселенная, пришлось бы предположить наличие какой-то внешней силы — для удобства можно назвать ее богом. Поэтому ученые продвигали теории, согласно которым сейчас Вселенная расширяется, но начала у нее не было.

Пожалуй, самая известная из них была выдвинута в 1948 году. “Теория стационарной Вселенной” предполагала, что Вселенная существовала всегда и во веки веков будет выглядеть одинаково. Последнее свойство обладало огромным достоинством: это предсказание

можно было проверить (необходимое условие научного метода). И оказалось, что оно неверно.

Наблюдательные данные, подтверждающие, что у Вселенной было начало и она тогда была сверхплотной, появились в октябре 1965 года, когда исследователи открыли слабое фоновое микроволновое излучение, пронизывающее весь космос. Этому могло быть только одно разумное объяснение: фоновое микроволновое излучение осталось с тех времен, когда Вселенная была очень горячей и плотной. По мере расширения Вселенной излучение остывало и в конце концов превратилось в еле заметный реликт, который мы и наблюдаем сегодня.

Вскоре это получило теоретическое обоснование. Мы с Роджером Пенроузом из Оксфордского университета показали, что если верна общая теория относительности, которую сформулировал Эйнштейн, у времени было начало и в начале времен должна была быть сингулярность — точка бесконечной плотности и свернутого пространства-времени.

Вселенная началась с Большого взрыва и после этого быстро расширялась. Этот процесс называется “инфляция”, и шел он стремительно: за крошечную долю секунды Вселенная много раз удвоила свой размер.

Инфляция сделала Вселенную очень большой, очень однородной и очень плоской. Однако все же не идеально однородной — в разных местах наблюдались крошечные отклонения. Из этих отклонений в конце концов возникли галактики, звезды и солнечные системы.

Своим существованием мы обязаны этим отклонениям. Если бы в начале времен Вселенная была совершенно однородной, не было бы никаких звезд, а значит, не могла бы зародиться жизнь. Мы — продукт первобытных квантовых флуктуаций.

Как вскоре станет понятно, мироздание таит в себе еще много фундаментальных загадок. Но все же мы стремительно приближаемся к ответам на извечные вопросы: откуда мы взялись? И одни ли мы такие во Вселенной — или здесь есть и другие существа, способные задавать подобные вопросы?

Предисловие автора



Вопрос о начале всего занимает меня с детства. Мы с мамой, папой и сестрой часто ездили на море в Йоркшире, выковыривали из утесов аммонитов, белемнитов и грифей, и я все думал: откуда же они взялись? Какой была Земля в ту пору, когда жили все эти существа?

Вопросы о том, откуда все взялось, порождал не только мир дикой природы. Помню, как я смотрел телевизор — скорее всего, тогда еще черно-белый, но все равно настоящее чудо техники — и думал: кто его изобрел? Я не мог себе представить, как это — взять и придумать коробочку с экраном, которая показывает картинки с огромного расстояния. Сам я бы точно не смог, думал я.

Когда 20 лет назад я начал писать популярные статьи, то понял, как сильно все эти истории о первоначалах действуют на наше воображение. Вопрос “Откуда мы взялись?” — один из самых серьезных и фундаментальных вопросов нашего бытия (наряду с “Как жить?” и “Куда все катится?”, но о них как-нибудь в другой раз). Я убежден, что такова уж природа человека — смотреть на что-то или размышлять над какой-нибудь экзистенциальной проблемой и удивляться: как так получилось?

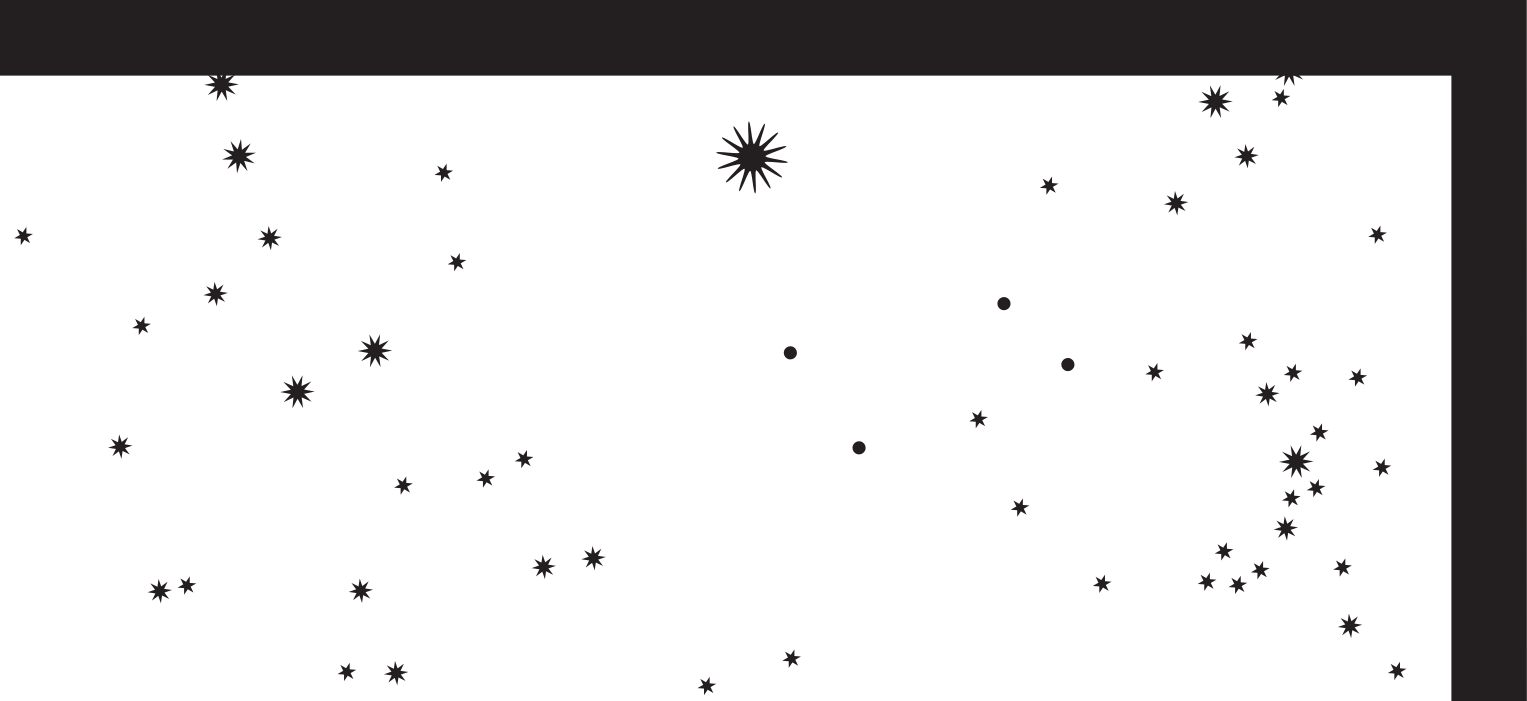
Во всех известных нам культурах есть легенды о происхождении космоса и его обитателей. Самый древний миф о сотворении мира, дошедший до нас, — “Энума элиш”, записанный на глиняных табличках 2700 лет назад в Вавилоне бронзового века. Но космогонические мифы наверняка были и раньше — они возникли уже 40 000 лет назад, когда наши предки превратились в так называемых поведенчески совре-

менных людей. Насколько нам известно, их сознание было таким же, как у нас. Это значит, что наши предки обладали способностью ментально путешествовать во времени — мысленно перемещаться в прошлое и будущее, то есть выходить за пределы здесь-и-сейчас и даже за границы собственной жизни, чтобы поразмышлять о глубоком прошлом и отдаленном будущем. Они, как и мы, наверняка интересовались, откуда все это взялось.

А может быть, все началось еще раньше. Возможно, миф о сотворении мира придумали наши самые древние предки — и миллион лет назад его рассказывали на праязыке у костра на стоянке *Homo erectus*, человека прямоходящего. Да, миф о сотворении нужен даже мифам о сотворении.

Разумеется, создателям этих древних легенд не на что было опираться — только на свой личный опыт и на свое воображение. И они очень часто прибегали к сверхъестественным объяснениям. К таким легендам относится и космогонический миф нашей культуры — “Бытие”. Его создатели даже перестарались — сначала изложили знакомый нам миф о шести днях творения, а потом привели чуть-чуть иную версию, несколько противоречащую первой. Вероятно, это и есть молчаливое признание в том, что наверняка нам не узнать, хотя и очень хочется.





Однако стоило нам заручиться помощью научного метода, как ментальные путешествия во времени превратились в точный инструмент. Теперь у нас есть телескопы, и можно заглядывать в раннюю Вселенную и изучать ее свойства математическими методами. Когда мы научились таким образом возвращаться в прошлое, это позволило нам сделать грандиозные шаги — практически заглянуть в начало Вселенной, как написал в своем предисловии Стивен Хокинг.

Между тем исторические науки — геология, эволюционная биология и космология — позволяют нам реконструировать события, произошедшие задолго до возникновения человека, давным-давно, в глубинах времен: формирование нашей Солнечной системы, зарождение жизни, эволюцию нашего биологического вида и так далее и тому подобное. Археология и история помогают разобраться в собственном прошлом и в происхождении всего того, за что люди непосредственно отвечают: от первых достижений науки и техники, например кулинарии, до современных инноваций, например интернета.

Книга “Происхождение (почти) всего” — это собрание кратких историй о происхождении и зарождении самых разных вещей с точки зрения современной науки. В этих 53 главах рассказано все самое главное, интересное и неожиданное, а для наглядности добавлена живая, красочная и зачастую смешная инфографика Дженнифер Дэниел.

Когда я только начал составлять список всего, что должно войти в эту книгу, что-то показалось мне очевидным — например, ясно было, что нельзя обойтись без Большого взрыва, происхождения жизни и эволюции человека. Другим богатым источником идей стало зарождение человеческой цивилизации. Пятна-

дцать тысяч лет назад наши предки были кочевыми охотниками-собираателями, а теперь мы живем в домах, покупаем еду в супермаркетах и путешествуем по миру на машинах. Как так получилось?

Однако не все было так однозначно, и я признаю своим гениальным коллегам из журнала *New Scientist* и издательства *John Murray* за некоторые эксцентричные предложения — среди моих любимых нуль, почва и личная гигиена. В длинный список идей, которые сюда не вошли, попали, например, происхождение крикета и торта-мороженого. Может быть, когда-нибудь я напишу “Происхождение (почти) всего остального”.

Но довольно мысленных путешествий во времени. Я очень горжусь этой книгой. Для меня это была дорога открытий — надеюсь, она станет тем же и для вас. Многие рассказанные здесь истории в ходе работы над книгой менялись и эволюционировали, поскольку постоянно обнаруживалось что-то новое и интересное. Такова неумная красота науки.

Я жалею лишь об одном — что на обложку не попал рабочий подзаголовок (если вам интересно, “От Большого взрыва до пушка в пупке” — по-моему, это дает представление о диапазоне тем). Сама книга официально родилась во время мозгового штурма *New Scientist* и *John Murray*, но я предпочитаю думать, что на самом деле это произошло на йоркширском пляже, в голове маленького мальчика, вдохновленного чудесами природы.

Опять я за свое — путешествую во времени, чтобы понять, откуда что началось. От себя не уйдешь.

Грэм Лоутон
Лондон, май 2016 года

Глава 1



Вселенная

14

Вещество,
пространство
и время

18

Звезды
и галактики

22

Химические
элементы

30
Темная материя
и темная энергия

26
Метеориты

34
Черные
дыры

С чего все началось?

Вселенная большая. Очень большая. И все же, если наша теория о ее происхождении верна, когда-то Вселенная была очень маленькой. Очень-очень. Более того, в какой-то момент ее не существовало. Около 13,8 млрд лет назад вещество, энергия, время и пространство спонтанно возникли из ничего, и это событие мы знаем как Большой взрыв.

Как это произошло? Точнее, каково происхождение всего?

Это и есть главная космогоническая загадка. Большинство наших предков на протяжении всей истории человечества признавали только один ответ: “Все создал Бог”. Довольно долго даже наука уходила от этого вопроса. В начале XX века физики в целом считали, что Вселенная вечна и бесконечна. Первый намек, что это не так, мы получили только в 1929 году, когда Эдвин Хаббл открыл, что галактики разлетаются друг от друга, будто шrapнель после взрыва.

Вывод напрашивался сам собой: Вселенная расширяется, а значит, в прошлом была меньше. Тогда астрономы представили себе это расширение в обратном порядке, как прокрученное назад кино, и пришли к следующему логичному, но довольно странному выводу: у Вселенной было начало.

Первоначальное начало

Сперва многим ученым не нравилась мысль о начале Вселенной, и они предпочитали альтернативные теории, позволявшие обойтись без него. Пожалуй, самая известная из них — теория стационарной Вселенной, предложенная в 1948 году. Согласно этой гипотезе, Вселенная существовала всегда и всегда будет одинаковой. Астрономы вскоре нашли способы проверить это утверждение и обнаружили, что оно ошибочно. Некоторые космические объекты, например квазары, обнаруживаются только на огромных расстояниях от нас, а это наталкивает на мысль, что Вселенная не всегда выглядела одинаково. Тем не менее наследие сторонников теории стационарной Вселенной осталось с нами до сих пор: это они подарили нам

свое выражение “Большой взрыв”, которое поначалу было не более чем саркастической насмешкой.

Последний удар теории стационарной Вселенной был нанесен в 1965 году, когда ученые случайно открыли слабое излучение, пронизывающее все пространство. Это фоновое космическое микроволновое излучение считают отголоском тех времен, когда Вселенная была гораздо горячее и плотнее нынешнего.

Вскоре эти наблюдения нашли и теоретическое подтверждение. Стивен Хокинг и Роджер Пенроуз показали, что если верна общая теория относительности, значит, было время, когда Вселенная была бес-

А если без Большого взрыва?

Сегодня Большой взрыв — общепринятое научное объяснение происхождения Вселенной, но и у него есть конкуренты. Например, одна альтернативная теория гласит, что это был не взрыв, а отскок. По такому сценарию обратная перемотка проводит нас сквозь невообразимо плотное горячее начало на ту сторону — в невообразимо плотный и горячий конец предыдущей вселенной. Есть и теория, что “больших взрывов” было много. Согласно теории множественных вселенных, наша Вселенная — лишь пузырек в бурлящей пене вселенных. Однако обе эти идеи предполагают, что у Вселенной не было начала. А осознать это даже сложнее, чем представить себе, что Вселенная просто возникла из ничего.

Большой взрыв или
Большой отскок? Начало
всего или возвращение
предыдущей вселенной?

конечно плотной и маленькой, — момент начала времен.

Сегодня Большой взрыв — общепринятое научное понятие. Космологи считают, что могут проследить эволюцию Вселенной с доли секунды после возникновения до сегодняшнего дня, в том числе и описать краткий период головокружительного расширения, который называется инфляцией, и рождение первых звезд. Однако сам момент сотворения мира до сих пор остается предметом догадок. В этот момент наши теории реальности рушатся. Чтобы добиться какого-то прогресса, нам надо понять, как примирить общую теорию относительности с квантовой теорией. Но несмотря на десятилетия упорных интеллектуальных трудов, физики до сих пор не могут решить эту задачу. Тем не менее у нас есть некоторые представления о том, как ответить на неприятный вопрос о сути Большого взрыва.

Как получить что-то из ничего?

Это весьма разумный вопрос, поскольку основы физики учат нас, что существование Вселенной крайне маловероятно. Второй закон термодинамики гласит, что беспорядок, он же энтропия, с течением времени возрастает. Энтропия измеряет количество способов переставить компоненты системы, не меняя ее общий облик. Например, молекулы раскаленного газа можно переставлять множеством способов, а его температура и давление при этом останутся прежними, поэтому газ — это система с высокой энтропией. Напротив, нельзя переставить молекулы живого существа, не превратив его в неживое существо, так что мы с вами — системы с низкой энтропией.

Согласно этой логике, ничто — это состояние высочайшей энтропии: тасуй его сколько хочешь, а выглядеть оно все равно будет как ничто.

С учетом этого закона трудно понять, как превратить ничто во что-то, тем более в целую вселенную. Но энтропия — это еще не все. Есть еще качество, которое физики называют симметрией, только это не со-

всем то привычное нам понятие симметрии, ассоциирующееся у нас с формами. Физики считают: что-то симметрично, если есть некое преобразование, после применения которого это что-то будет выглядеть как прежде. По этому определению ничто абсолютно симметрично: делай с ним что хочешь, все равно это будет ничто.

Физики установили, что симметрии для того и существуют, чтобы их нарушать, а когда они нарушаются, это оказывает сильнейшее воздействие на Вселенную.

И в самом деле, квантовая теория учит нас, что пустоты не бывает. Идеальная симметрия пустоты так совершенна, что не может сохраниться надолго: ее нарушает мутная пена частиц, которые то возникают, то исчезают.

Это заставляет пойти против собственного здравого смысла и сделать вывод, что, несмотря на энтропию, есть какое-то более естественное состояние, чем ничто. И тогда все в нашей Вселенной — возмущения квантового вакуума.

Может быть, и рождение самой Вселенной объясняется чем-то подобным? Вполне вероятно. Не исключено, что и Большой взрыв произошел просто потому, что пустота повела себя самым естественным образом: в ней возникла квантовая флуктуация, которая вызвала к жизни целую вселенную.

За пределами пространства и времени

Это, конечно, заставляет задаться вопросом, что было до Большого взрыва и долго ли так продолжалось. Увы, тут обычные понятия вроде “до” теряют смысл.

А еще это заставляет задаться куда более трудным вопросом. Такое понимание сотворения мира опирается исключительно на действие законов физики. Но это значит, что законы физики каким-то образом существовали до Вселенной.

Как законы физики могут существовать вне пространства и времени, без своей причины? Иначе говоря, почему на свете есть что-то вместо ничего?

Можно ли отличить что-то...

Вообще-то нет. Между ними нет никакой разницы. Квантовая теория учит нас, что пустоты не бывает, она обязательно что-то породит, например Вселенную. В сущности, это может объяснить и Большой взрыв. Если сложить все вещество и энергию во Вселенной, в том числе гравитацию, которая обладает отрицательной энергией, получится ноль. Вся Вселенная состоит из... ничего.

...от ничего?

Почему звезды светят?

Взгляните в ночное небо — и вы заглянете в прошлое. Свет от самой яркой звезды — Сириуса А — доходит сквозь космическое пространство до Земли примерно за восемь с половиной лет. Денеб, самая далекая звезда, которую видно невооруженным глазом, находится от нас на расстоянии около 2600 световых лет.

Загляните глубже в космос — и вы окажетесь еще дальше в прошлом. В 2012 году космический телескоп “Хаббл” получил изображение, которое назвали *eXtreme Deep Field*. Это изображение — результат регистрации света с крошечного участка неба в течение 23 дней. Изображение пестрит далекими галактиками — некоторые так далеко от нас, что испустили этот свет, когда Вселенной было всего полмиллиарда лет от роду.

Это изображение подтвердило давние догадки астрономов: Вселенная, в сущности, одинакова по всем направлениям и в ней преобладают звезды и галактики, не слишком отличающиеся от наших. Но если бы телескоп имени Хаббла заглянул еще глубже в прошлое, то увидел бы совсем другую Вселенную.

В наши дни общепринято, что Вселенная началась с невообразимо маленького, плотного и горячего комочка вещества и энергии. Ни звезд, ни галактик там не было — они появились лишь спустя 500 млн лет*.

* Самые первые звезды начали загораться примерно через 200 млн лет после Большого взрыва. — *Здесь и далее прим. науч. ред. по данным на 2019–2020 гг.*

Самая старая известная нам галактика — EGSY8p7, родившаяся примерно через 600 млн лет после Большого взрыва**. Спустя полмиллиарда лет Вселенная была полна галактик, и каждая из них состояла из сотен миллиардов звезд. Как получилось, что ее бросило из крайности в крайность?

Чтобы ответить на этот вопрос, придется углубиться очень далеко в прошлое, в момент всего через 3×10^{-44} секунды после Большого взрыва. В тот миг началась инфляция — доля миллисекунды, в течение которой Вселенная расширялась экспоненциально.

Будто воздушный шар

Инфляция превратила Вселенную из пылающего бурлящего сгустка вещества и энергии в нечто значительно более гладкое и однородное — примерно так бывает, если надуть сморщенный воздушный шар. Однако абсолютно однородной Вселенная не стала, в ней были крошечные отклонения, растянутые отголоски квантовых флуктуаций, вызвавших Большой взрыв. А когда инфляция завершилась, Вселенная продолжила расширяться, но гораздо медленнее, и эти вариации растянулись еще сильнее. Это и были зародыши будущих звезд и галактик.

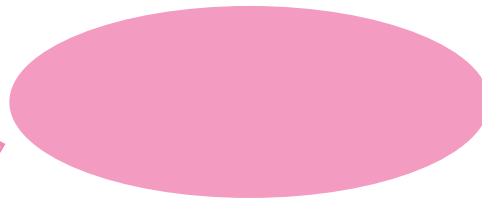
** Самая ранняя галактика — GN-z11, она возникла, когда Вселенной было около 400 млн лет.

Созданы черными дырами

В целом считается, что галактики постепенно образовывались и сгущались под воздействием гравитации. Но есть и другой сценарий, значительно более зрелищный: может быть, их мгновенно породили выбросы высокоэнергичного вещества в облака газа. Эти выбросы исходили из квазаров — невероятно ярких объектов, источником энергии для которых, как считают ученые, служат сверхмассивные черные дыры. Если эта гипотеза верна, то сверхмассивные черные дыры, обнаруживаемые в центре большинства галактик, — не плоды, а создатели своего окружения.

Основных типов галактик три:

Эллиптическая



Спиральная

Об этом мы знаем из наблюдений космического фонового излучения — слабого микроволнового излучения, пронизывающего космическое пространство и часто называемого реликтом Большого взрыва. Поначалу ученые считали, что фоновое космическое излучение везде одинаковой температуры — всего-то на $2,7^{\circ}\text{C}$ выше абсолютного нуля. Но в 1992 году космическая обсерватория НАСА *Cosmic Background Explorer* (COBE) составила подробную карту фонового излучения и обнаружила области, где оно было либо чуть теплее, либо чуть холоднее среднего.

Различия крошечные — всего на несколько сотысячных, — но и этого оказалось достаточно.

Холодные участки соответствуют областям ранней Вселенной, где было больше вещества, в основном водорода и гелия, поэтому эти участки были чуть плотнее среднего. Остальное довершила гравитация, которая постепенно слепила это вещество в большие плотные комья — такие большие и плотные, что в их ядрах начался нуклеосинтез. Так родились звезды.

Кроме того, гравитация создала скопления звезд, которые мы называем галактиками, и скопления галактик, которые мы называем... хм... скоплениями галактик. Они могут достигать размеров более 100 млн световых лет.

Так сформировалась и наша Галактика, и процесс еще идет. Например, Млечный Путь притягивает вещество из двух близлежащих галактик-спутников — Большого и Малого Магеллановых Облаков, — а кроме того, всасывает газы из окрестного космоса. Хотя Млечный Путь — гигантская галактика, гораздо больше и ярче большинства остальных, в дальнейшем она станет еще крупнее, поскольку сольется с Андромедой — еще одной соседней галактикой.

Продолжается и формирование звезд в плотных областях межзвездной пыли, так называемых звездных колыбелях. Космический телескоп “Хаббл” сделал очень красивые снимки огромных столбов газа и пыли, где из облаков появляются новые звезды, уже снабженные протопланетными дисками, из кото-

рых впоследствии сформируются солнечные системы. Млечный Путь порождает в целом около 10 звезд в год.

Рождаются все звезды одинаково, но получаются очень разными. Одни яркие, другие тусклые, одни белые, другие голубые, желтые, оранжевые или красные, одни крошечные, другие огромные.

Живи быстро, умри молодым

Различия сводятся к случайным колебаниям массы. Около 90% звезд — это звезды главной последовательности, и все они делают одно и то же: разрушают в своих недрах ядра водорода и лепят ядра гелия (это зовется нуклеосинтезом). Чем выше масса звезды, тем горячее ее недра и тем быстрее перегорает водород, а значит, тем ярче звезда. А чем она ярче, тем голубее.

Кроме того, масса звезды определяет, сколько та проживет. Хотя чем массивнее звезда, тем больше у нее запас топлива, она сжигает его гораздо быстрее и умирает раньше. Самые массивные звезды расходуют свой водород всего за несколько миллионов лет. А Солнце, например, горит уже 4,6 млрд лет и проживет еще много миллиардов.

Все звезды главной последовательности рано или поздно расходуют весь водород в своем ядре. Затем они начинают сжигать водород из внешних слоев и при этом расширяются и остывают. Так звезды превращаются в гиганты и сверхгиганты.

Жизнь огромных звезд коротка, зато насыщенная. Они производят гелий, углерод, неон, кислород, кремний и серу, а из кремния и серы делают железо. Но железо, сгорая, не порождает более тяжелых элементов — звезда обречена взорваться и стать сверхновой. После этого ее останки сжимаются в маленькую, но плотную сферу — черную дыру или же нейтронную звезду.

Относительно маленькие гиганты не взрываются, а просто медленно угасают и превращаются в раскаленные плотные призраки — белые карлики. Если пройдет достаточно времени, те совсем погаснут и станут черными карликами. Но пока этого не происходит, ведь Вселенная еще молода.

Спиральная
с перемычкой

Гори-гори ясно

Если распределить видимые звезды по яркости и цвету, получится закономерность. Распределение будет не случайным: звезды делятся на три категории, которые многое говорят нам о жизни звезд и об этапах их развития.



10^2
Звезды характеризуются двумя параметрами, которые видно в телескопы: **цветом** и **яркостью**. Если смотреть на них невооруженным глазом, они выглядят белыми или желтыми, но на самом деле бывают разных цветов, от голубого до темно-красного

10
1
0,1

1. Главная последовательность
На этой линии расположено 90 % звезд. Это молодые звезды, и они ведут себя так, как положено молодым: пережигают ядра водорода в ядра гелия в своих недрах. Большинство массивных звезд расположены слева вверху, а самые маленькие — справа внизу. Это потому, что чем звезда крупнее, тем она горячее и ярче.

Сириус В

3. Белые карлики

Старые звезды, отжившие свое как звезды главной последовательности и гиганты. Маленькие, плотные, горячие и невидимые невооруженным глазом. Когда пройдет достаточно времени, белые карлики совсем погаснут и превратятся в черные карлики.

↑
Ось яркости

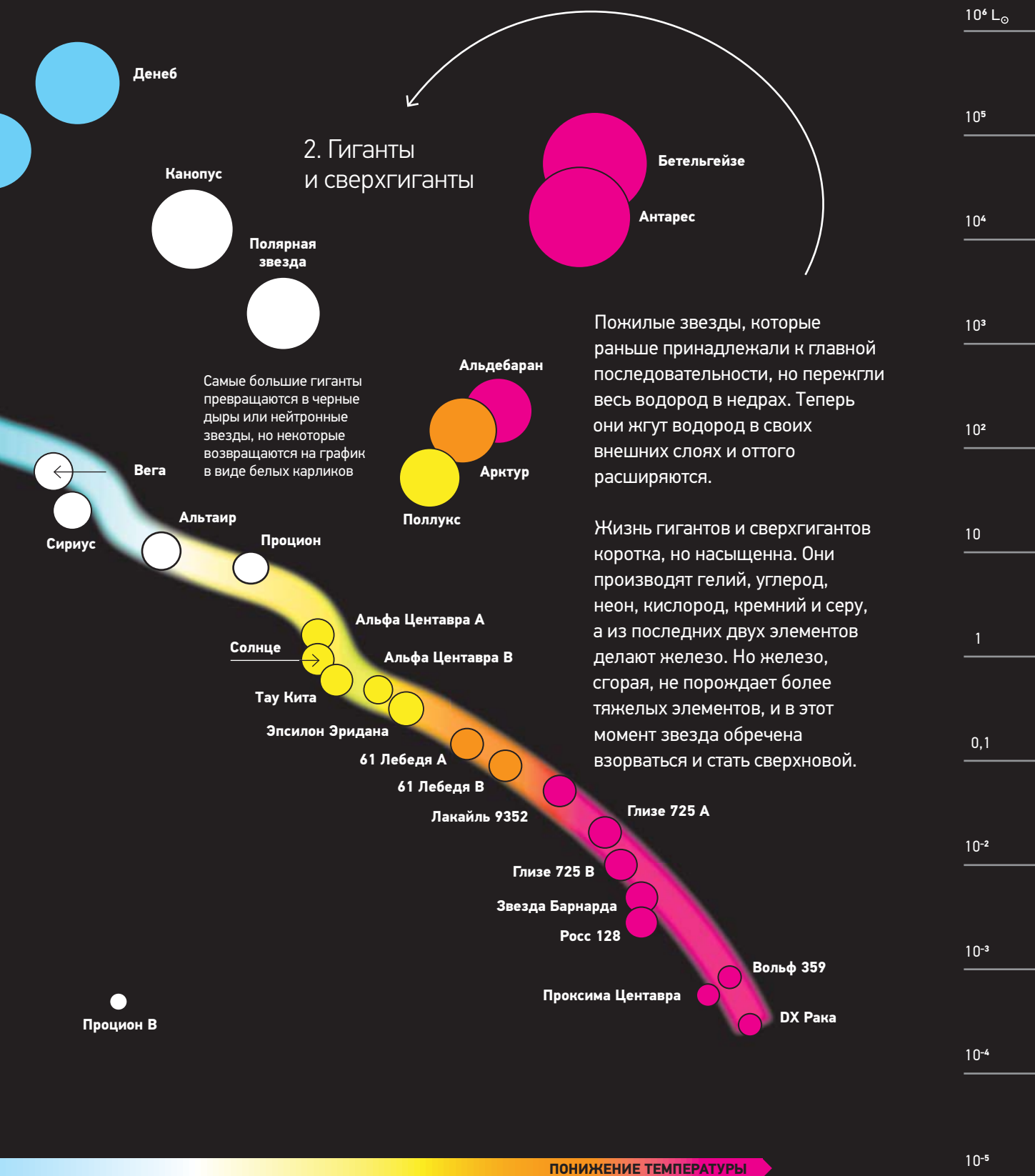
Измеряется в единицах солнечной светимости (L_{\odot}). Одна единица равна яркости Солнца

→
Ось цвета

Показатель температуры. Чем голубее звезда, тем она горячее

$10^{-5} L_{\odot}$

ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ



Из чего состоит вещество?

Представьте себе, что, когда вам исполнился годик, вы получили довольно странный подарок — ампулу с водородом. Через год вам подарили немножко гелия, еще через год — кусочек лития. В день совершеннолетия — в двадцать один год — вы стали счастливым обладателем скандия. На сорокалетие получили кусочек кристаллического циркония. Если доживете до девяноста двух, получите уран. Но чтобы коллекция стала полной, придется протянуть гораздо дольше. А именно — до ста восемнадцати.

Именно столько нам известно химических элементов — пестрой мешанины из твердых тел, жидкостей и газов, металлов и неметаллов, редких и распространенных, полезных и не очень. Все это — строительный материал химии и жизни. Но откуда все они взялись?

Простейший ответ — в результате Большого взрыва. Но он нас не удовлетворит, поскольку сам взрыв породил лишь три самых легких элемента — водород, гелий и чуточку лития. А как же остальные?

Для полного ответа нужно знать, из чего состоят атомы, а также владеть азами арифметики. Самый простой атом — водород, он состоит из одного протона и одного электрона. Следующие по сложности — дейтерий и тритий, представляющие собой водород с добавлением одного или двух нейтронов. Потом идет гелий, у него всего по два. Затем — литий, у него по три. Здравый смысл подсказывает, что большие элементы можно делать, если сплавлять вместе маленькие. Именно так они и образуются.

Большое сжатие

Но все не так просто. Подобные реакции затруднены, поскольку для того, чтобы сплавить два ядра, надо очень много энергии. Требуются астрономические температуры — минимум десять миллионов градусов. Мест, удовлетворяющих таким условиям, во Вселенной всего два: сразу после Большого взрыва и внутри звезд.

Первая фаза создания элементов (первичный нуклеосинтез) началась сразу после Большого взрыва. За сотую долю секунды из огненного шара возникли про-

тоны, нейтроны и электроны. Через несколько секунд протоны с нейтронами начали объединяться, поскольку колоссальная энергия огненного шара слепляла их вместе так называемым сильным взаимодействием. Эти реакции нуклеосинтеза и сформировали ядра дейтерия, которые провзаимодействовали с другими протонами, образовав стабильные ядра гелия.

Но к тому времени, как появился гелий, температура упала так низко, что дальнейший нуклеосинтез уже не мог идти нужными темпами. Возможно, возникло немного лития, но ничего более тяжелого. Нуклеосинтез закончился, едва начавшись.

Очень тяжелые металлы

Элементы тяжелее урана на Земле стали известны лишь в начале 1940-х годов, когда химики создали плутоний и нептуний в результате бомбардировки урана нейтронами. После этого в лабораториях синтезировали еще 24 *трансурановых* элемента. Самый тяжелый из них — оганесон, 118-й элемент.

Часто считают, что все трансурановые элементы полностью искусственны, но это не так. Они создаются при взрывах сверхновых, как и обычные тяжелые элементы. Однако они нестабильны и склонны быстро распадаться. Те, что возникли естественным образом, с момента формирования Солнечной системы давно уже полностью распались, поэтому и не встречаются вне земных лабораторий.

Вы — (в основном) звездная пыль

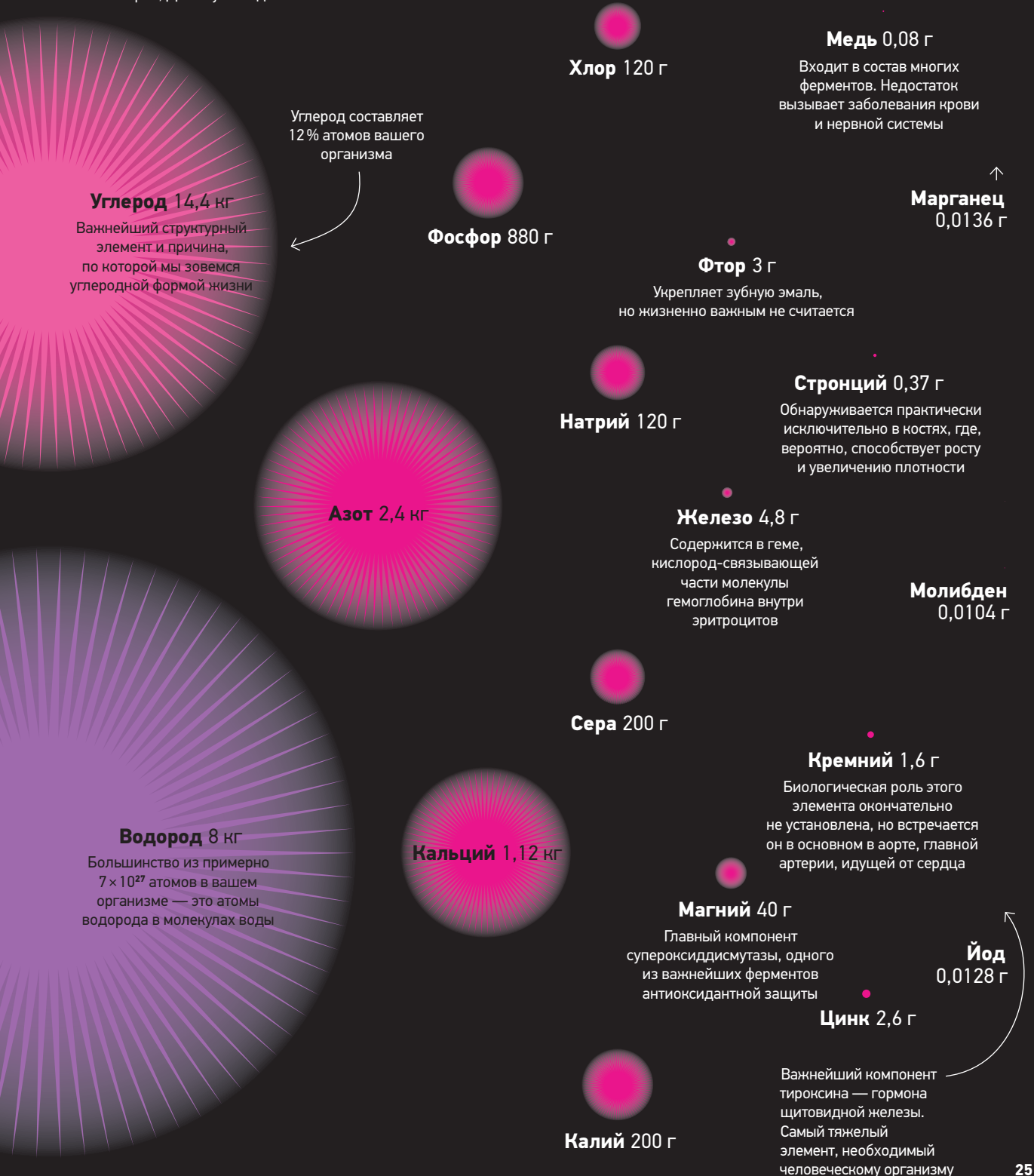
Организм человека содержит около 20 разных элементов, преимущественно возникших в недрах древних звезд. Вот что получится, если разобрать человека массой 80 кг на атомы:

Атомы водорода в вашем теле образовались при Большом взрыве. Все остальные атомы возникли давным-давно внутри какой-то звезды, а затем их вышвырнул в пространство взрыв сверхновой. Поэтому, хотя вы, вероятно, слышали, что все мы — звездная пыль, строго говоря, это не совсем так.

Кислород 52 кг

Этот элемент составляет более половины массы вашего тела, но лишь четверть его атомов

Четыре элемента, которых в человеческом теле больше всего, — водород, кислород, углерод и азот — составляют более 99 % ваших атомов. Они есть во всем организме, в основном в виде воды, но еще и как компоненты биомолекул — белков, жиров, ДНК и углеводов.



Откуда берутся метеориты?

15 февраля 2013 года высоко в небе над Челябинском что-то взорвалось. Почти весь метеорит сгорел в атмосфере, но некоторые куски долетели до земли. Один пробил лед на замерзшем озере Чебаркуль, оставив дыру семи метров в диаметре. Этот фрагмент в октябре того же года достали дайверы, его масса равнялась 570 килограммам. Другие обломки, значительно меньше, находили потом по всему региону.

Астрономы пришли к выводу, что взорвался астероид диаметром от 17 до 20 метров и массой 10 000 тонн. Первоначальный взрыв на высоте около 30 километров был эквивалентен по мощности 500 килотоннам тринитротолуола — примерно в 30 раз мощнее бомбы, сброшенной на Хиросиму. На памяти человечества Земля еще ни разу не сталкивалась с таким крупным внеземным объектом.

Челябинский метеорит — один из более 30 000, обнаруженных на поверхности Земли, иногда сразу после падения, но в основном пролежавшими неопределенно долго. Каждому метеориту есть что рассказать.

Каменные останки

Большинство метеоритов — обломки астероидов, а те, в свою очередь, — строительный мусор, оставшийся после образования Солнечной системы. Астероиды обычно ничего особенного не делают, а сидят себе сложа руки в поясе из щебня между внутренними планетами и внешними ледяными и газовыми гигантами. Однако по той или иной причине они иногда срываются с орбиты или сталкиваются и случайно ложатся на курс, грозящий столкновением с Землей. Такие каменные космические путешественники называются метеорными телами.

А когда метеориты находят, они становятся лакомыми кусочками для планетологов, мечтающих раскрыть заключенные в них тайны истории Солнечной системы.

Первым делом надо разобраться, что это за метеорит, — тогда, вероятно, станет ясно, откуда он. Классификация метеоритов очень сложна, но, вообще го-

воря, они бывают трех типов: каменные, железные и железокатенные.

Челябинский метеорит оказался каменным, вполне заурядным: это был хондрит, названный так потому, что содержит хондры — мелкие округлые образования из силикатного вещества.

Откуда взялись хондры, неизвестно, но, вероятно, первоначально это были шаровидные капли расплавленного камня в облаке пыли и газа, породившем Солнечную систему. Около 86% метеоритов — хондриты. Они состоят в основном из камня и прилетели из пояса астероидов, а значит, это очень древние остатки материала, из которого возникла Солнечная система.

“Планета Органика”

Более необычный класс каменных метеоритов — углеродсодержащие, или углистые хондриты, названные так потому, что содержат необычно много органических соединений, например аминокислот. Такие метеориты считаются древним крошечком из исходного материала, сформировавшего Солнечную систему.

Третий класс каменных метеоритов — ахондриты, названные так потому, что хондры в них отсутствуют. К этому классу принадлежит около 8% метеоритов. Это не скопления древнего материала, а продукт первых этапов строительства планет, когда материал слипался под воздействием гравитации и образовывались протопланеты. Они становились все больше и все горячее и начали плавиться. Это разрушило хондры, а еще привело к тому, что тяжелые элементы, например железо и никель, погрузились внутрь планеты, а каменная мантия осталась снаружи. Каменный внешний слой, видимо, и стал источником большинства ахондритов. Они останки планет-неудачниц, которым так и не удалось поставить себя на широкую ногу.

Крошечная доля ахондритов может похвастаться еще более незаурядным происхождением: когда-то они были частями Марса или Луны.

Примерно каждый двадцатый метеорит принадлежит к группе железных. Они состоят в основном из железа и никеля и тоже представляют собой строительный мусор, оставшийся после возникновения планет, — осколки богатых металлами ядер протопланет, которые разлетелись вдребезги после столкновений. Эти слитки космического металла помогают нам понять, как наша собственная планета расслоилась на ядро, мантию и кору.

Железосодержащие метеориты, последняя большая группа, занимают не слишком почетное промежуточное положение между железными и каменными. Они довольно редкие — к этой категории принадлежит всего 1% метеоритов — и тоже, по всей видимости, произошли из недр планет-неудачниц, из слоев ближе к границе между железным ядром и каменной мантией.

Найти метеорит непросто. Легче всего обнаружить его в пустынных местах — особенно хороша для этого Антарктида, поскольку там все белое, а дрейф льда выносит метеориты к подножию гор.

Берегите головы!

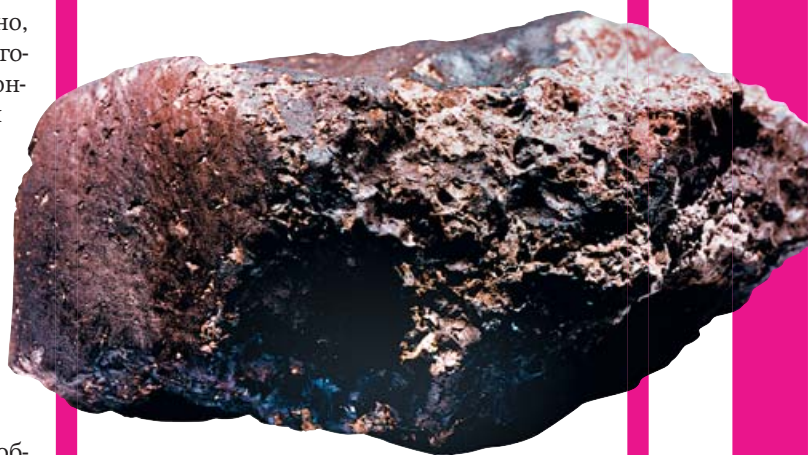
Если вам посчастливится найти метеорит, возможно, это будет осколок огромного астероида, разбившегося около 470 млн лет назад. Он породил ливень хондритов, обрушившийся на Землю в ордовикский период. Многие его обломки еще где-то летают и даже сейчас составляют большинство всех метеоритов, падающих на Землю.

Иногда метеориты попадают в людей, но еще ни одной смерти от попадания метеорита не зафиксировано. В ноябре 1954 года метеорит проломил крышу дома в Алабаме, отскочил от мебели и ударил в бок тридцатичетырехлетней Энн Элизабет Ходжес. У нее остался огромный синяк, но впоследствии она полностью поправилась. В августе 1992 года на угандийский город Мбале обрушился метеоритный дождь. Один метеорит попал в дерево, срикошетил и ударил по голове мальчика, но тот не пострадал.

Кусочки Марса и Луны

В 1969–1976 годах американские и советские космические экспедиции доставили на Землю около 380 кг лунной породы. Но это не единственные камни с Луны на Земле. Довольно много их прибыло к нам в виде метеоритов, видимо выбитых с поверхности в результате соударений.

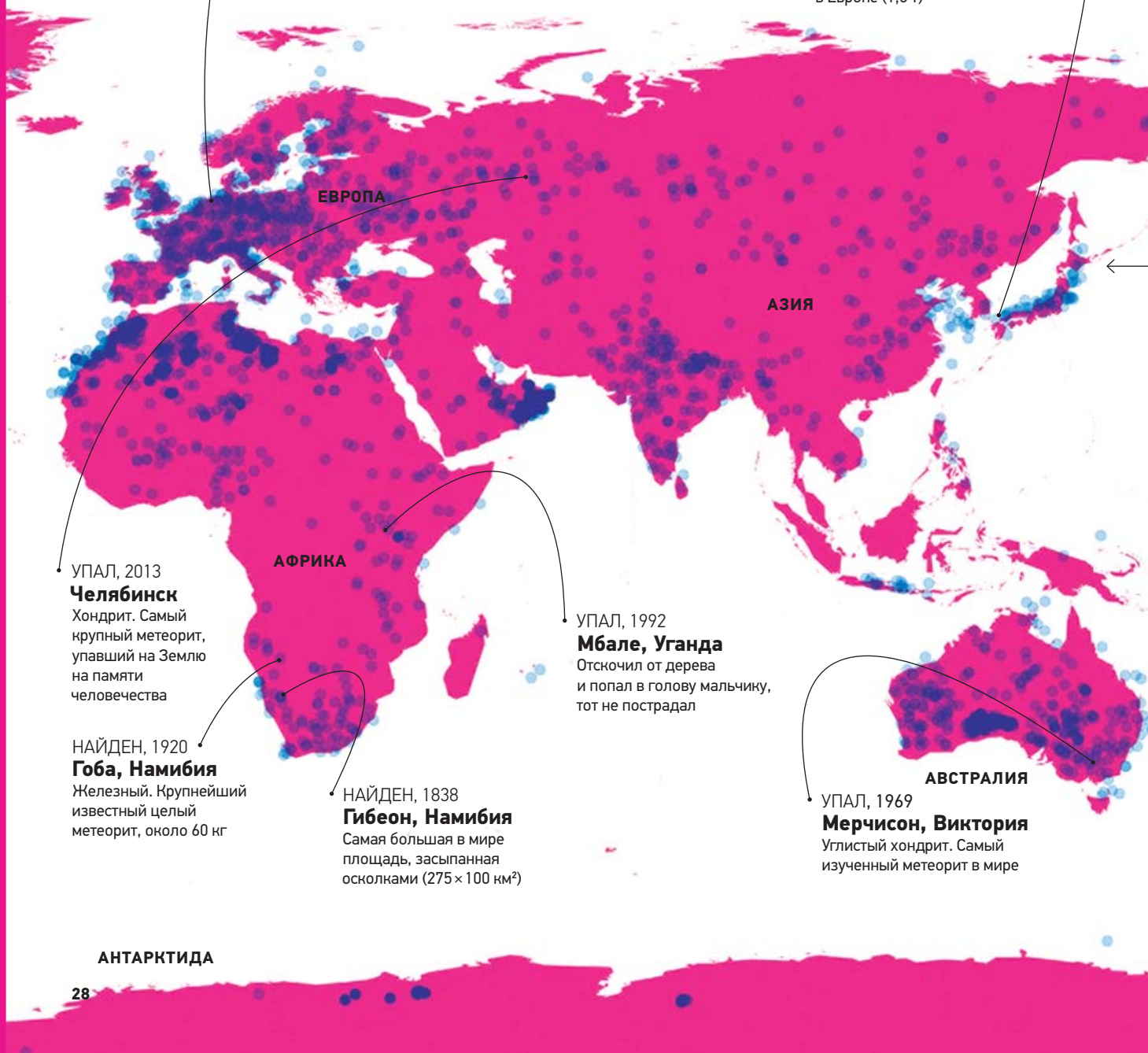
Марс тоже регулярно швыряется в Землю камнями. С Марса к нам попало около 130 метеоритов — это единственные куски красной планеты, которые мы можем подержать в руках. Самый знаменитый из них — ALH 84001, обнаруженный в Антарктиде. В 1996 году ученые из НАСА сделали сенсационное заявление: в нем содержатся окаменелые остатки марсианских бактерий. Увы, научное сообщество в итоге решило иначе: убедительных доказательств тому, что обнаружена инопланетная жизнь, нет.



Прогноз — метеоритный ливень!

За всю историю на поверхности Земли были найдены — или замечены падающими — 34 000 метеоритов.

МЕНЬШЕ МЕТЕОРИТОВ ●●●●● БОЛЬШЕ МЕТЕОРИТОВ



УПАЛ, 1954

**Силакога,
Алабама**

Хондрит. Первый достоверно известный метеорит, от которого пострадал человек: камень пробил крышу и ударил 34-летнюю Энн Элизабет Ходжес

УПАЛ ОКОЛО
50 000 ЛЕТ НАЗАД

**Каньон Дьявола,
Аризона**

Железный. Группа метеоритов, из-за которых образовался Аризонский кратер

НАЙДЕН, 1894

**Мыс Йорк,
Гренландия**

Железный. Глыба массой 34 тонны находится в Американском музее естественной истории. Самый большой метеорит, выставленный на публичное обозрение

**СЕВЕРНАЯ
АМЕРИКА**

**ЮЖНАЯ
АМЕРИКА**

• Концентрация метеоритов отражает не то, где они чаще падают, а то, где их старательнее всего ищут...

• ...Хотя метеориты и вправду скапливаются благодаря ледникам, особенно в горах Алан-Хиллс в Антарктиде.

УПАЛ, 1969

**Альенде,
Мексика**

Углистый хондрит. Крупнейший известный каменный метеорит

НАЙДЕН, 1982

ALH 81005

Первый обнаруженный лунный метеорит

НАЙДЕН, 1984

ALH 84001

Якобы содержал следы марсианской жизни

Источник: Международное общество метеоритики и планетологии

Из чего на самом деле состоит Вселенная?

Вселенная таит много такого, что и не разглядеть.

Очень много. На самом деле, если представить себе, как устроена Вселенная, поневоле подумаешь, что сам ты какой-то странный и непоследовательный. Привычное вещество, из которого состоим мы с вами и все, что нам дорого, составляет меньше 10% всего вещества во Вселенной. А остальное состоит из загадочных сущностей, которые ученые называют темной материей и темной энергией. Это величайшая космологическая загадка нашего времени. Что они собой представляют на самом деле, можно только догадываться.

Первой из этих неподатливых сущностей на сцену вышла темная материя. Еще в начале 1930-х годов голландский астроном Ян Оорт заметил некоторые аномалии в орбитах звезд в пределах Млечного Пути. Объяснить их поведение можно было только наличием какого-то темного, невидимого вещества, заполняющего большую часть пространства.

Затем швейцарский астроном Фриц Цвики заметил похожее аномальное поведение в скоплении галактик в 320 миллионах световых лет от нас. Он обнаружил, что галактики вращаются друг вокруг друга гораздо быстрее, чем показывали теоретические расчеты на основании совокупной массы их звезд. Получалось, что либо галактики содержат больше вещества, чем мы наблюдаем, либо закон всемирного тяготения дал сбой. Цвики предпочел первый вариант и списал все на огромные облака невидимого газа.

В круговерти

В 1970-х годах астрономы получили похожие данные об отдельных галактиках, которые вращались так быстро, что должны были бы разорваться в клочья. Сначала ученые вернулись к гипотезе Цвики о невидимом газе, но тут начались сложности. Если это невидимое вещество обычное, из протонов, нейтронов и электронов, значит, мы неправильно понимаем, как формируются галактики и звезды: они бы образовывались гораздо медленнее.

Тогда ученые пришли к мысли, что там присутствует что-то другое — какая-то загадочная форма вещества, которая не поглощает и не испускает свет или другое электромагнитное излучение, потому что мы ее и не видим. Но с гравитацией она взаимодействует, поэтому мы видим, как она влияет на обычное вещество. Эту форму вещества ученые назвали темной материей.

Сегодня космологи считают, что темная материя составляет значительную долю Вселенной — примерно 27%. Без дополнительного тяготения, обеспечиваемого темной материей, галактики не успели бы сформироваться достаточно быстро и не было бы скоплений и сверхскоплений, которые мы наблюдаем в наши дни.

Темная материя в основном сосредоточена в сферических ореолах вокруг галактик. Более того, масса спиральной галактики вроде нашего Млечного Пути по большей части заключена не в звездах и планетах, а в окружающем их невидимом веществе.

А если это вимпы?

Обидно, но факт: мы до сих пор не знаем, что это за вещество. Наши лучшие теории гласят, что темная материя состоит из вимпов — гипотетических слабовзаимодействующих массивных частиц. Если это так, то нашу планету каждую секунду пронизывают триллионы вимпов. Чтобы их зарегистрировать или получить в лаборатории, провели много экспериментов, но безуспешно.

Чем лучше становятся астрономические наблюдения, тем сильнее затемняется картина. Иногда кажется, что темной материи слишком много, как в случае карликовых галактик, которые вращаются вокруг Млечного Пути. Они вертятся так быстро, что теоретически должны быть набиты темной материей до отказа. Но это противоречит нашей теории формирования галактик, согласно которой количество темной материи в галактике примерно пропорционально ее размеру.

А иногда мы видим слишком мало темной материи. Малых галактик во всей Вселенной примерно

* 26%.

в 10–100 раз меньше, чем предсказывает наша теория формирования галактик. К тому же встречаются галактики, в которых словно вообще нет темной материи, хотя звездные скопления, что вращаются вокруг них, вроде бы испытывают дополнительное гравитационное притяжение.

Проблема гравитации

Итак, нам очень нужно разобраться, из чего состоит темная материя. Если ее не существует, тогда мы неправильно понимаем гравитацию. Для большинства астрономов такая мысль неприемлема, и они по-прежнему делают ставку на темную материю и выводят ее свойства из наблюдательных данных о движении и вращении галактик.

Думаете, как-то нехорошо, что мы ничего не знаем о 27% состава Вселенной? А ведь мы совершенно ничего не знаем о еще примерно 70%! В этом неприятном положении оказались космологи в 1998 году, когда столкнулись со странной антигравитацией, которую теперь называют темной энергией.

Все началось с обычного эксперимента по измерению темпа расширения Вселенной: предполагалось, что он постепенно замедляется, поскольку гравитация с течением времени притормаживает последствия Большого взрыва. Астрономы искали сверхновые — взрывающиеся звезды, чей свет должен был прояснить подробности.

А у сверхновых оказалась своя версия событий. Расстояние до дальних было гораздо больше, чем показывали расчеты, предполагавшие, что Вселенная все это время замедлялась. Неизбежный вывод оголошал ученых: расширение Вселенной не замедляется, а ускоряется. Но почему?

Это стало самым большим вопросом астрофизики, и к ответу на него мы так и не приблизились. Большинство физиков полагают, что дело в неуловимой силе, темной энергии, которая таится в пустоте пространства и обеспечивает около 70% вещества и энергии в космосе, отчего Вселенная и расширяется все быстрее.

Гениальная ошибка Эйнштейна

Современному представлению о темной энергии меньше 20 лет, однако еще в 1917 году Альберт Эйнштейн придумал нечто очень похожее в качестве добавления к своей общей теории относительности. Он понимал, что гравитация заставит Вселенную схлопнуться, поэтому добавил поправочный коэффициент — космологическую постоянную, загадочную антигравитационную силу, присущую пустому пространству. Впоследствии Эйнштейн передумал и даже назвал космологическую постоянную своей “величайшей ошибкой”. А теперь мы понимаем, что он опередил свое время.



Но что же такое эта темная энергия? Хм... мы не знаем. Однако предположений уйма. Может, это энергия, присущая самой ткани пространства. Или экзотическое поле — квинтэссенция, — заставляющее пространство расширяться с переменной скоростью. Или особая форма гравитации, которая не притягивает, а отталкивает. Или даже иллюзия.

Почему мы на 95 % в темноте?

Вселенная, как и изображенные на этой странице мармеладки, по большей части темная: около 68 % — темная энергия, 27 % — темная материя, а значит, Вселенная примерно на 95 % состоит из того, чего мы не видим и не понимаем. Белые мармеладки отражают ту малую долю реальности, в которой мы разобрались.

В Фермилаб, ускорительной лаборатории рядом с Чикаго, есть настоящая банка с мармеладками для демонстрации глубины нашего незнания космоса



Темная Вселенная

Мы лишь знаем, что темная материя стягивает Вселенную воедино, а темная энергия стремится растолкать все в стороны

Наблюдаемый космос

Все, что мы видим глазами и в телескопы: межгалактические и межзвездные газ и пыль, звезды, планеты и жизнь

Откуда берутся черные дыры?

Ясной темной ночью выйдите из дома и найдите на небе созвездие Стрельца. Где-то за ним таится небесное чудовище — не волнуйтесь, оно очень далеко. Это сверхмассивная черная дыра. Вы ее не увидите, она прячется за космической пылью, не говоря уже о том, что она совершенно черная и до нее примерно 26 000 световых лет. Но мы точно знаем, что она там — сидит в самом центре нашей Галактики.

Откуда нам это известно? И как она туда попала?

Обо всем по порядку. Никто никогда не видел черную дыру. Откуда же мы про них знаем?

Люди часто думают, будто черные дыры — это открытие XX века, но мысль о них зародилась еще в 1783 году, когда Джон Мичелл, йоркширский священник и философ-любитель, прислал в Королевское общество Лондона письмо, где излагал свои соображения.

Мичелла заинтересовал вопрос, как измерять расстояния до звезд и звездные величины (этот вопрос и сейчас не дает покоя астрономам). Он опирался на корпускулярную теорию света Ньютона, согласно которой свет состоит из бесконечно малых частичек. Мичелл решил, что свет, испускаемый звездой, должен замедляться ее притяжением. Можно измерить, насколько он замедлился, и исходя из этого рассчитать массу звезды, а значит, и расстояние до Земли.

Пространное письмо Мичелла, опубликованное в журнале Королевского общества *Philosophical Transactions* в 1784 году, преимущественно посвящено тому, как все это измерить с Земли при помощи призм. Но есть в нем место и фантазиям.

Мичелл заключил, что притяжение достаточно массивной звезды будет столь сильно, что из ее уз не сможет вырваться даже свет, и рассчитал, что диаметр такой "захватнической" звезды должен быть примерно в 500 раз больше диаметра Солнца. Если такой объект существует, "его свет никогда не дойдет до нас".

Однако эта абсолютно оригинальная мысль имела лишь косвенное отношение к главной цели Мичелла, поэтому он обрывает свои рассуждения. "Более мы о них говорить не станем", — пишет он.

Мичелл сдержал слово. Он умер в 1793 году и, видимо, в самом деле больше не упоминал о своей идее.

Несколько лет спустя французский ученый Пьер-Симон Лаплас пришел к тому же выводу, размышляя о свойствах очень больших звезд. Их тяготение должно быть так велико, что "не даст ни одному световому лучу достичь нас... поэтому возможно, что самые яркие небесные тела во Вселенной оказываются невидимыми".

Лаплас, вероятно, намеревался развить эту мысль, но в 1804 году решил, что она ошибочна, поскольку появилась новая теория, согласно которой свет — не поток частиц, а волна. Если так, то притяжение на свет не влияет. Идея была забыта.

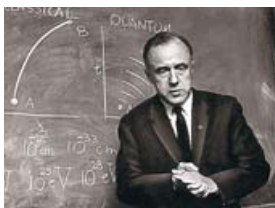
Эффектное возвращение в черном

Все снова переменялось в 1915 году, когда Альберт Эйнштейн сформулировал общую теорию относительности, согласно которой гравитация — это искривление пространства-времени, вызываемое массивными объектами вроде звезд.

Теория давала удивительное предсказание, чего сам Эйнштейн не заметил. Астроном Карл Шварцшильд указал ему нужный вывод, который сделал в свободное

Спагеттификация

Все, что достигает горизонта событий черной дыры, всасывается в нее безвозвратно. Этот процесс называется *спагеттификацией*: гравитация так сильна, что растягивает злополучный объект (например, космический корабль или астронавта) в длинную тонкую нить, а затем черная дыра заглатывает ее, будто всасывает макароны.



время на восточном фронте (он вызвался добровольцем в германскую армию в 1914 году в возрасте 40 лет).

Шварцшильд показал, что если сконцентрировать достаточно много массы в достаточно маленьком пространстве, то искривление пространства-времени станет бесконечным. Возникнет сингулярность — точка, где гравитация так сильна, что оттуда не может вырваться даже свет. Эйнштейн впечатлился, но не поверил, что такие объекты действительно существуют. Шварцшильд умер в 1916 году от болезни, подхваченной в окопах, и его сингулярность стали считать сугубо теоретическим курьезом. В 1939-м Эйнштейн опубликовал статью, где, казалось бы, доказал это, — и о сингулярностях благополучно забыли. На некоторое время.

В 1950-е годы астрономы стали исследовать глубины космоса при помощи радиоволн и обнаружили крайне далекие объекты, такие как квазары, с настолько высокой энергией, что для их описания потребовалось привлечь общую теорию относительности. Это пробудило интерес к очень массивным объектам, и физики начали понимать, что сингулярности могут существовать, а возможно, и существуют. Одним из прорывов стала идея о горизонте событий. Это “поверхность” черной дыры, граница в пространстве-времени, где гравитация становится такой сильной, что оттуда ничего не может вырваться.

К концу 1960-х большинство физиков согласилось, что существование черных дыр неизбежно следует из теории Эйнштейна.

Как возникает черная дыра?

Любая звезда раза в два или больше массивнее нашего Солнца обречена стать черной дырой. Такие звезды обладают мощным гравитационным полем, что создает давление вовнутрь. Всю свою жизнь звезда сопротивляется этому давлению благодаря ядерным реакциям, идущим у нее в недрах. Но когда топливо кончается, происходит “гравитационный коллапс” — звезда схлопывается.

А название откуда?

Откуда появился термин “черная дыра”, точно неизвестно. Часто это название приписывают физiku Джону Арчибальду Уилеру, который упомянул его на лекции в 1967 году. Однако, согласно “Йельской книге цитат”, впервые оно появилось в печати в 1964 году в протоколе конференции Американской ассоциации содействия развитию науки. Видимо, название “черная дыра” было в ходу у астрофизиков еще до Уилера, а тот просто услышал удачное выражение, перенял его и сделал популярным.

Иногда это приводит непосредственно к образованию черной дыры, а иногда к мощному взрыву сверхновой, в результате которого внешние слои звезды разлетаются и остается только ядро. Если оно достаточно массивно, сжатие продолжается. Коллапсирующее вещество становится все плотнее, и в конце концов его гравитационное поле набирает такую силу, что проходит точку невозврата, после чего не выпускает наружу даже свет. Рождается черная дыра.

Однако этот процесс не объясняет, как получились сверхмассивные черные дыры массой как минимум в сто тысяч раз больше массы Солнца. Возможно, они образовались просто потому, что с момента их возникновения прошло невероятно много времени и в обычные черные дыры всосалось огромное количество вещества. Или же они возникли в результате слияния множества обычных черных дыр. Или после коллапса исполинских звезд в ранней Вселенной.

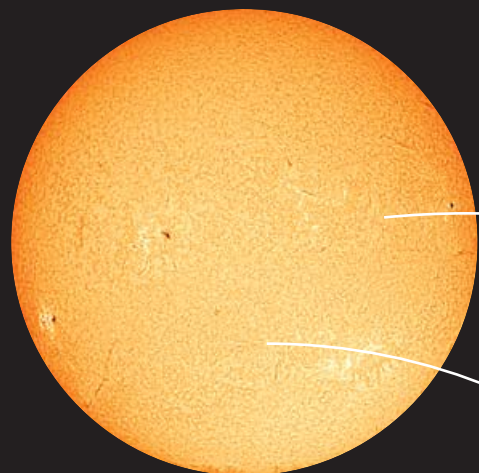
Но вот что интересно: хотя в существовании черных дыр уже никто не сомневается, никто никогда их не видел. Ближе всего мы подошли к ним, когда недавно зарегистрировали гравитационные волны, вызванные столкновением двух черных дыр.

Сейчас разрабатывается план, как получить непосредственное изображение черной дыры*. Тогда их существование будет навеки признано с той же неизбежностью, с какой пропадает навсегда захваченный в них свет.

* В 2019 году получено радиоизображение черной дыры.

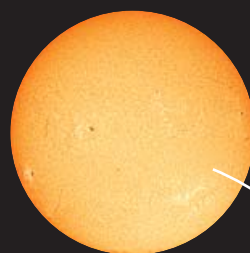
Как проделать дыру во времени и пространстве

Черные дыры невидимы и непостижимы, но мы знаем, что они где-то есть...



Звезда-гигант

Звезда в два и более раза крупнее Солнца обречена стать черной дырой



Звезда

Звезды меньшего размера тоже коллапсируют, но им не хватает гравитации, чтобы пройти весь процесс до конца. В результате они превращаются в белые карлики или нейтронные звезды



Белый карлик

На протяжении жизни звезды противодействуют собственной гравитации благодаря ядерным реакциям в недрах.



Давление, направленное наружу...

...уравновешивает гравитационное сжатие, направленное внутрь

Но когда топливо кончается, звезды уже не могут сопротивляться гравитации и схлопываются.

Этот гравитационный коллапс способен привести либо сразу к возникновению черной дыры, либо к мощному взрыву сверхновой, от которого все внешние слои звезды разлетаются.

Если остаток достаточно массивен, коллапс продолжится — и в конце концов гравитационное поле станет настолько сильным, что вырваться не сможет даже свет.

Черная дыра

Бесконечно малая, бесконечно плотная невидимая область пространства-времени



Сверхновая

Звезда, яркость которой внезапно резко возрастает после взрыва, расшвыривающего большую часть ее массы

Если бы Земля превратилась в черную дыру (чего никогда не случится), ее горизонт событий был бы примерно такого размера, а масса осталась бы прежней



1,77 см


Глава 2



Наша планета

42 Солнечная система

46 Луна



50 Континенты и океаны

54 Погода

58 Почва

62 Воздух

66 Нефть

Почему мы живем на третьей каменной глыбе от Солнца?

Если взглянуть на восемь планет нашей Солнечной системы, придется сильно напрячься, чтобы уловить фамильное сходство. Однако история происхождения нашей Солнечной системы показывает, что все они созданы из одного и того же сырья.

Может также показаться, что все эти небесные тела разбросаны по Солнечной системе без ритма и смысла. Но стоит сегодня сдвинуть хотя бы одну деталь Солнечной системы или попытаться что-то добавить — и вся конструкция развалится.

Откуда же взялась эта тонкая архитектура? 4,6 млрд лет назад на задворках Млечного Пути что-то назревало. Туман, заполняющий все пустые промежутки во всех галактиках, — газообразные водород и гелий, чуть сдобренные пылью, — начал конденсироваться. Часть этого облака, не в силах сопротивляться собственной гравитации, схлопнулась. Из этой жары и путаницы родилась звезда — наше Солнце.

Рождены из умирающей звезды

Что запустило этот процесс, неизвестно. Может быть, ударная волна от взрыва — агонии соседней звезды. Подобные события были не так уж редки. Это происходило бесчисленное множество раз с тех пор, как за 8 млрд лет до того возник Млечный Путь, и мы видим и сегодня, как это все еще происходит в отдаленных частях нашей Галактики.

Когда Солнце возникло, оно поглотило около 99,8% вещества из облака. Скудные остатки под воздействием гравитации образовали плоский диск вокруг новорожденной звезды. Частицы пыли из протопланетного диска вращались вокруг Солнца, сталкивались и постепенно слипались в тела побольше — в так называемые планетезимали.

Когда эти небесные тела достигали около километра в поперечнике, их гравитации становилось достаточно, чтобы притягивать окружающее вещество, в том числе и другие планетезимали. Этот вышедший из-под контроля процесс и привел в конце концов к формированию настоящих планет.

А особенности этого процесса в каждом случае зависели от близости Солнца. Внутренняя область диска была очень горячей, а значит, там в твердом виде присутствовали только металлы и минералы с очень высокой температурой плавления. Поэтому планетезимали в этой области могли расти лишь до определенного размера. В итоге образовались четыре маленькие каменные планетки внутренней части Солнечной системы: Меркурий, Венера, Земля и Марс.

Газ и лед

А на более далеких расстояниях, за “границей таяния льда”, где метан и вода тоже оставались в твердом состоянии, планеты могли вырастать достаточно большими, чтобы начать притягивать молекулы водорода и других газов. Так и возникли газовые гиганты Юпитер и Сатурн, а еще дальше, в еще более холодной области, — ледяные гиганты Уран и Нептун.

Пока все понятно. Но когда речь заходит о подробностях, модель становится довольно расплывчатой. Никто толком не знает, как маленьким булыжникам удалось слипнуться в небесные тела в тысячи километров диаметром. Вихри окружающего газа должны были бы разметать столь маленькие объекты, так что они по спирали устремились бы к Солнцу, не успев соединиться. Возможно, локальные участки турбулентности образовывали вихри с низким давлением, где отдельные глыбы собирались и слеплялись.

Подобные сложности возникают и с происхождением газовых гигантов. Риск, что такие планеты зашвырнет обратно к Солнцу, очевиден на примере “горячих юпитеров” из других планетных систем. Они примерно того же размера, что наш Юпитер, но вращаются вокруг своих звезд на том же расстоянии, что Земля, а иногда и ближе. Если бы что-то подобное произошло на ранних этапах существования Солнечной системы, Земля и другие внутренние планеты и вовсе бы исчезли.

Подобная катастрофа во внешней части Солнечной системы, судя по всему, произошла через несколько сотен миллионов лет после рождения Солнца. Согласно

моделям, газовые гиганты располагались ближе друг к другу. Потом что-то случилось — и конструкция утратила стабильность, отчего планеты расшвыряло и они очутились на сегодняшних местах. С тех пор небесные тела, составляющие нашу Солнечную систему, пребывают в безмятежном, пусть и шатком, равновесии.

Солнечная система — это, конечно, не только Солнце и планеты. Между Марсом и Юпитером пролегает полоса из обломков, пояс астероидов — кольцо протопланетного вещества, почему-то не стусившегося, возможно из-за гравитации Юпитера. В основном это относительно мелкие камни, но есть и четыре довольно крупных объекта — Церера, Веста, Паллада и Гигея, совокупно составляющие около половины общей массы пояса астероидов.

Пышная свита

Еще в Солнечной системе очень много спутников планет — на сегодня их 180. Из них во внутренней области Солнечной системы находятся только три — наша Луна и два спутника Марса. Остальные вращаются вокруг газовых и ледяных гигантов. Большинство — либо остатки аккреционного диска, либо пролетавшие мимо астероиды, захваченные притяжением планеты. Вероятно, кольца Сатурна и Нептуна тоже состоят из остатков вещества, из которого создана Солнечная система, но их происхождение не так очевидно.

Дальше, за ледяными гигантами, пролегает пояс Койпера — замерзшее море приблизительно из 100 000 ледяных тел, в числе которых разжалованный из планет Плутон и его спутник Харон. Эти объекты тоже остались со времен формирования Солнечной системы. Пояс очень широкий, он тянется от орбиты Нептуна — до которой от Солнца около 30 астрономических единиц, то есть 30 расстояний от Солнца до Земли, — еще почти на такое же расстояние, примерно до 50 астрономических единиц.

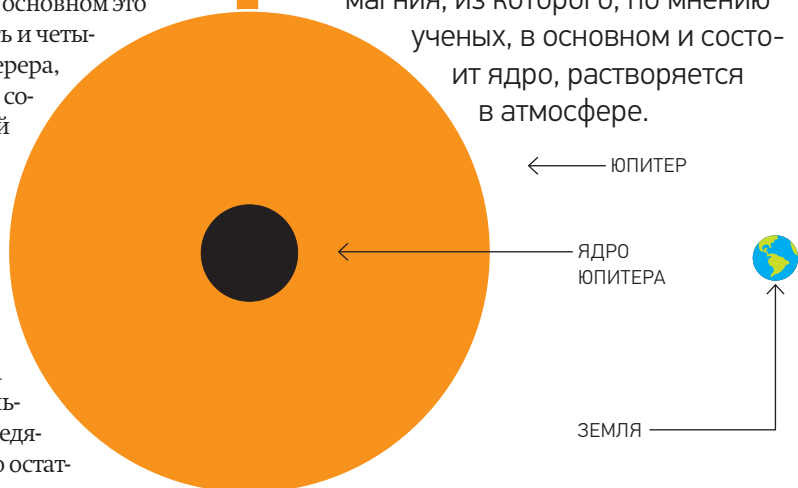
Неужели Юпитер тает изнутри?

Мы зовем Юпитер и Сатурн газовыми гигантами, но большинство астрономов уверены, что у них каменные ядра. Эти ядра образовались точно так же, как Земля, но, когда они достигли массы примерно в 10 раз больше земной, их гравитация притянула газ — и возникла толстая атмосфера.

Любопытно, что некоторые исследования показывают, будто ядро Юпитера весит меньше ожидаемого.

Вероятно, дело в том, что оно постепенно тает. Ядро подвергается колоссальным давлению и температуре.

При таких условиях минерал оксид магния, из которого, по мнению ученых, в основном и состоит ядро, растворяется в атмосфере.



Однако это отнюдь не край Солнечной системы. Еще дальше находится облако Оорта, сфера, которая состоит по большей части из ледяных объектов и простирается примерно до двух световых лет от Солнца. Гравитационное влияние Солнца здесь сходит на нет. Облако Оорта никогда не наблюдали непосредственно, но некоторые астрономы подозревают, что оно скрывает некий объект, который радикально изменит наши представления о Солнечной системе. И объект этот — еще один ледяной гигант, пока не замеченный.

А еще говорят, будто нет ничего нового под Солнцем!

Другие солнечные системы — иные миры

Мы открываем все новые экзопланеты и все сильнее убеждаемся, насколько незаурядна наша Солнечная система.

0 километров

150 млн

Наша Солнечная система

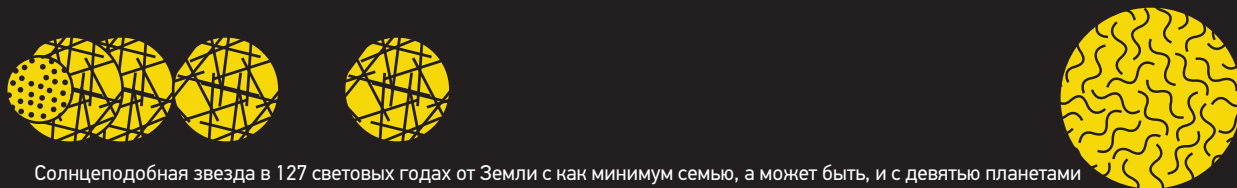


Глизе 876: соседняя солнечная система



Глизе 876 — красный карлик всего в 15 световых годах от Земли, ближайшая к нам известная звезда с системой из нескольких планет

HD 10180: самая большая известная солнечная система помимо нашей



Солнцеподобная звезда в 127 световых годах от Земли с как минимум семью, а может быть, и с девятью планетами

Глизе 667 C: тройная звездная система с планетами



Планеты вращаются вокруг красного карлика, который, в свою очередь, вращается вокруг двойной звезды (не показана). До этой системы от нас 23,6 световых года

Кеплер 80: самая компактная солнечная система, обнаруженная на сегодняшний день



Солнцеподобная звезда в 1100 световых годах от нас, вокруг которой теснится не меньше пяти планет

СУПЕРЗЕМЛЯ

Больше Земли, но меньше Нептуна, который примерно в 17 раз массивнее Земли



ГОРЯЧИЙ НЕПТУН

Размером примерно с Нептун или Уран, вращается близко к своей звезде



ГАЗОВЫЙ ГИГАНТ

По размерам и составу сопоставим с Юпитером, который по объему превышает Землю примерно в 1300 раз



300 млн

450 млн

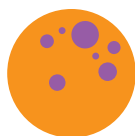


ПОЯС АСТЕРОИДОВ

До Юпитера еще 300 млн километров в эту сторону →



А может, Луна на самом деле планета?



← 3,78 см ←

Спутников планет в нашей Солнечной системе более 180, но наша Луна неповторима. Пусть она даже не самая большая. Пусть, в отличие от ледяных спутников внешней части Солнечной системы, нет никакой надежды, что на ней есть жизнь. Пусть Луна холоднее, тише и занудно-сферичнее, чем некоторые ее соперники. Зато с точки зрения происхождения у нашей Луны, несомненно, самая увлекательная и самая бурная история.

По величине она всего лишь пятая в Солнечной системе — совсем небольшая по сравнению с Титаном, спутником Сатурна, и троицей спутников Юпитера Ганимедом, Каллисто и Ио, — но все равно огромная. Ее диаметр составляет больше четверти диаметра Земли, так что по соотношению размеров спутника и планеты мы, бесспорно, занимаем в Солнечной системе первое место с большим опережением.

Аномальные габариты Луны сильно затруднили решение загадки ее происхождения. Такое небесное тело не могло сформироваться так же, как все остальные спутники — либо захваченные астероиды, либо остатки диска из пыли и газа, превратившегося потом в Солнечную систему.

В 1879 году решение этой задачи предложил астроном Джордж Дарвин, сын Чарльза Дарвина. Он предположил, что когда-то Земля и Луна были единым объектом, который так быстро вращался, что развалился — и часть его вышвырнуло на орбиту. В конце концов эта расплавленная каменная порода загустела исполинской каплей, и та, затвердев, образовала Луну.

Некоторое время эта гипотеза была очень популярной, говорили даже, что Тихий океан — это шрам, оставшийся после тех событий, но в XX веке она впала в немилость, когда оказалось, что цифры не сходятся. Чтобы Луна откололась от юной Земли, нужно было, чтобы та вращалась с невозможной скоростью — полный оборот каждые два часа.

Великое столкновение

На смену развенчанной гипотезе Дарвина пришла другая, так называемая гипотеза великого столкнове-

ния, или модель ударного формирования Луны. Суть ее в том, что примерно через 50 миллионов лет после начала формирования Солнечной системы с Землей столкнулась Тейя — небесное тело размером с Марс. Тейя нанесла Земле скользящий удар и развалилась при столкновении, отчего возник хвост из обломков, которые впоследствии слиплись и образовали Луну.

Поначалу гипотеза великого столкновения казалась ничем не лучше других. Ее выдвинули просто потому, что все остальное оказалось неверным. Но затем все изменилось, поскольку астрономы уточнили свои представления о том, как выглядела Солнечная система поначалу. Теперь мы знаем, что великие столкновения были важным фактором при образовании планет.

В наши дни считается, что гипотеза великого столкновения — лучшее объяснение образования Луны, но не без недостатков, которые заставили некоторых астрономов вернуться к несколько видоизмененной гипотезе Дарвина. Согласно гипотезе великого столкновения, большая часть лунного вещества заимствована у Тейи, а Земля подарила лишь совсем немного. Если это так, мы вправе ожидать, что лунные породы будут сильно отличаться от земных по составу (если, конечно, по странному совпадению Земля с Тейей не состояли из одного и того же вещества). Однако анализ лунных пород показал совсем другое.

Водяной спутник

Выяснилось, что по соотношению кислорода, хрома, калия и кремния лунные породы неотличимы от земных. Кроме того, лунные породы содержат на удивление много воды. А ведь при великом столкновении должно было выделяться такое чудовищное количество тепла, что вся вода выпарилась бы.

Эти факты указывают на то, что Луна когда-то была частью Земли, каким-то образом выброшенной в космос и не загрязненной веществом других планет. Однако для того, чтобы избежать неувязок, присущих теории Дарвина, нужно понять, откуда взялась такая огромная энергия.



Одна яркая, но все же очень спекулятивная гипотеза состоит в том, что эта энергия, эквивалентная сорока миллионам миллиардов бомб, сброшенных на Хиросиму, пришла изнутри Земли — выделилась при мощном ядерном взрыве.

Это вовсе не такая дикость, как кажется на первый взгляд. Нам известно, что когда-то Земля содержала

естественные концентрации урана, которые вели себя как ядерные реакторы. Их дремлющие остатки обнаруживают в самых разных местах во всем мире, а самый известный из потухших природных реакторов находится в Габоне.

Два миллиарда лет назад эти реакторы были активны и, вероятно, “горели” по несколько сотен тысяч лет, прежде чем у них истощался запас урана. Но размером они были не больше 10 метров в поперечнике — маловато, чтобы вырвать кусок из Земли.

Однако что-то подобное все же могло бы объяснить происхождение Луны. Основная идея состоит в том, что радиоактивные элементы — уран, торий и плутоний — были сконцентрированы в плотных кусках породы, которые погрузились глубоко в недра Земли вскоре после ее формирования. Они скопились на границе между мантией и внешним ядром, где под воздействием геологических сил сблизилась. Тогда-то и возник колоссальный ядерный реактор, который затем перешел критическую отметку и взорвался, и силы этого взрыва хватило, чтобы вышвырнуть на орбиту глыбу породы размером с Луну.

Невеликое столкновение?

Есть и другие способы обойти недостатки гипотезы великого столкновения. Например: на Землю рухнуло небесное тело вдвое меньше Тейи и застряло глубоко в недрах. Компьютерные симуляции показывают, что это дало бы достаточно энергии, чтобы на орбиту взвилась струя расплавленного вещества — и возник спутник с неотличимым от земного составом.

В другом варианте гипотезы “невеликого столкновения” участвуют две планеты, каждая размером с пол-Земли. Они не спеша столкнулись, и в результате возникла наша планета, а из остатков — Луна.

Нас должно радовать, что, даже если верен ядерный сценарий, риск его повторения исключен. Радиоизотопы, вызвавшие взрыв, к нашему времени практически распались. Что же касается второго катастрофического столкновения, тут нам может повезти меньше.

Полуденная тьма

Если вы когда-нибудь видели полное солнечное затмение, вам выпала редкая удача наблюдать одно из самых поразительных совпадений в жизни Солнечной системы. Луна, проходя мимо диска Солнца, полностью заслоняет его, оставляя открытой лишь корону в виде сияющего ореола. Это зрелище возможно потому, что Солнце и Луна видятся нам почти одинаковыми по размеру (истинный диаметр Солнца в 400 раз больше лунного, но при этом по воле случая оно от нас в 400 раз дальше). Казалось бы, в этом есть высший смысл, но на самом деле это просто совпадение. Когда-то Луна была значительно ближе к Земле, но отползает все дальше со скоростью примерно 3,78 сантиметра в год. Поэтому в глубоком прошлом и далеком будущем полные солнечные затмения были и будут значительно менее эффектными.

Какого размера Луна?

Представить себе, насколько Луна огромна, не так-то просто, но поверьте на слово — она очень велика: площадь ее поверхности больше площади России, Канады и Китая, вместе взятых. Наша Луна по размерам далеко опережает все остальные спутники во внутренней области Солнечной системы и лишь немногим уступает гигантским спутникам Сатурна и Юпитера.

Марс →

Следующий по величине спутник во внутренней части Солнечной системы — **Фобос**. Площадь его поверхности — со средний город, например Милан

Площадь поверхности второго спутника Марса — **Деймоса** — составляет менее трети площади поверхности Фобоса

Наша Луна

Россия

Италия

Канада

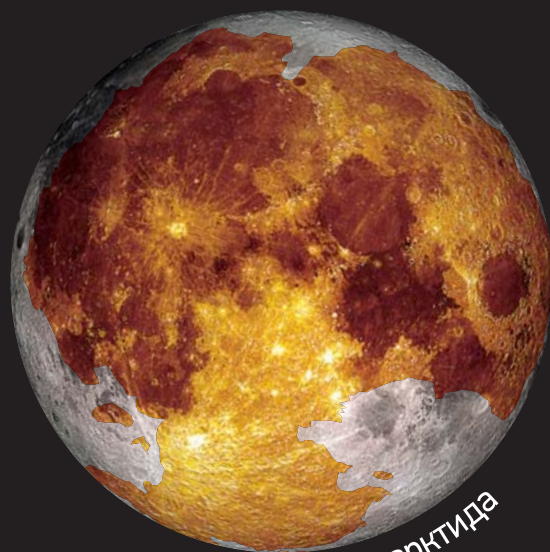
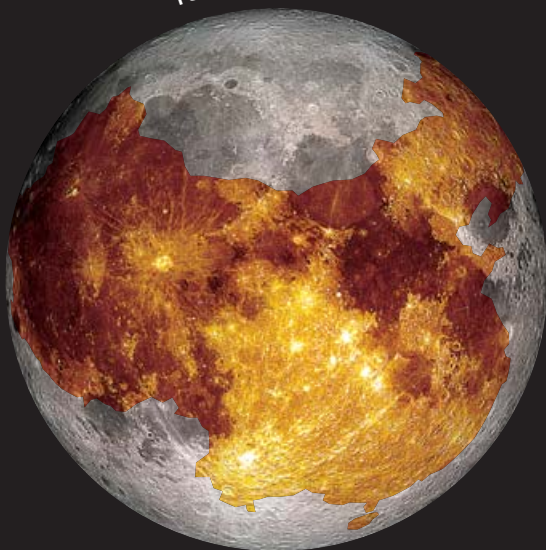
Австралия



США



Китай



Антарктида



Водяная Луна

Если бы все океаны Земли
перенеслись на Луну, они
увеличили бы ее диаметр на 2%

Почему на Земле есть и суша, и океаны?

Земля — одна из четырех каменных планет в Солнечной системе наряду с Марсом, Венерой и Меркурием. Но во многих отношениях она выбивается из общего ряда, и не только тем, что на ней есть жизнь. Дело в том, что у Земли непостоянная поверхность, которая непрерывно меняется из-за медленных, но неумолимых тектонических сдвигов. Но самое необычное: около 70 % ее поверхности покрыто водой.

“Как неуместно называть эту планету Землей, — заметил как-то Артур Кларк, — когда очевидно, что она Океан”. Чтобы понять, откуда у Земли взялась такая изменчивая водная поверхность, нам придется вспомнить, каково происхождение Земли.

В целом считается, что точка отсчета существования Солнечной системы — примерно 4,567 млрд лет назад. В тот период Земли еще не существовало, она только формировалась в ходе бурных столкновений между планетезималями. Земля была “готова” на 65 % примерно 4,55 млрд лет назад. Зарождение планеты была очень горячей и по большей части состояла из расплавленной породы — магмы. Но затем она, по всей видимости, начала остывать, и у нее образовалась каменная корка.

Потом, около 20 миллионов лет спустя, когда крошка Земля неспешно твердела и устраивалась на орбите вокруг Солнца, ее покой грубо нарушили. В юную планету по касательной врезалось небесное тело размером с Марс. Осколки от соударения вышвырнуло на орбиту Земли, и из них впоследствии образовалась Луна. Атмосфера планеты наполнилась испарившейся породой, которая сконденсировалась и выпала на Землю в виде лавового дождя, отчего на поверхности образовалось море расплавленного камня, становившееся все глубже — вероятно, на метр в день.

Как Земле задали трепку

При столкновении высвободилось еще и очень много тепла, так что Земля снова расплавилась, возможно до самого ядра, отчего снова возник океан магмы,

а вся геологическая летопись нашей планеты до того момента начисто стерлась.

Но тут, словно этого мало, около 4,1 млрд лет назад началась так называемая Поздняя тяжелая бомбардировка. Вызвана она была, вероятно, орбитальными перестановками газовых гигантов, в результате чего на Землю обрушился ливень метеоритов из пояса астероидов, частично расплавляя ее поверхность снова. Эти катаклизмы в сочетании с более поздними тектоническими сдвигами и выветриванием горных пород оставили в наших познаниях об истории Земли в первые полмиллиарда лет зияющую пропасть — катархей.

Когда катархей наконец кончился — 4 млрд лет назад, — на Земле были суша, океаны, тек-

тонические плиты, а может, и жизнь. Земля была не совсем такой, как сейчас, например, у нее была иная атмосфера, но все же от шара расплавленной породы, каким была наша планета сразу после образования Луны, отличалась радикально. Как так получилось?

Сегодня земная кора состоит практически исключительно из пород не старше 3,6 млрд лет, поэтому следы катархейской эры едва уловимы. Из самых старых оставшихся пород, составляющих примерно одну миллионную часть коры, большинство с тех пор неоднократно переплавлялись и спрессовывались — бесчисленное множество раз. Но благодаря крошечным особо прочным кристаллам циркона мы все же можем кое-что сказать о той поре.

Древние, как горы

Цирконы находят в основном в горном хребте Джек-Хиллс на западе Австралии, и это едва ли не самые древние минералы на Земле. Они состоят из невеликих прочных кристаллов силиката циркония и содержат много урана, что позволяет датировать их по остаточной радиоактивности. Многие цирконы насчитывают более 4 миллиардов лет, а значит, сформировались еще в катархейскую эру.

Они не могут подробно рассказать, что было, когда остывала потрепанная жизнью Земля, но содержа-





Космический коктейль

Океаны появились на очень ранних этапах истории Земли, но как именно они образовались, остается загадкой. Поскольку Земля располагается очень близко от Солнца, маловероятно, что на ней сохранилась вода из протопланетного строительного материала.

Обычно считается, что океаны возникли при Поздней тяжелой бомбардировке благодаря ледяным небесным телам вроде комет и астероидов. Однако недавняя экспедиция космического аппарата “Розетта” к комете 67P/Чурюмова — Герасименко заставила в этом усомниться. Состав воды на комете отличается от земного.

Получается, вода на всех кометах и астероидах разная. Видимо, земная вода — смесь воды из разных источников со всей Солнечной системы. Коктейль этот прибыл к нам в ходе бомбардировки, без которой не возникла бы жизнь, более

4 млрд лет назад. Задумайтесь об этом, когда в следующий раз решите вскипятить чайник.



ние в них кислорода показывает, что сформировались они в воде, стало быть, более 4 млрд лет назад на Земле уже были океаны. Это вызывает много вопросов, не в последнюю очередь — откуда взялась вода и как она умудрилась не выкипеть. А еще это говорит нам, что в катархейскую эру у Земли уже была кора: дно океана должно быть твердым.

Первая кора была базальтовой — из плотного черного вулканического минерала, из которого в наши дни состоят срединно-океанические хребты, а также почти все океаническое дно. Базальт может накапливаться в таких больших объемах, что проступает посреди океана в виде суши — например, Исландия и Гавайи представляют собой огромные глыбы базальта, поднимающиеся с морского дна. Такой процесс шел и на ранних этапах истории Земли. Первый миллиард лет или около того поверхность Земли состояла из морей, исчерченных цепочками вулканических островов.

Мир в движении

Примерно тогда же начали формироваться и первые континенты. Они состояли из другой вулканической породы — гранита. Гранит легче базальта и образует зоны субдукции — места, где плиты океанического дна подъезжают друг под друга или под континенты. Плотность гранита гораздо меньше, чем у базальта, поэтому он всплывает над более плотной породой. Так и возникла первая настоящая континентальная кора. Отдельные участки континентальной коры, сформировавшейся 4 млрд лет назад, сохранились до сих пор.

Наличие гранита говорит нам, что в то время уже шла тектоника плит, хотя это, конечно, нельзя даже сравнивать с масштабным (пусть и крайне неспешным) бурлением земной поверхности в наши дни.

Некоторые ученые даже считают, что в катархейскую эру на Земле зародилась жизнь. Самым древним надежным ископаемым остаткам живых существ 3,43 миллиарда лет, но в цирконе возрастом 4,1 миллиарда лет есть химические следы, которые могли быть оставлены живыми организмами. Если это так, перед нами новая загадка: как им удалось выжить в том аду?

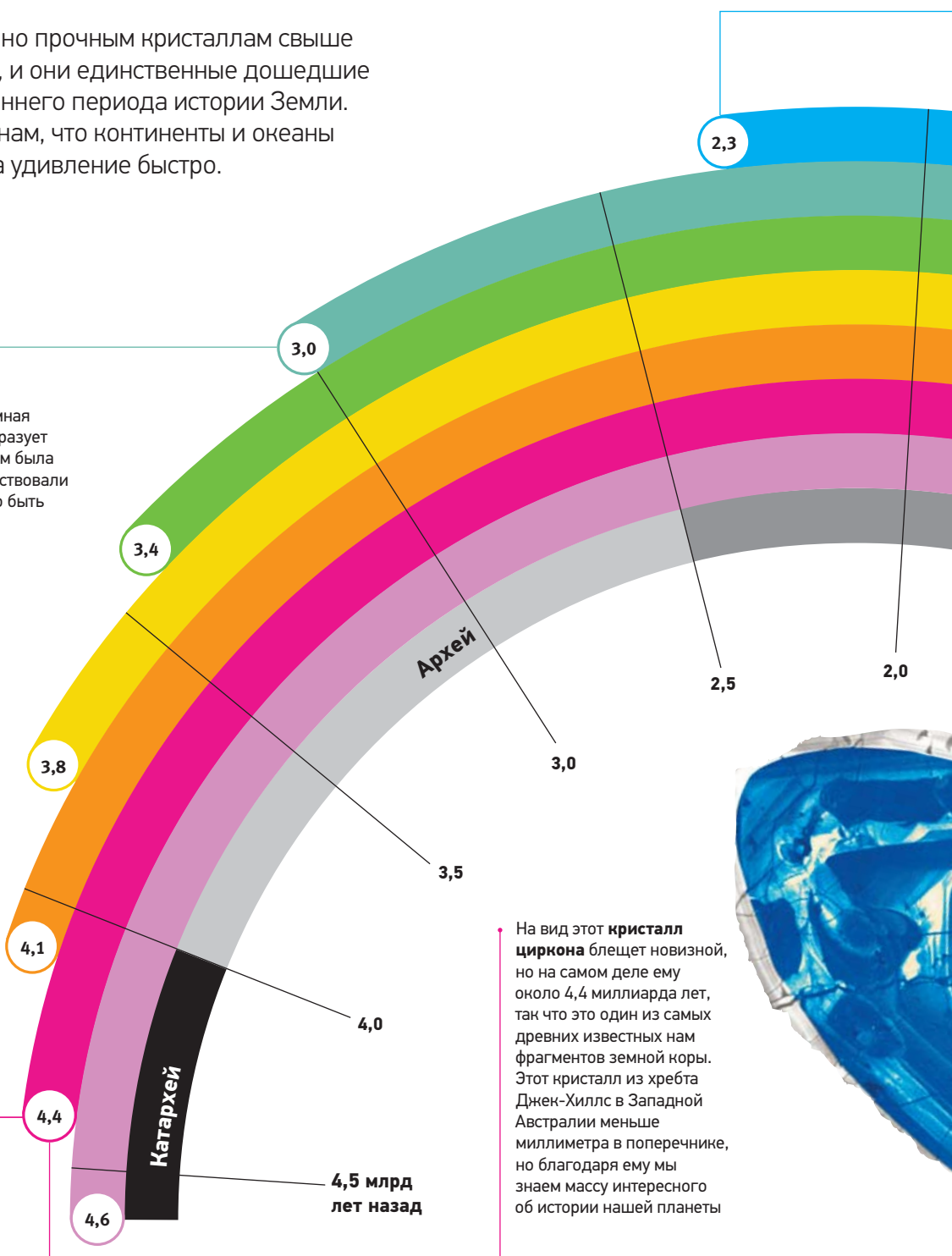
Цирконы вечны

Этим крошечным, но прочным кристаллам свыше 4 миллиардов лет, и они единственные дошедшие до нас реликты раннего периода истории Земли. Цирконы говорят нам, что континенты и океаны формировались на удивление быстро.



Приблизительно каждые 500 миллионов лет вся земная суша сходится вместе и образует суперконтинент. Последним была Пангея, однако ей предшествовали еще несколько — их могло быть до шести

Самая популярная теория происхождения Луны состоит в том, что в юную Землю врезалась другая протопланета



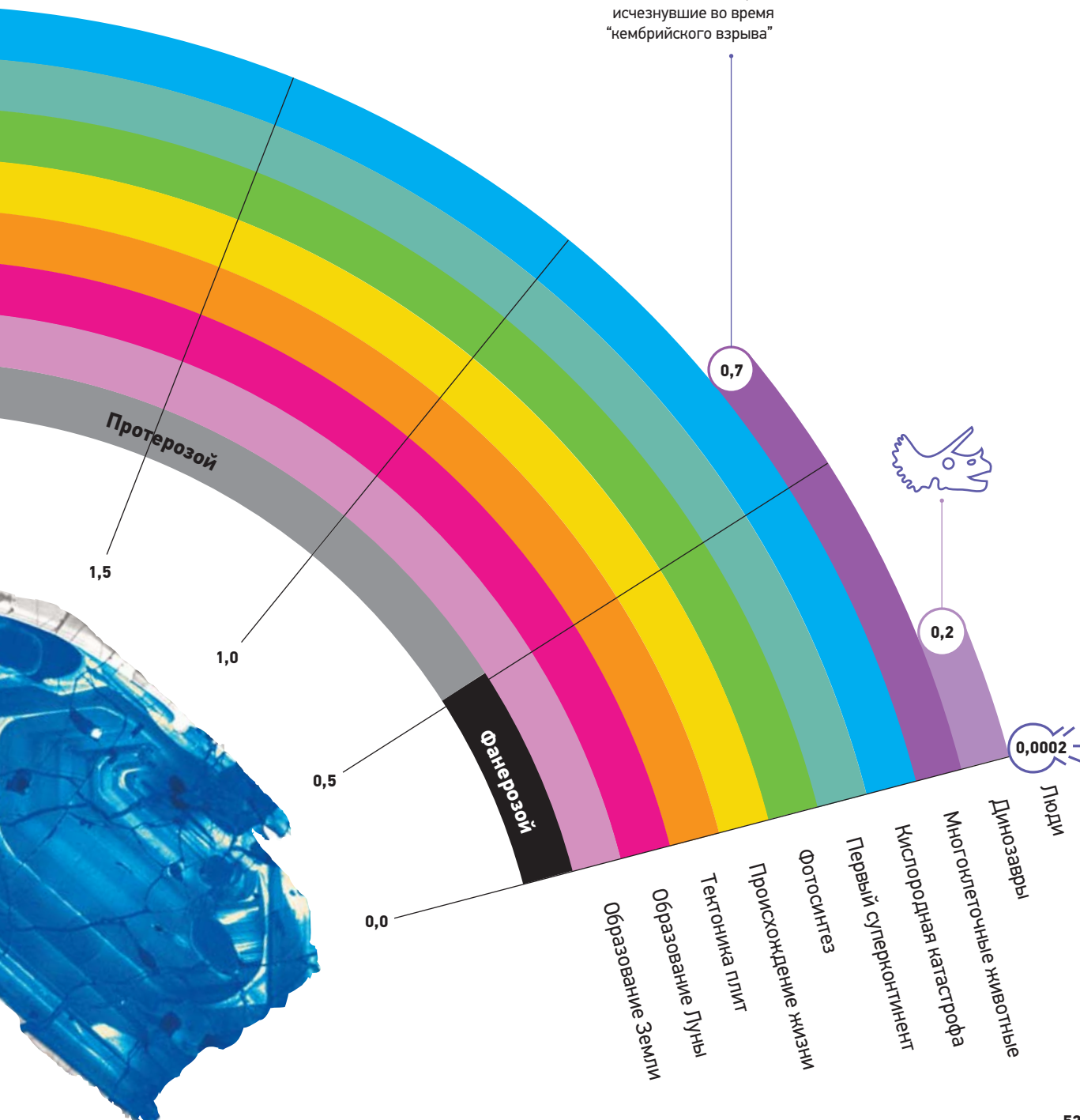
На вид этот **кристалл циркона** блестит новизной, но на самом деле ему около 4,4 миллиарда лет, так что это один из самых древних известных нам фрагментов земной коры. Этот кристалл из хребта Джек-Хиллс в Западной Австралии меньше миллиметра в поперечнике, но благодаря ему мы знаем массу интересного об истории нашей планеты



Только что возникший **фотосинтез** накачал атмосферу токсичным кислородом и едва не истребил всю жизнь на планете



Самые первые **многоклеточные животные** — загадочные эдиакарийские организмы, населявшие океаны почти сто миллионов лет, а затем исчезнувшие во время "кембрийского взрыва"



Почему погода постоянно меняется?

Если выбрать случайную точку на поверхности Земли и простоять там год, можно испытать на себе практически все возможные варианты погоды. Если это будет, скажем, Трафальгарская площадь в Лондоне, можно смело ожидать десяти дней ливней, пятидесяти морозных рассветов, пяти дней снегопада, около пятнадцати гроз, двух-трех дождей с градом, полутора тысяч солнечных часов и чудовищно много облачности.

Почему же в одной точке на Земле погода так разнообразна? Ответ у нас над головой — в тонком слое газа, окутывающем Землю, и огромном шаре раскаленного газа в ста пятидесяти миллионах километров от нас.

Солнце как источник погоды

Причина любой погоды, жаркой или холодной, одна: излучение Солнца попадает на приблизительно сферическую вращающуюся планету с газовой атмосферой. Из-за этой несложной конструкции атмосфера прогревается неравномерно. На экваторе солнечный свет падает на Землю вертикально, а на полюсах — под острым углом. Полярные области получают меньше солнечного света на единицу площади, чем экваториальные. Вот почему на полюсах холодно, а на экваторе жарко.

Из-за этой разницы погода и меняется. Тепло естественным образом передается от жарких областей холодным, поэтому атмосфера и океаны переносят тепло с экватора к полюсам. Планета без температурных различий была бы планетой без погоды.


Если бы этим все и ограничивалось, закономерности изменений погоды на Земле были бы очень простыми. Теплый воздух поднимался бы над экватором и расходился к полюсам. Там он остывал бы, опускался и тек над поверхностью обратно к экватору. Тогда ветер над поверхностью Земли всегда дул бы от полюсов к тропикам.








Но этого не происходит — по той простой причине, что Земля вертится. На вращающейся сфере поверхность, вместе с прилегающим к ней воздухом, движется быстрее всего на экваторе, а на полюсах она вообще остается неподвижной. Таким образом, вращение Земли смещает дующий с севера на юг ветер вбок. Это смещение называется эффектом Кориолиса.

Вращение Земли создает достаточно сильный эффект Кориолиса, чтобы основное течение с севера на юг нарушилось и возникли шесть переплетенных полос приземных ветров, по три в каждом полушарии: восточные полярные, западные средних широт и экваториальные пассаты. Там, где встреча-

Блаженная скука

Погодные аномалии оккупируют новостные заголовки, а переменчивость погоды на Британских островах дает их жителям неиссякаемую тему для разговора. Но задумывались ли вы о том, где на Земле погода наименее капризная, самая устойчивая? Выяснить это решил журнал *Weatherwise*. И первый приз за самый неинтересный климат получил прибрежный чилийский городок Винья-дель-Мар близ Вальпараисо. Дневная температура там колеблется от 15 до 25°C круглый год. Обычно здесь несколько облачно, часто моросит дождик. Ветер редко выходит за пределы легкого бриза, мороза и снега не бывает. Скуку нарушают разве что случайные грозы.



ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
						
25°	25°	25°	25°	25°	25°	25°

ются пассаты, образуется полоса неустойчивой погоды под названием “внутритропическая зона конвергенции”.

Силы Кориолиса создают и ветра высоко над поверхностью Земли. Эти полосы стремительного ветра с запада на восток называются струйными течениями. Их у Земли четыре, по два в каждом полушарии — одно полярное и одно субтропическое.

Основные закономерности таковы, но на самом деле ветра гораздо сложнее и изменчивее. Земля ведь не идеальная сфера: на ней есть океаны, горы, леса и пустыни — и все это влияет на движение воздуха.

Облака — белогривые лошадки

Второй основной ингредиент погоды после ветра — это вода, которая достается нам в виде дождя и облаков.

Чтобы возникли облака, нужны две вещи: водяной пар в воздухе и подъемный механизм для него. Водяной пар попадает в воздух при испарении воды с поверхности Земли и от растений, которые высасывают воду из почвы и выделяют ее через листья. Подъемный механизм бывает трех видов. Первый — поднимающийся теплый воздух, так называемые термики. Второй — столкновения масс воздуха разных плотностей, когда создаются фронты, толкающие воздух вверх. И третий — склоны гор на пути ветра, вынуждающие его дуть вверх.

Когда воздух поднимается, он остывает. В какой-то момент становится так холодно, что водяной пар не может больше сохранять газообразное состояние. Когда температура воздуха достигает этой точки росы, вода начинает конденсироваться и образует скопления крошечных капелек, то есть облака. Если капельки становятся большими, то выпадают с неба в виде дождя, мокрого снега, снежинок или градин.

Все это происходит в нижнем слое атмосферы толщиной от 7 до 20 километров — в тропосфере. Выше

воздух вдруг снова начинает нагреваться — это озон поглощает ультрафиолетовое излучение. Там проходит нижняя граница стратосферы. Вот и все. Этих факторов достаточно, чтобы объяснить все погодные явления, которые мы наблюдаем, от теплых солнечных деньков до ураганов.

Гром и молния!

Одни из самых бурных погодных явлений — грозы. Если тепла от Солнца достаточно много, термики создают кучевые облака, похожие на соцветия цветной капусты и способные достигать верха тропосферы. На ее верхней границе царит холод и создаются ледяные кристаллы, при соударении которых происходит разделение электрических зарядов. Когда эти заряды становятся достаточно большими, происходит пробой — молния. Облако превращается в грозовую тучу, хотя откуда берется гром, по-прежнему неясно.

Причиной самых сильных ливней всегда становится гроза. А когда поднимается подходящий (или неподходящий, смотря как к этому относиться) ветер, грозы порождают самые мощные вихри в природе — торнадо. Во время торнадо в Оклахоме в мае 1999 года радары зарегистрировали рекордную скорость ветра — 486 километров в час.

Еще одно экстремальное погодное явление — тропические циклоны, в том числе тайфуны и ураганы. Они не такие мощные, как торнадо, зато немыслимо огромные, до 2000 километров в поперечнике, и способны порождать штормовые волны свыше 10 метров и проливать больше метра дождя в день.

Тропические циклоны зарождаются над океаном, где температура верхних слоев воды превышает 27°C, что вызывает масштабное испарение. Когда образовавшийся пар конденсируется, высвобождается тепло, которое и “выпекает” тропическую бурю. Если воздух начинает вращаться из-за сочетания ветров и сил Кориолиса, возникает самое разрушительное погодное явление на Земле.

В дуновении ветра

Погода непредсказуема, однако основной ее механизм прост — это взаимосвязанная система атмосферных вихрей, что переносят тепло из тропиков к полюсам.



ТРОПОПАУЗА

Верхняя граница **тропосферы** — части атмосферы, где происходят погодные явления

← В южном полушарии система вихрей точно такая же

Ячейка Хэдли

На этом атмосферном конвейере создаются тропические леса, пустыни и пассаты.

Эту гипотезу происхождения пассатов выдвинул в 1735 году метеоролог-любитель Джордж Хэдли. При жизни исследователя на нее не обратили внимания, но впоследствии справедливость была восстановлена

Эти воздушные течения в сторону экватора по низу ячейки Хэдли называются **пассатами**

СЕВЕР ← ————— **Экватор** ————— → ЮГ

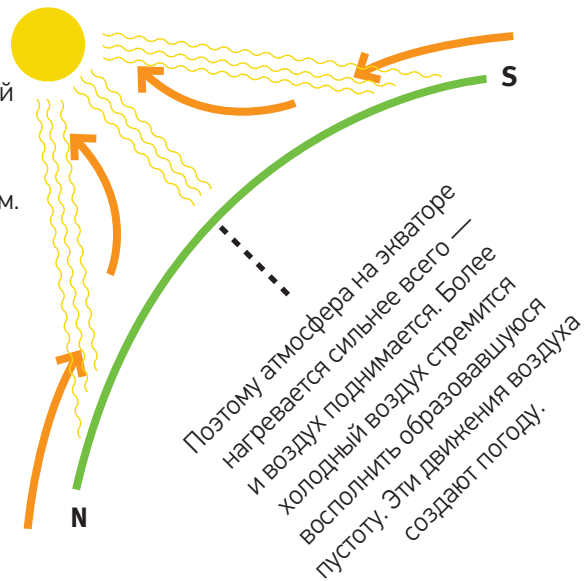
Вблизи экватора теплый влажный воздух поднимается вверх, остывает и обрушивает всю свою влагу на Землю дождем, что и объясняет обильные тропические ливни. Когда воздух достигает края стратосферы, его разворачивает в сторону полюсов. Тем временем воздух у поверхности Земли устремляется к экватору, чтобы заменить поднявшийся воздух. Это движение воздуха искажается вращением Земли, и так возникают восточные ветры — пассаты.

30° северной широты

Нагретый воздух впоследствии остывает и опускается. Из сухого опускающегося воздуха ливней не дождешься, поэтому по всему миру и возникли пояса пустынь.

Как Солнце дарит Земле ветер

На экваторе солнечный свет падает на Землю вертикально, у полюсов — под углом.



Ячейка Ферреля

Часть поднимающегося воздуха, создающего полярную ячейку, движется в противоположном направлении, и возникает циркуляция в средних широтах, зажата между ячейкой Хэдли и полярной ячейкой.

Воздушные течения, движущиеся к полюсу по низу ячейки Ферреля, называются **западными ветрами умеренного пояса**.

Полярная ячейка

Как ячейка Хэдли, только меньше и слабее.

60° северной широты

Ячейка Ферреля вращается в противоположном направлении относительно соседних ячеек и увлекает субтропический воздух на поверхности в сторону полюса. Этот поток искажается вращением Земли, и создаются западные ветры средних широт, которые в основном и отвечают за переменчивость погоды в странах умеренного пояса, в том числе на Британских островах.

Северный полюс

Полярная ячейка обусловлена неравномерным прогревом поверхности Земли. Относительно теплый воздух поднимается вверх, натывается на тропопавзу, движется в сторону полюса и там охлаждается.

Откуда берется почва?

Почва под ногами редко наталкивает на поэтические мысли, вот откуда взялись выражения вроде “приземленный” и “спустись с небес на землю”. Но стоит приглядеться — и мы увидим, как она прекрасна.

Почва покрывает большую часть поверхности Земли. Без нее планета была бы иной — и неприветливой.

Почвы бывают очень разные, но все они представляют собой, грубо говоря, смесь твердого вещества и пор в соотношении 50 / 50. Твердое вещество — это по большей части крошево горных пород плюс органика, как живая, так и мертвая. Поры не пусты — они заполнены водой и газом в разных пропорциях. Но этот нехитрый перечень ингредиентов — еще не почва. Конечный продукт готовится по сложному и длинному рецепту.

Все почвы берут начало из материнской породы. Она подвергается выветриванию: от нее отделяются мелкие фрагменты и накапливаются на поверхности. “Выветривание” — точный термин. Оно происходит, когда порода крошится и разрушается от ветра, дождя и града, а завершают дело циклы замораживания и оттаивания. Сходный эффект оказывают расширение и сжатие пород при изменениях температуры.

Кроме того, горные породы разрушаются под воздействием химических веществ из дождевой воды, растворяющих некоторые минералы. Наконец, выветривание бывает и биологическим. Горные породы изначально колонизированы бактериями и другими микробами, выделяющими едкие кислоты. Водоросли и лишайники, прикрепляясь к камням, тоже способствуют эрозии. Эксперименты с бесплодными почвами на Гавайях показали, что лишайники ускоряют выветривание по меньшей мере в сто раз.

Биологическое выветривание зрелых почв идет еще быстрее. При дыхании беспозвоночных, грибов и бактерий выделяется углекислый газ, который накапливается между частичками почвы. Просачивающаяся в почву дождевая вода растворяет CO_2 , и образуется угольная кислота. Живущие в почве организмы выделяют и другие кислоты. Кроме того, почва, как губка, впитывает влагу, поэтому лежащая под ней порода

дольше остается влажной после дождя, а следовательно, дольше идет и химическое выветривание. Таким образом, почва — катализатор собственной выработки.

Первые колонизаторы-микробы тоже влияют на органическое вещество почвы. Остающийся после них материал захватывают лишайники и водоросли, которые постепенно затягивают поверхность горной породы сначала слоем живой, а потом и мертвой органики. Когда ее накапливается достаточно много, на сцену выходят более крупные организмы — черви и членистоногие. Их ходы перемешивают органическое вещество с крупинками минералов и создают пустоты. Кроме того, вырабатываемая червями слизь склеивает и стабилизирует конструкцию. Так рождается почва.

Достойная старость

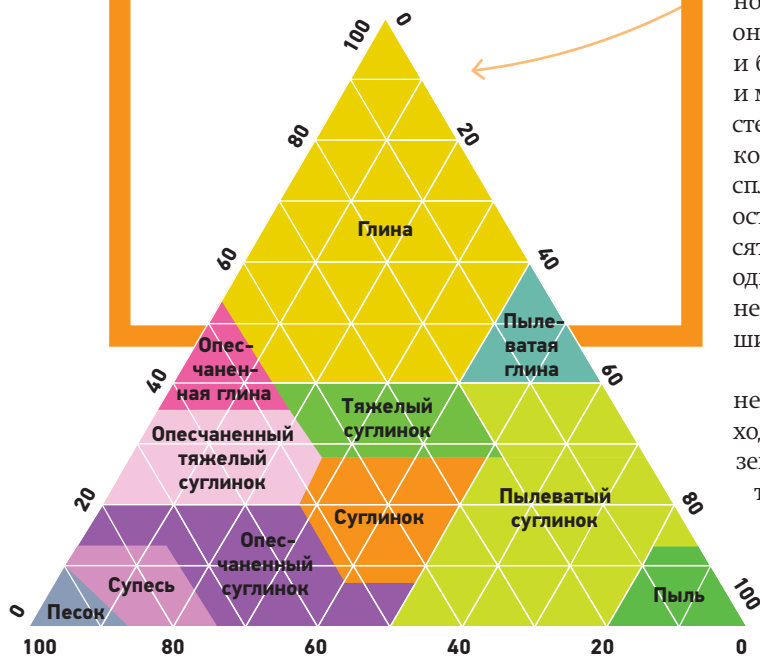
По мере утолщения и вызревания почва иногда расслаивается: наверху оказывается пахотный слой, а внизу — различные виды подпочв. В зрелой почве прямо-таки бурлит жизнь. В одном грамме может содержаться 100 млн отдельных бактерий и архей, 10 млн вирусов и 1000 грибов, не говоря уже о более крупных организмах и корешках растений. Одних только бактерий насчитывается миллион разных видов.

Неудивительно, что на все это нужно время. Выветривание — трудоемкий процесс. Лишайники растут невероятно медленно. Исследования свежих потоков лавы на Гавайях показали, что на создание даже зачаточной почвы нужно не меньше века, а иногда и 10 000 лет. Лавовые потоки, возникшие 100 лет назад, почти бесплодны, и даже те, которым уже 10 000 лет, только-только начали покрываться чем-то напоминающим почву. А значит, современные плодородные почвы формировались тысячелетиями. Некоторые почвы в Африке и Австралии имеют солидный возраст 144 млн лет и возникли еще в меловой период.

Однако почвы могут быть и гораздо старше. Самые древние из известных нам палеосолей — реликтовых почв — возникли более 2 млрд лет назад, задолго до того, как первые растения появились, а уж тем более

20 000 оттенков бурого

Сегодня ассортимент почв необычайно разнообразен. На состав и структуру почвы влияют материнские породы, климат, ландшафт, местные экосистемы и возраст. Это разнообразие отражает и система классификации, так же тщательно разработанная, как систематика живых организмов. Например, министерство сельского хозяйства США подразделяет почвы на порядки, подпорядки, большие группы, подгруппы, семейства и, наконец, серии — эквивалент биологических видов. Только на территории США описано более 20 000 почв.



заселили сушу. И эти почвы отнюдь не примитивны — они глубоки и хорошо развиты. Некоторые из них по объему на 50% состоят из глинистых минералов, конечного продукта сильнейшего выветривания горных пород. Это характерно для почв, которые оставались стабильны в течение хотя бы нескольких сотен тысяч лет.

Пик почвы

Нет причин полагать, что процесс образования палеосолей радикально отличался от процесса образования современных почв, хотя в то время и не было многоклеточных организмов — растений, червей и членистоногих, — роль которых поистине волшебна. Вероятно, не было тогда и лишайников, но точно сказать нельзя, поскольку их ископаемая летопись слишком скудна. Скорее всего, почва формировалась благодаря деятельности жизнестойких бактерий, колонизировавших поверхность суши миллиарды лет назад.

О том, как выглядел этот затерянный мир, можно судить по пейзажам национального парка Каньонлендс в пустыне штата Юта. Под жгучим солнцем и беспощадными ветрами бактерии, лишайники и мхи на камнях балансируют на грани гибели. Вместе они образуют так называемую криптогамную корку на поверхности породы. С этим слоем тесно сплетен тонкий слой минеральных и органических остатков, то есть собственно почва. Посетителей просят не сходить с размеченных тропинок, ведь даже один шаг может разрушить корку — и скрытая под ней почва подвергнется эрозии. А эрозия, раз начавшись, распространяется катастрофически.

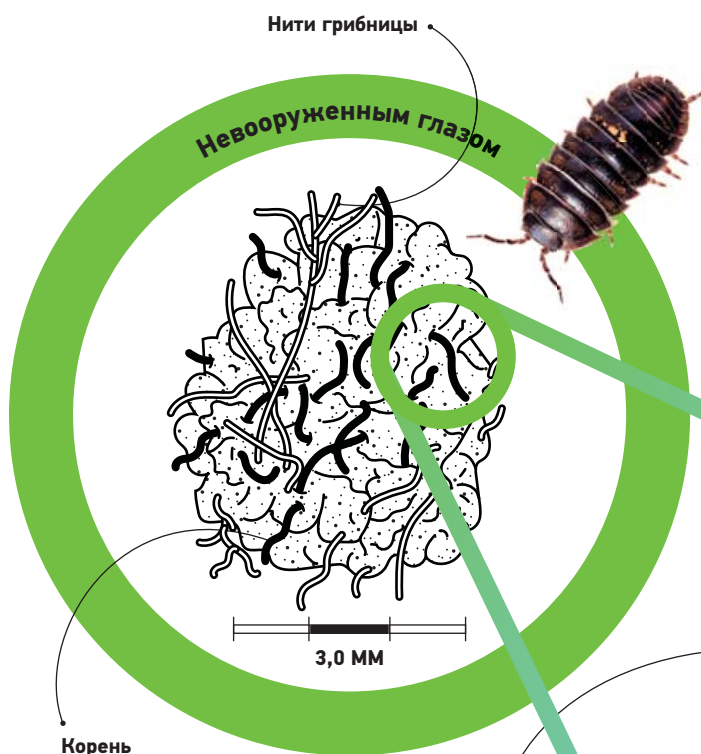
Беречь почву необходимо в масштабах всей планеты. По данным ООН, более трети почв в мире находятся под угрозой уничтожения из-за неумеренных земледелия и строительства, а плодородный слой мы теряем со скоростью 30 футбольных полей в минуту.

Настала пора одуматься, ведь почва обеспечивает нам 95% пищи, содержит втрое больше углерода, чем атмосфера, а восстанавливается тысячи лет. SOS! Спасите наши почвы!

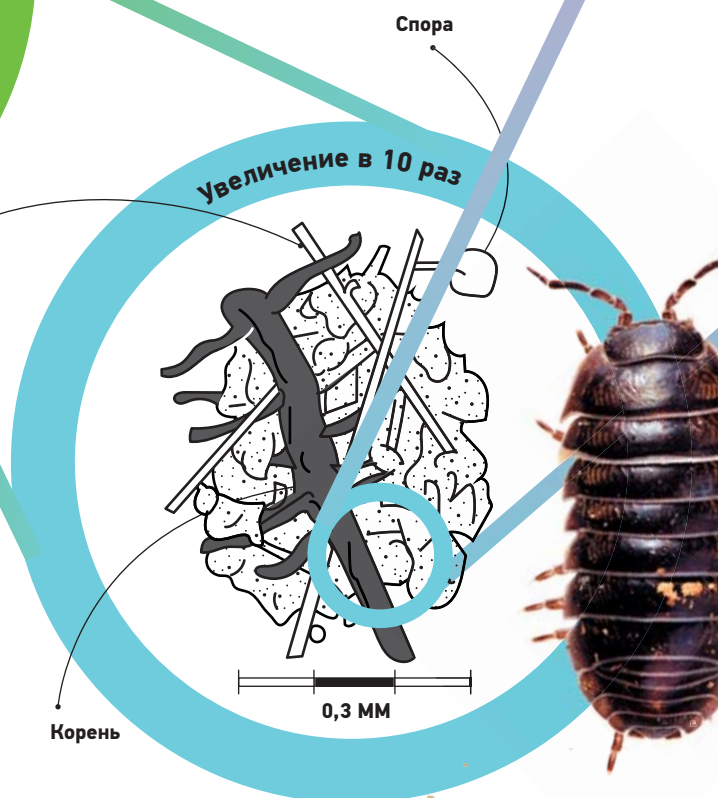
Закопаемся поглубже

На первый взгляд почва ничем не примечательна, но стоит взглянуть — и начинается настоящее почвоведческое сафари.

Треть почв на планете находится под угрозой



Самые крупные комочки почвы называются **макроагрегатами**. Это комки минерального и органического материала, склеенного водой и слизью, которую выделяют почвенные организмы. Видны также корни, крупные нити грибницы и черви нематоды.



Уровнем ниже находится **микроагрегат**. Становятся видны корневые волоски растений и споры грибов. Волоски иногда покрыты узелками с ризобактериями, которые устанавливают с растениями симбиотические отношения и поставляют им азот из воздуха.

Самые маленькие компоненты почвы называются **первичными частицами** — это ил, глина и растительный мусор. Между ними располагаются поры с воздухом или водой. Видны также одноклеточные микроорганизмы. Один грамм почвы может содержать 100 миллионов микробов.

Каталогизировано
свыше 20 000 видов
почв

Ил

Растительные
остатки

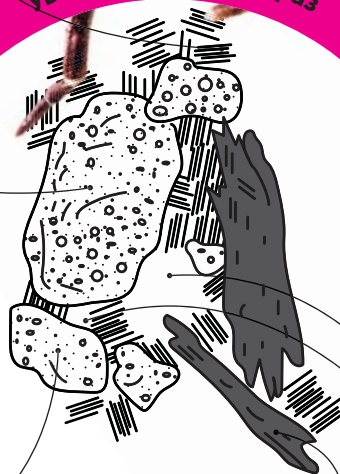
Увеличение в 100 раз



0,03 мм

Глинисто-
гумусовые
комплексы

Увеличение в 1000 раз



0.003 мм

Глина

Поры,
удерживающие
воду

Микробный
мусор

Откуда у Земли такая роскошная атмосфера?

Сделайте глубокий вдох. Вы только что вдохнули примерно 26 тысяч миллиардов миллиардов молекул газа, в основном азота и кислорода. Но если бы вы сделали вдох на поверхности юной Земли, то втянули бы в себя совсем другие молекулы газа, в основном углекислого и сернистого (и после этого дышали бы недолго). Да, наш воздух по большей части невидим для глаз, мы о нем почти не думаем, но его наличие — одно из чудес, отличающих Землю от всех остальных известных нам планет.

Сегодня атмосфера Земли состоит примерно на 78% по объему из азота, на 21% из кислорода, на 1% из аргона и содержит переменное количество водяного пара. Кроме того, в ней есть немножко углекислого газа, сернистого газа, угарного газа, метана, гелия, неона и криптона и еще меньше озона, водорода, ксенона, радона, оксидов азота и промышленных загрязнений вроде хлорфторуглеродов.

Состав атмосферы с тех пор, как она возникла, радикально изменился. В начале своего существования Земля, вероятно, была окружена тонкой атмосферой из газов, в основном водорода, оставшихся после формирования планеты. Но эта первая атмосфера долго не продержалась — ее унесло в космос порывами солнечного ветра. Поэтому к происхождению сегодняшнего воздуха она отношения не имеет.

Вторую атмосферу Земля получила очень скоро и из неожиданного источника — из собственных недр. Вулканы извергали тяжелые газы, которые под воздействием земного притяжения не могли вырваться в космос. Некоторое количество газов в атмосферу добавили попадавшие на Землю кометы и астероиды. Так что нынешняя атмосфера — результат, так сказать, земной отрыжки и небесного метеоризма.

Вторая атмосфера, по всей видимости, была плотной и удушливой и состояла в основном из водяного пара и углекислого и сернистого газов. Мы знаем это, поскольку именно эти газы в основном и извергаются вулканами в наши дни. Вулканическая активность была необычайно бурной, атмосферное давле-

ние превышало нынешнее, вероятно, в десять раз, вот почему первые океаны не выкипели и не испарились в космос.

Кроме того, в те времена начал медленно накапливаться кислород, поскольку солнечный свет разбивал молекулы углекислого газа и воды. Однако заметную роль в составе атмосферы он начал играть лишь гораздо позже.

Так как же смесь углекислого и сернистого газов, с шипением изрыгаемая вулканами миллиарды лет, превратилась в атмосферу, состоящую в основном из азота и кислорода? На этот вопрос есть два ответа. Во-первых, огромное количество углекислого газа растворилось в океанах и впоследствии отложилось в виде известняка. Во-вторых, появилась жизнь — и радикально изменила состав атмосферы.

Первобытный смог

Поначалу главным вкладом живых организмов в атмосферу был метан — отходы жизнедеятельности примитивных одноклеточных организмов, получавших энергию из водорода и углекислого газа. Около 3,7 млрд лет назад произошел «метановый кризис», который едва не стер все живое с лица Земли, не успело оно там закрепиться. Изрыгающие метан микробы заполнили атмосферу смогом, который чуть ли не застилал солнечный свет.

Второй переломный момент настал 2,3 млрд лет назад, когда произошла так называемая кислородная катастрофа. Семена этого катаклизма были посеяны примерно за миллиард лет до того, когда некоторые микробы в ходе эволюции нашли новый способ получать энергию из солнечного света — фотосинтез. Одним из побочных продуктов фотосинтеза был высокотоксичный и химически крайне активный газ, которого раньше на Земле почти не было, — кислород.

Первые фотосинтезирующие организмы не выбрасывали свои ядовитые отходы прямо в воздух, а аккуратно запирали в соединениях железа. В резуль-

тате появились слои оксидов железа — железистые кварциты, которые находят по всей планете в породах возрастом от полутора до трех миллиардов лет.

Но потом в ходе эволюции появились новые организмы, практиковавшие фотосинтез, — устойчивые к свободному кислороду. Свои токсичные отходы они выбрасывали прямо в воздух, экономя таким образом силы, необходимые для связывания кислорода с железом, и водо-



Воздух иных планет

Если вам нужна каменная планета с атмосферой, ничего лучше Земли, пожалуй, и не найдете. У Марса атмосферы почти нет — так, тонкий слой углекислого газа с давлением меньше 1 % от земного. В основном это потому, что Марс меньше Земли — и его гравитационного притяжения недостаточно, чтобы удержать слой газа. Меркурий еще меньше, и атмосфера у него еще скуднее. А Венера ударились в другую крайность — она вся окутана горячими густыми облаками вулканических газов и серной кислоты, и давление там почти в 100 раз больше земного. Однако в 70 километрах над ее поверхностью атмосфера просто курортная — много солнца и воды, давление и температура примерно как на Земле, — так что, вероятно, тамошние условия подходят для жизни.

бавок истребляя многих конкурентов. Кислород начал накапливаться в атмосфере, его уровень поднялся с 1 до 10 % или выше.

Кислородную катастрофу называли так потому, что она едва не вытравила всю жизнь на Земле. Но тут пришла на выручку эволюция и придумала способ расходовать кислород — дыхание.

Кислородная катастрофа ускорила наступление другого катаклизма. Фотосинтез высосал из атмосферы парниковый газ CO_2 и в итоге запер в осадочных породах. Тем временем кислород реагировал с метаном — еще более мощным парниковым газом. Вместе они ввергли планету в глобальное оледенение (ту эпоху называют “Земля-снежок”), которое длилось около 400 млн лет, после чего мощный всплеск вулканической активности снова заполнил атмосферу парниковыми газами. Кроме того, в эпоху “Земли-снежка”, похоже, снова сильно снизился уровень кислорода, вероятно, потому, что практически прекратился фотосинтез. Однако, когда льды растаяли и жизнь возродилась, кислородная катастрофа разразилась снова.

Дыхание жизни

Но все было не так уж плохо. Насыщение кислородом в итоге позволило сохранить планету обитаемой, поскольку около 1 млрд лет назад сформировался защитный озоновый слой. А тем временем из вулканов сочился инертный азот. Деваться ему было некуда — и он постепенно накопился, став основным ингредиентом атмосферы. Около 600 млн лет назад состав атмосферы стал примерно таким же, как сегодня.

Состав и плотность атмосферы менялись со временем под воздействием сложного сочетания биологических, геологических и химических процессов. Например, около 300 млн лет назад содержание кислорода вдруг выросло до 30 %, отчего смогли появиться летающие насекомые длиной в метр. Тем не менее в последние полмиллиарда лет воздух был, в сущности, таким же, каким вы дышите в эту минуту.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ (ПОЧТИ) ВСЕГО → НАША ПЛАНЕТА → ВОЗДУХ

Это примерно столько же,
сколько стаканов воды в океане

Каждый наш вздох

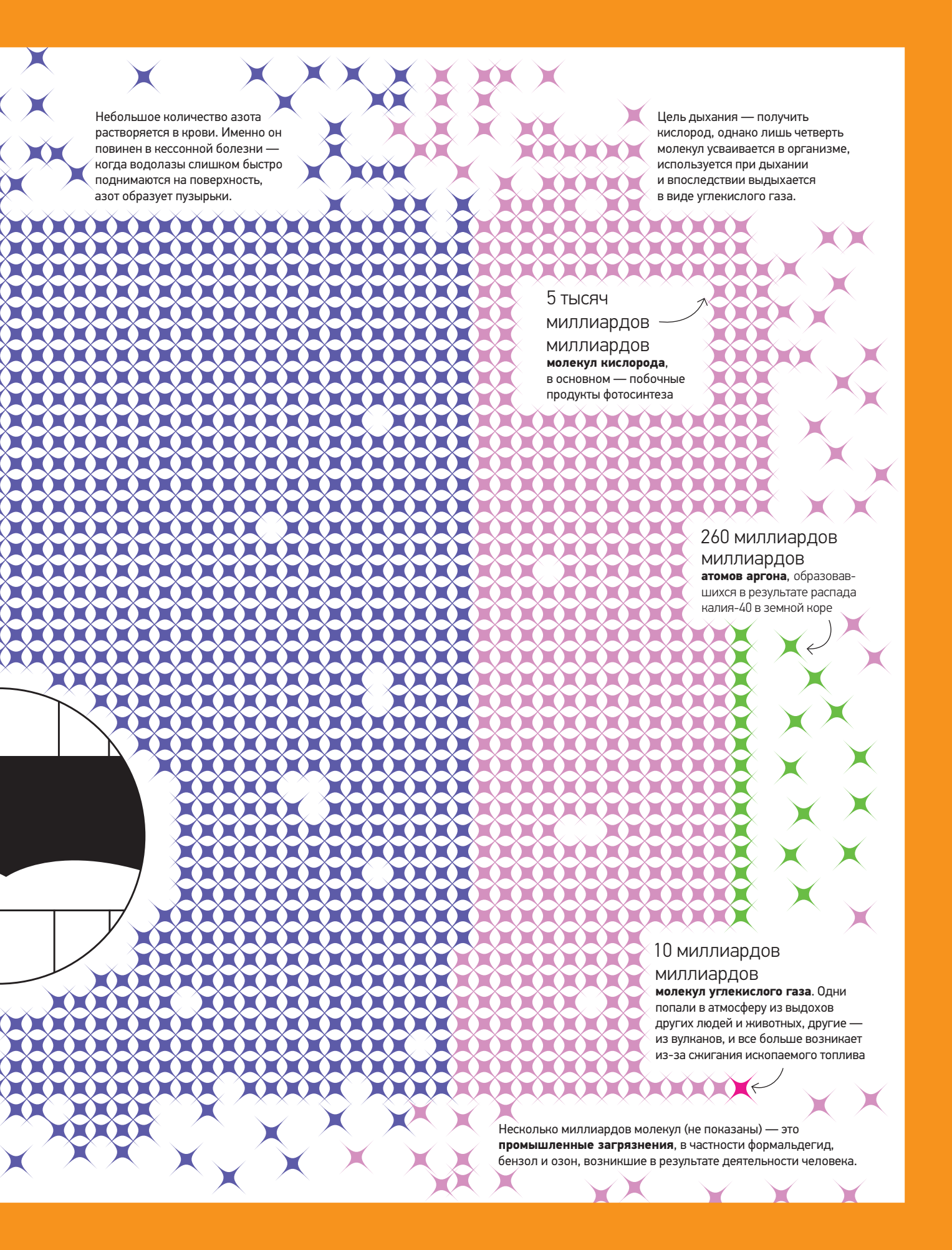
Один вдох содержит примерно **26 тысяч миллиардов миллиардов молекул** газа. Большинство из них уже много раз вдыхали и выдыхали.

= 10 МИЛЛИАРДОВ
МИЛЛИАРДОВ
МОЛЕКУЛ

20 тысяч миллиардов миллиардов*

молекул азота просочились в атмосферу
из вулканов за последние 4 миллиарда лет

*Не исключено, что одна из них была в последнем вздохе
Юлия Цезаря, который он испустил на ступенях сената в Риме
в 44 году нашей эры. Или в еще чем-нибудь последнем вздохе.



Небольшое количество азота растворяется в крови. Именно он повинен в кессонной болезни — когда водолазы слишком быстро поднимаются на поверхность, азот образует пузырьки.

Цель дыхания — получить кислород, однако лишь четверть молекул усваивается в организме, используется при дыхании и впоследствии выдыхается в виде углекислого газа.

5 тысяч
миллиардов
миллиардов
молекул кислорода,
в основном — побочные
продукты фотосинтеза

260 миллиардов
миллиардов
атомов аргона, образовав-
шихся в результате распада
калия-40 в земной коре

10 миллиардов
миллиардов
молекул углекислого газа. Одни
попали в атмосферу из выдыхов
других людей и животных, другие —
из вулканов, и все больше возникает
из-за сжигания ископаемого топлива

Несколько миллиардов молекул (не показаны) — это
промышленные загрязнения, в частности формальдегид,
бензол и озон, возникшие в результате деятельности человека.

Как наша планета пропиталась бензином?

Когда в следующий раз сядете в машину, автобус или поезд, подумайте вот о чем: топливо — это ископаемый солнечный свет, который пробыл в крошечной мгле земных недр десятки, а то и сотни миллионов лет.

Нефть — это кровь современной цивилизации. Без нее уже невозможны ни благополучие, ни безопасность. За нее ведут войны, и у нас нет надежного плана, как жить, когда она кончится. Каждый день мы расходует почти 90 млн баррелей нефти — ими можно пять раз заполнить лондонский стадион “Арена О2”.

Планктон-владыка

Это просто грандиозно, если учесть, что почти вся мировая нефть когда-то была планктоном, который плавал в древнем океане и тихонько преобразовывал солнечный свет в органические молекулы посредством фотосинтеза. После смерти планктонные организмы оседали на дно, где кислорода было так мало, что они не разлагались. Богатые энергией остатки накапливались, превращались в толстый слой органического ила, перемешивались с пылью, песком и разными неорганическими веществами и постепенно исчезали под слоями осадочных отложений.

Шли миллионы лет, толща осадков над слоем ила становилась все больше. Когда она достигла глубины в три километра, тепло снизу и давление сверху начали запекать органические молекулы, разбивая их на более простые углеводородные цепочки. Первым продуктом этого процесса стало воскообразное вещество кероген. Далее он распадался, или “расщеплялся”, на смесь жидких углеводородов, которая и называется нефтью, и метан или природный газ. Иногда температура была слишком высокой — и вся органика расщеплялась до метана. Такой перегрев обычно происходит, когда слой отложений толще 5 километров.

Но при нужных условиях образуется нефть. Состав конечного продукта зависит от исходного сырья и от соотношения тепла и давления, которые на него воздействуют. Низкотемпературные сорта нефти густые и черные, как деготь, высокотемпературные —

жидкие и прозрачные, как бензин. Нефть бывает самого разного цвета — черного, коричневого, зеленого и даже желтого. А доля самых ценных компонентов — парафинов, которые перерабатываются в топливо, — колеблется от каких-то 15 до целых 60 %.

Однако это еще не конец. Нефть редко накапливается в подземных полостях. Она пропитывает горные породы, зачастую вместе с водой, и ее необходимо отделить. Более того, месторождения, которые имеют смысл разрабатывать, создаются лишь при определенных условиях. Порода, содержащая нефть, должна быть пористой, чтобы жидкость и газ проходили сквозь нее и поднимались к поверхности. Но чтобы сама нефть не просачивалась на поверхность, должна быть какая-то заслонка, например слой плотной непористой породы над нефтеносной. Такая крышка к тому же должна быть особой формы, чтобы нефть и газ под ней накапливались. Только тогда нефть и газ из крупных залежей можно называть нефтяными месторождениями.

Залежи черного золота

Нефти на планете очень много, а Земля очень велика, поэтому геологические звезды довольно часто вставляли так, чтобы образовывались залежи нефти и газа, которые имеют смысл разрабатывать. Нефтяных и газовых месторождений известно около 65 000, и геологи постоянно открывают новые. Вещество, которое там добывают, называется “нефть-сырец”, а из нее получают самые разные нефтепродукты, в том числе бензин, который вы заливаете в бензобак, и многие виды пластика, без которого немислим современный мир.

Определить, где и как именно возникла нефть, довольно трудно, поскольку она зачастую перемещается под землей на большие расстояния, так что ее невозможно датировать по породам, в которых или под которыми ее обнаружили. Но знать, когда она образовалась, полезно: тогда геологи-нефтяники понимают, где можно найти черное золото.

Нефть в целом датируется по биомаркерам — органическим компонентам, характерным для разных

эпох существования жизни. Например, олеанан получается только из цветковых растений, а значит, содержащая его нефть могла возникнуть лишь в меловой период или позднее (пыльца вносит небольшой, но и не пренебрежимо малый вклад в органическую смесь, которая впоследствии превращается в нефть).

Анализ биомаркеров показал, что некоторые виды нефти очень древние: они возникли еще до того, как 540 млн лет назад появились сложные организмы. Но есть и достаточно новые виды, которым всего 5 млн лет. Обычно считается, что для формирования нефти нужно несколько миллионов лет, хотя находили и совсем свежие залежи. Скажем, в Калифорнийском заливе нашли зрелую нефть, которой только 5000 лет, а российские геологи утверждают, что находят на Камчатке нефть возрастом всего 50 лет.

Возможно, бывает и нефть небиологического происхождения, образовавшаяся из углерода, который был в составе Земли в период ее возникновения или попал сюда с кометами, но, даже если она существует, таких залежей на нашей планете пренебрежимо мало.

Из глубин исчезнувшего океана

Если можно говорить о золотом веке нефтеобразования, то это, вероятно, юрский период, длившийся от 200 до 145 млн лет назад. Нефть массово образовывалась на дне океана Тетис, который когда-то разделял древние континенты Гондвану и Лавразию. Впоследствии из-за дрейфа континентов океан прекратил свое существование, но до наших дней дошли его фрагменты — это Средиземное, Черное, Каспийское и Аральское моря. Однако главное наследие океана Тетис — огромные запасы энергии в недрах полудюжины ближневосточных стран, обеспечивающих две трети мировой добычи нефти.

Нефть Северного моря тоже образовалась в юрский период. Поэтому не исключено, что энергия, движущая вашим автомобилем, получена из солнечного света планктоном, погибшим 200 млн лет назад.

Из ила в черное золото

Первую в мире нефтяную скважину пробурили в 1859 году близ Тайтусвилла в Пенсильвании на реке Ойл-Крик (“Нефтяной ручей”), названной в честь битуминозной субстанции, сочившейся там из-под земли. Местные применяли ее как лекарство, но у *Pennsylvania Rock Oil Company* появилась идея получше: положить начало принципиально новой отрасли промышленности. Компания производила свет. Ее руководители поняли, что “горное масло” содержит керосин — прекрасное горючее для масляных ламп. Керосин быстро стал приносить огромные прибыли. Бензин в то время был практически бесполезным побочным продуктом, его зачастую просто выливали. Но на рубеже веков, как раз когда керосиновый бизнес зачах по вине лампочки Эдисона, добытчикам нефти повезло. Генри Форд сделал двигатель внутреннего сгорания неотъемлемым элементом современной жизни, и у бензина внезапно появился все растущий рынок.



Кровь цивилизации

Ископаемое топливо позволяет нам потреблять в 100 раз больше энергии, чем потребляли охотники-собиратели. Иметь доступ к ископаемому топливу — все равно что владеть сотней рабов.

Ежедневный расход энергии
охотника-собирателя

1900 килокалорий из добытой и собранной пищи

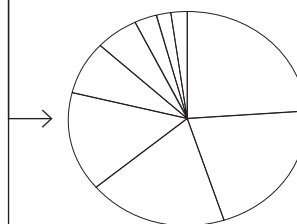




Ежедневный расход энергии жителя западного мира

196 000 килокалорий,
в основном из угля, нефти и газа

На что мы тратим энергию:

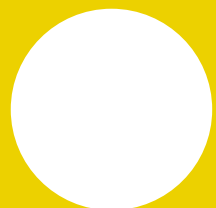
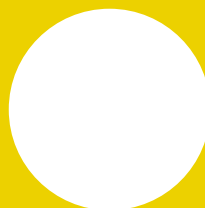
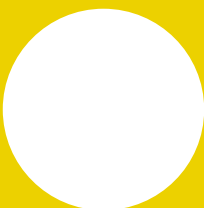
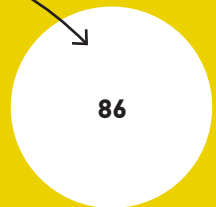
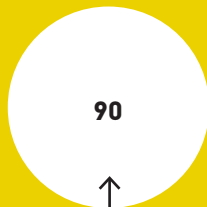
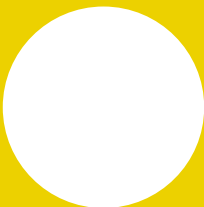
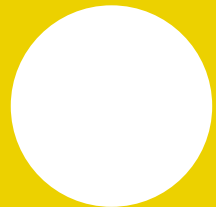
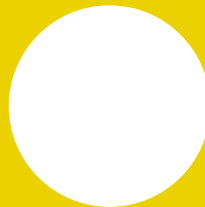
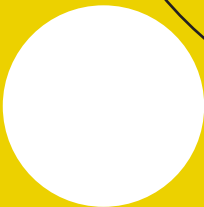
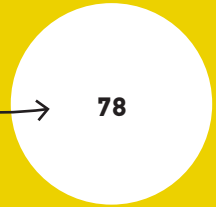
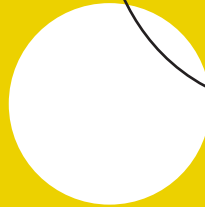
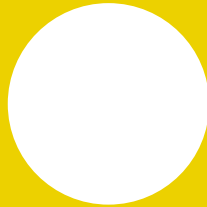
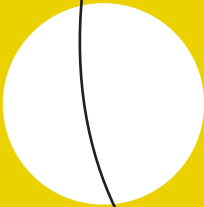
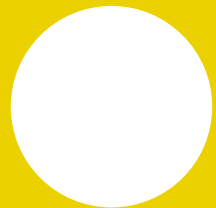
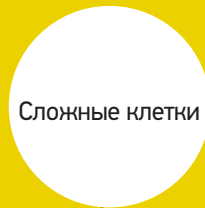
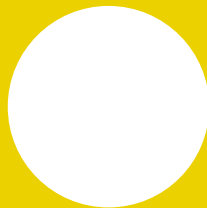
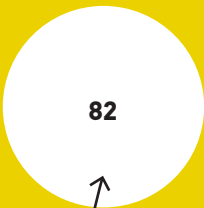
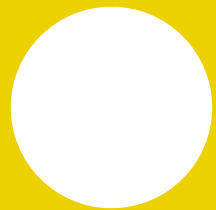
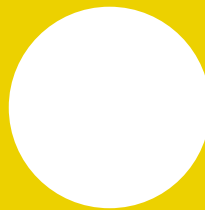
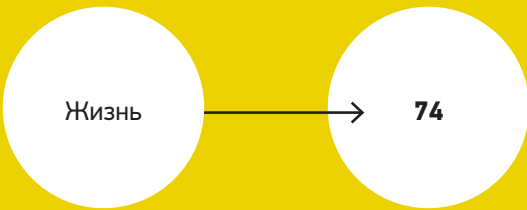


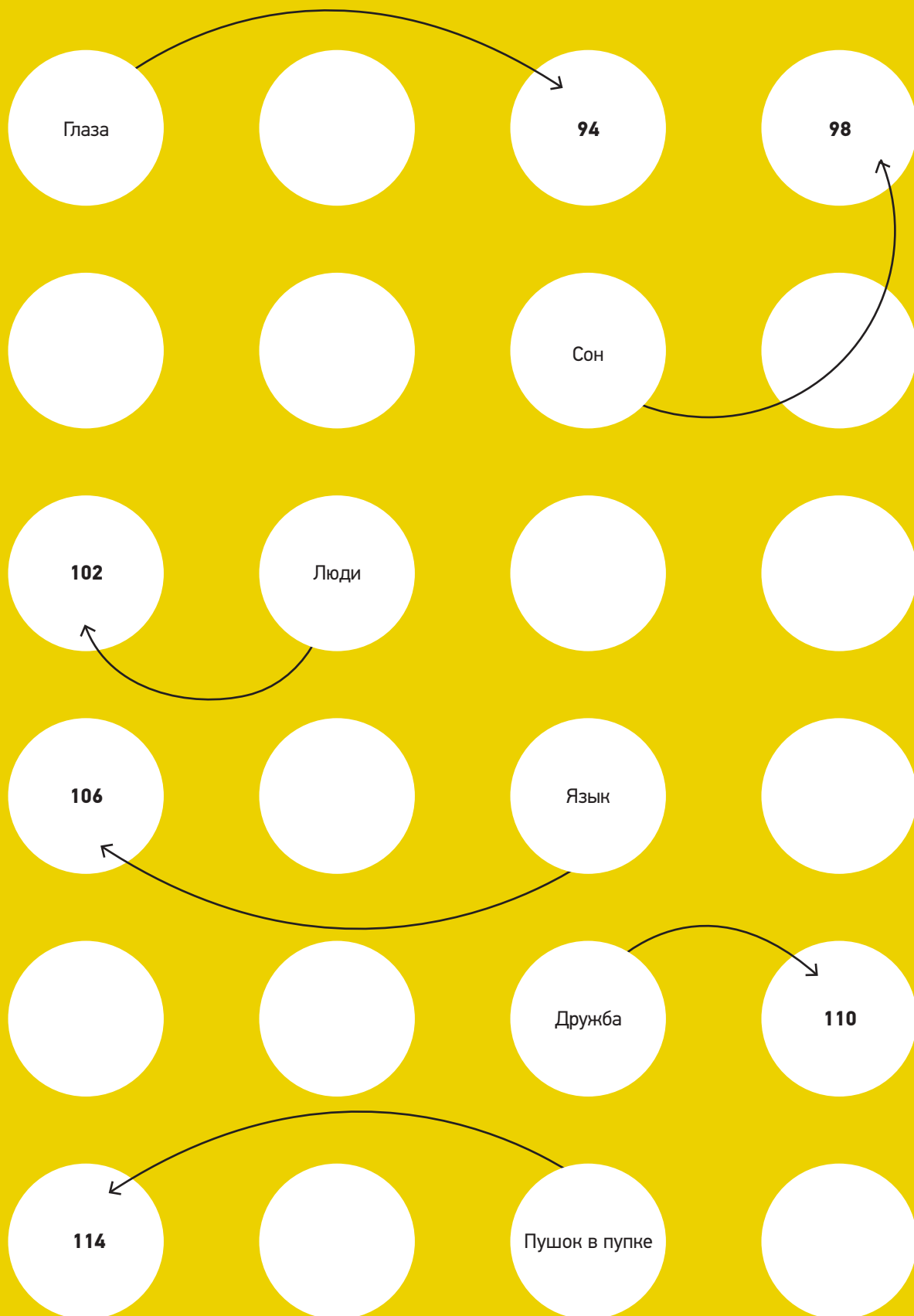
-  **24 %** на производство потребительских товаров
-  **21 %** на личный транспорт
-  **19 %** на обогрев и охлаждение домов и рабочих мест
-  **15 %** на перелеты
-  **8 %** на производство и приготовление пищи
-  **6 %** на транспортировку, в том числе на нефте- и газопроводы
-  **3 %** на питание телевизоров, компьютеров, телефонов и пр.
-  **2 %** на электрическое освещение
-  **2 %** на оборону

Глава 3

The background is a solid yellow color. It is decorated with numerous white circles of varying sizes, scattered across the entire surface. The circles are of different diameters, some being quite large and others smaller. They are distributed in a non-uniform, random pattern.

ЖИЗНЬ





Когда зародилась жизнь?

4 млрд лет назад: поверхность Земли начинает остывать. Пока здесь очень неспокойно: с неба сыплются метеориты, кругом извергаются вулканы, все окутано ядовитой атмосферой. Однако, невзирая на неблагоприятные условия, происходит нечто поразительное. Появляется молекула, а может, и набор молекул, способная к самовоспроизведению. Это самое невероятное из всего, что уже видела наша юная планета.

Как только появляются репликаторы, в процесс тут же вмешивается естественный отбор, который благоприятствует экземплярам с вариациями, позволяющими лучше самовоспроизводиться. Вскоре появляются первые простые клетки. Возникает жизнь.

Одним из первых о том, как это происходило, задумался Дарвин. Он представил себе “теплый маленький пруд, в котором есть всевозможные соли аммония и фосфора, свет, тепло, электричество и так далее”.

Однако современные ученые для колыбели жизни предлагают другие варианты, в том числе открытый океан, глубоководные источники, радиоактивные побережья и комья глины. Короче говоря, где и как зародилась жизнь, мы не знаем. Но наших знаний достаточно, чтобы выдвигать гипотезы.

Начало большого пути

Первым ископаемым остаткам бактерий, не вызывающим сомнений, примерно 3 млрд лет, но в целом ученые считают, что жизнь зародилась гораздо раньше, по крайней мере 3,5 млрд лет назад. Но когда именно, сказать сложно. Многие древние горные породы содержат физические структуры и химические следы, говорящие, по мнению некоторых исследователей, о наличии жизни; самые древние насчитывают 4,1 млрд лет, хотя это, видимо, все же слишком смело, ведь Земля в то время еще подвергалась Поздней тяжелой бомбардировке. Надежнее всего, пожалуй, считать, что это произошло 3,8 млрд лет назад.

Но вопрос “как” еще сложнее, чем “когда”. Любая теория происхождения жизни должна объяснить три обстоятельства: как отдельные кирпичики сло-

жились в сложные молекулы, как эти молекулы упаковались в замкнутое пространство клетки и откуда взялась энергия на все эти процессы. Вероятно, из всех теорий, которыми мы располагаем, лучше всех удовлетворяет всем трем условиям гипотеза, что жизнь зародилась на морском дне близ щелочных гидротермальных источников. Их не следует путать с “черными курильщиками” — вулканическими гидротермальными источниками, где перегретая вода извергается из вулканических расщелин.

Щелочные источники, встречающиеся на Земле сегодня и, предположительно, очень распространен-

Пришельцы из космоса

Есть и другая, крайне спекулятивная теория происхождения жизни на Земле — панспермия, согласно которой жизнь появилась где-то на другой планете в нашей Галактике, возможно на Марсе, и была занесена на Землю на комете или метеорите. Если так, то все мы инопланетяне, а жизнь возникла не 4 млрд лет назад — именно столько она существует на Земле, — а гораздо раньше. Однако теория панспермии не отвечает на фундаментальный вопрос, когда и как появилась жизнь, а просто переносит его в другое место.





ные в прошлом, далеко не такие бурные. Это трещины в морском дне, откуда тихонько вытекают теплые щелочные воды. Такие источники образуются, когда морская вода просачивается в морское дно и реагирует с минералом оливином. Эта реакция обогащает воду водородом и высвобождает тепло, которое заставляет образовавшуюся жидкость подниматься вверх к океанскому дну. По мере того как теплая жидкость смешивается с холодной морской водой, минералы выпадают в осадок, постепенно образуя изящные каменные столбы высотой до 60 метров. В таких структурах есть все необходимое, чтобы быть настоящими инкубаторами жизни.

Строительные блоки

Во-первых, химические вещества. Стенки столбов богаты минералами, которые могли катализировать образование сложных органических соединений из углекислого газа и водорода, в изобилии имеющихся в жидкости, вытекающей из источника. Это могло способствовать спонтанному образованию молекул, служащих строительными блоками для живых организмов: аминокислот, сахаров, а главное — РНК.

РНК, близкая родственница ДНК, играет главную роль в наших представлениях о происхождении жизни. Когда биологи только начали задаваться этим вопросом, им показалось, что они в тупике. Все живые организмы полагаются на то, что белки будут делать свою трудную работу. Молекулы белков умеют сворачиваться в самые разные формы, поэтому могут делать практически все что угодно, в том числе катализировать химические реакции, без которых невозможна жизнь. Но информация, необходимая, чтобы изготавливать белки, хранится в ДНК. Нельзя сделать новые белки без ДНК — как и новую ДНК без белков. Что же было раньше — курица или яйцо?

Когда ученые открыли, что РНК тоже умеет сворачиваться не хуже белков и катализировать реакции, выход из тупика лет 25 назад был найден: первая жизнь состояла из молекул РНК, катализировавших

собственную выработку. Щелочные источники кажутся идеальным местом для возникновения такого РНК-мира.

Перейдем к вопросу о замкнутом пространстве, предотвращающем разбегание молекул в разные стороны. Это мог обеспечивать сам источник. В его пористой структуре есть крошечные взаимосвязанные дырочки вроде клеток, с тончайшими минеральными стенками. Там-то и могли удерживаться и накапливаться РНК и другие сложные молекулы, формировавшиеся на внутренних поверхностях этих пор.

Еще РНК-миру нужна была энергия, и ее тоже могли поставлять гидротермальные источники — благодаря естественной “батарее” на границе, где жидкость из источника встречалась с морской водой. Первая щелочная (бедна протонами), а вторая кислая (богата ими), так что на границе возникает резкий перепад концентрации протонов, а так как протоны заряжены, то и электрический потенциал.

Эта энергия могла способствовать реакциям между углекислым газом и водородом, что ускоряло образование сложных молекул и более длинных цепочек РНК. А потом протоклетки научились использовать этот градиент. Столь важный шаг эволюции подтверждается тем, что и по сей день клетки черпают энергию из градиента протонов на клеточной мембране.

Простой рецепт

В этой истории еще много пробелов. Но так или иначе щелочные гидротермальные источники кажутся идеальной средой для РНК-мира — самым подходящим кандидатом на роль колыбели жизни. Но как жизнь выбралась за пределы этих источников? Как произошел переход от РНК к ДНК и белкам?

Этого мы, возможно, так и не узнаем. Но если гидротермальная гипотеза верна, то возникновение жизни — не непостижимая загадка, а практически неизбежное следствие существования планетной системы с тремя основными ингредиентами: камнями, морской водой и углекислым газом.

Три ингредиента ЖИЗНИ

Происхождение жизни кажется очень сложным процессом, однако не исключено, что для него требуются всего три простых ингредиента, которые встретились на дне древнего моря в месте под названием “щелочной гидротермальный источник”.



А точнее, **вулканическая порода** оливин, которая реагирует с морской водой, обогащая ее водородом и выделяя тепло. Оливина на морском дне много.

Камень

ничего

пшик



Жизнь

ничегошеньки

Углекислый газ

Вода



На самом деле **два вида морской воды**: холодная из придонного слоя и теплая, обогащенная водородом, что прореагировала с оливином под морским дном. При их смешивании минералы выпадают в осадок и постепенно выстраивают на дне моря изящные столбообразные конструкции.



Внутри этих столбов **CO₂**, растворенный в морской воде, реагирует с водородом — и образуются сложные органические молекулы, строительные блоки всего живого.

Как возникли сложные формы жизни?

Как писал Дарвин в “Происхождении видов”, наша живая планета — это “бесконечное число самых прекрасных и самых изумительных форм”. Но вернемся на пару миллиардов лет назад — все выглядело совсем иначе. Несмотря на то, что жизнь на Земле к тому времени бурлила уже почти 2 млрд лет, она была еще зачаточной: одни бактерии и с виду очень похожие на них, но на самом деле сильно отличающиеся археи. Самыми сложными формами жизни были тогда колонии микробов — строматолиты и цианобактериальные маты. Ни растений, ни животных — только бесплодные пейзажи из камня и воды.

Возникновение бесконечного числа самых прекрасных форм — это, наверное, наиважнейшее событие на Земле после зарождения жизни как таковой. И, несомненно, одно из самых маловероятных.

Биологи много лет полагали, что возникновение сложной жизни неизбежно с эволюционной точки зрения. Как только появилась простейшая жизнь, из нее постепенно стали развиваться более сложные формы, что в конце концов и привело к появлению животных и растений. Но, похоже, все было не так. После появления простых клеток настал невероятно длительный период полного покоя, почти полжизни планеты, и лишь затем появились сложные клетки. Более того, простые клетки будто бы породили сложные ровно один раз за все 4 млрд лет эволюции — выходит, это была какая-то дикая случайность.

Недостающие звенья

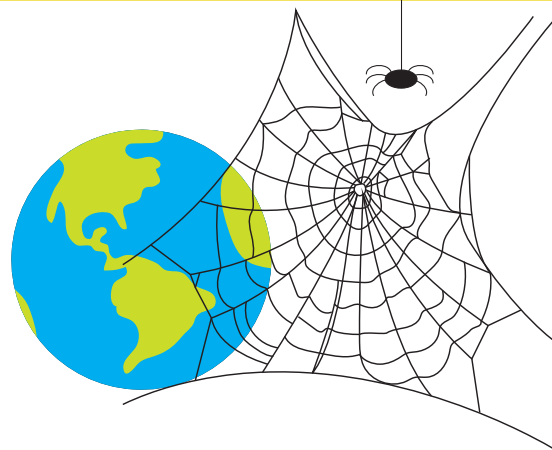
Если бы простые клетки медленно эволюционировали в более сложные в течение миллиардов лет, существовали бы всевозможные промежуточные варианты, а некоторые сохранились бы и до наших дней. Однако их нет. На их месте зияющая бездна. По одну ее сторону — крошечные бактерии и археи, вместе называемые прокариотами. По другую — большие, неповоротливые эукариоты, третий домен жизни. Типичный одноклеточный эукариот вроде амебы примерно в 15 000 раз крупнее бактерии.

Прокариоты — не более чем крошечные пузырьки с химическими веществами, конечно, не совсем уж примитивные, но все же они не идут ни в какое сравнение с клетками эукариот, которые щеголяют миниатюрными органами (органеллами), внутренними мембранами и скелетом, транспортными системами. Эукариоты и прокариоты — как человек и амеба. И если бактерии никогда не образуют ничего сложнее цепочек или колоний одинаковых клеток, то клетки эукариот кооперируются, создавая что угодно — от водорослей до вязов, от трубказубов до зебр. Все сложные многоклеточные формы жизни, то есть почти все живые существа, которых вы видите вокруг, и не только, — эукариоты.

Все эукариоты произошли от общего предка. Если бы не это уникальное событие, жизнь, вероятно, не вы-

Глобальная скука

Если жизнь порой кажется вам скучной, задумайтесь об обитателях Земли, живших от 1,7 до 0,7 миллиарда лет назад. В этот непостижимо долгий период не происходило ничего, так что биологи прозвали его “скучный миллиард”. Причина была скорее геологическая, чем биологическая. Земная кора отвердела, но тектоника плит еще не шла, что привело к долгому периоду геологического застоя — ни образования гор и разломов, ни вулканической активности, ни дрейфа континентов, словом, никаких потрясений, которые зачастую становятся двигателем эволюционных перемен.



бралась бы из микробной колеи и по сей день. У клеток бактерий и архей просто нет того, что нужно для возникновения более сложных форм.

Так что же случилось? Видимо, переломное событие произошло около 2 млрд лет назад, когда одна простая клетка каким-то образом очутилась внутри другой. Какой была клетка-хозяин, мы не знаем, но клетка внутри была бактерией, и она начала жить и делиться внутри хозяина, будто самовольно вселилась в чужой дом. Хозяин и захватчица сумели наладить дружеские отношения, и между ними возникла связь — так называемый эндосимбиоз.

В результате коэволюции через бессчетное множество поколений эндосимбионты превратились в органеллы — митохондрии. Эти пережитки бактериального прошлого, отбросив все лишнее, оставили себе лишь одну главную функцию: обеспечивать клетку энергией. Таким был важнейший шаг, позволивший жизни сбросить оковы микробного существования и развиваться в бесконечное число самых прекрасных форм.

Турбозарядка

Заполучив себе митохондрии, клетки смогли преодолеть принципиальное препятствие, не позволяющее бактериям и археям достигать больших размеров. Коротко говоря, микробы способны производить лишь ограниченное количество энергии. Универсальная энергетическая валюта клетки — АТФ — вырабатывается на клеточной мембране. Однако, по мере того как клетки становятся больше, отношение площади поверхности к объему падает — и в их распоряжении остается словно бы меньше мембраны. Таким образом, по мере роста клеток потребности в энергии быстро превосходят ее запасы. А если у клетки есть митохондрии (со своими мембранами, где вырабатывается АТФ), она может обойти эту проблему, попросту добавив их побольше, ведь митохондрии сохраняют унаследованную от предков-бактерий способность самовоспроизводиться.

Первые эукариоты, оснащенные эскадронами митохондрий, без устали вырабатывающих энергию, получили возможность расти и обретать все более крупные и сложные геномы. А “расширенные” геномы обеспечили генетическое сырье, допускавшее эволюцию еще более сложных живых организмов.

Энергия Солнца

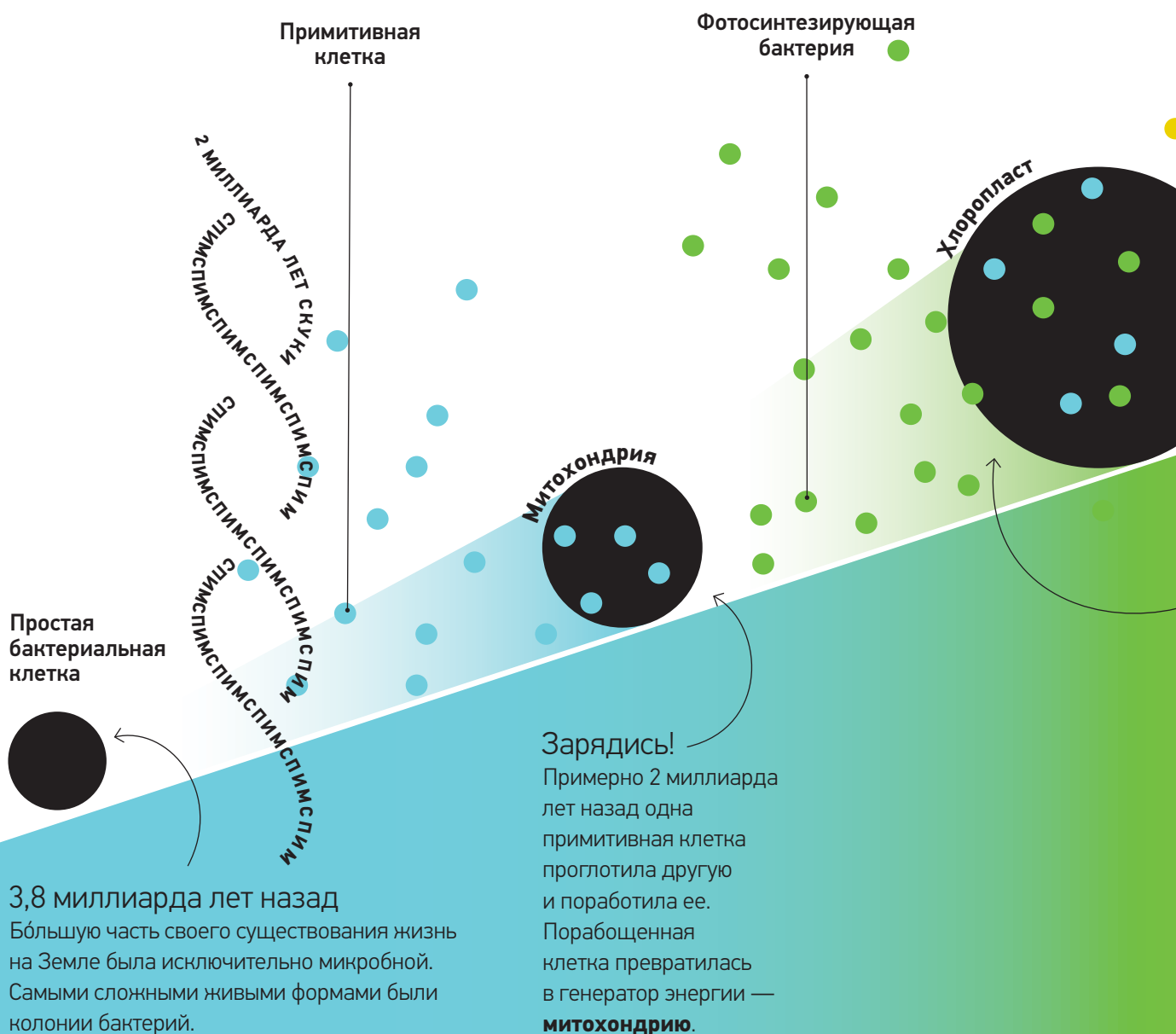
Но это еще не все. Считается, что другой раунд эндосимбиоза создал хлоропласты — органеллы, которые позволяют растениям и водорослям перерабатывать солнечный свет в сахара в процессе фотосинтеза. Эндосимбионтом на сей раз была фотосинтезирующая бактерия, которая появилась на Земле примерно 2,8 млрд лет назад. Третьим революционным изобретением было клеточное ядро, где эукариоты хранят большую часть своей ДНК. Возможно, и оно возникло в результате эндосимбиоза — с вирусом. Кроме того, клетки эукариот приобрели и другие органеллы, в том числе эндоплазматическую сеть, где вырабатываются белки, и аппарат Гольджи, доставляющий белки к месту назначения. Эти органеллы, вероятно, возникли в результате образования складок клеточных мембран.

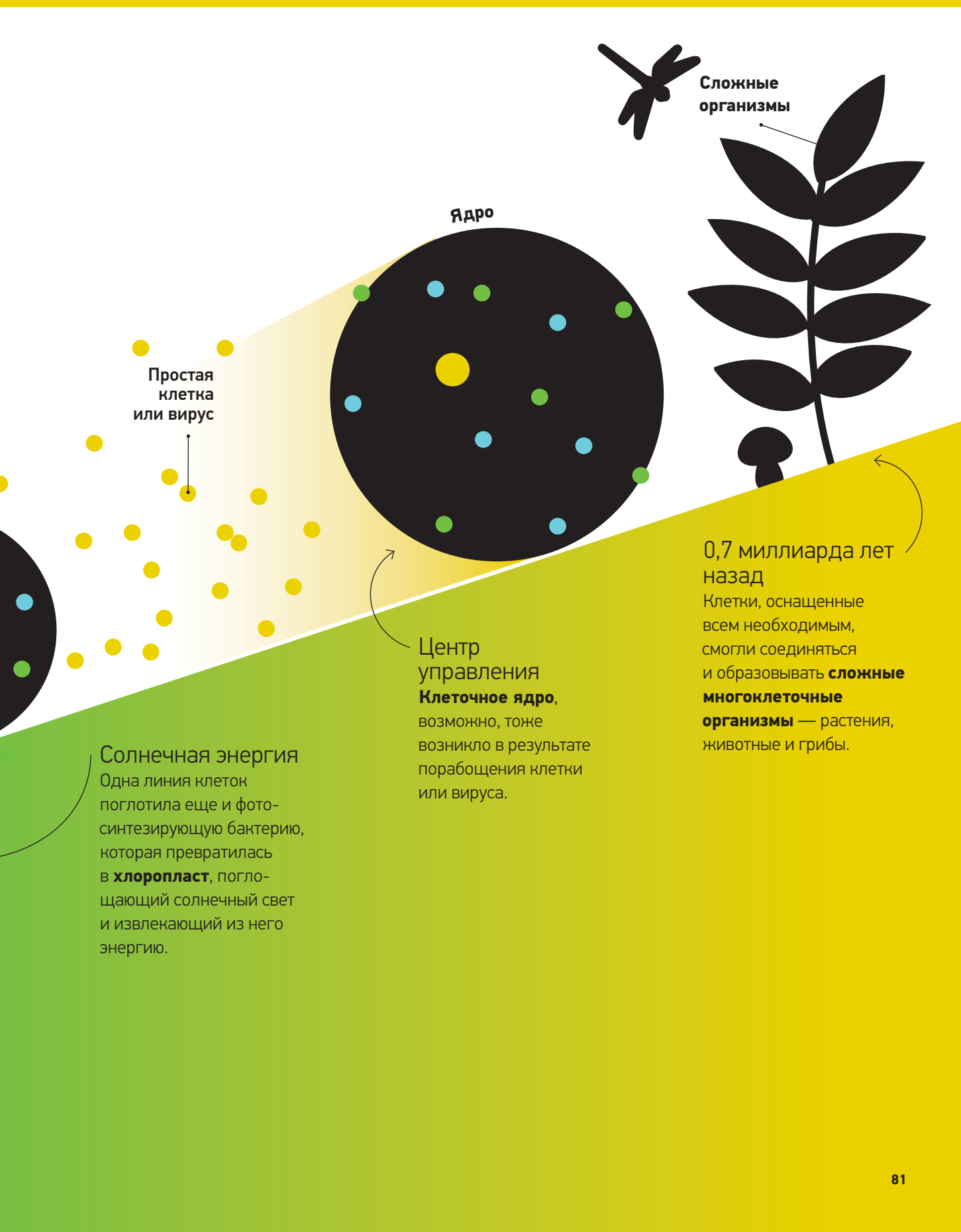
Все это задает условия для возникновения сложных многоклеточных форм жизни. Да, потребовалось время. Первыми крупными многоклеточными организмами были представители эдиакарской биоты — обитатели океана, появившиеся около 700 млн лет назад и исчезнувшие примерно во время “кембрийского взрыва” 540 млн лет назад, когда возникло большинство знакомых нам животных.

Тем не менее эдиакарская биота возводит свой род к эволюции митохондрий. И все это, похоже, началось со счастливого случая — когда одна простая клетка вобрала в себя другую. В общем, хотя возникновение простой жизни было, по всей видимости, практически неизбежным, эволюция сложной жизни, в том числе и нас с вами, фантастически маловероятна. Вот оно, подлинное чудо жизни на Земле.

Взлет жизни

Появление сложных клеток позволило жизни пройти эволюционный путь от микроскопической тины до поразительного разнообразия, которое мы наблюдаем сегодня.





Зачем мы занимаемся сексом (кроме очевидной причины)?

Птицы, пчелы и, конечно, блохи. Растения, грибы и даже амебы. Иногда кажется, куда ни взгляни — всюду секс. Однако с биологической точки зрения им занимается лишь ничтожное меньшинство. Первые 2 миллиарда лет существования жизни на Земле никакого секса не было. Да и сейчас самые распространенные на планете организмы, бактерии и археи, им не интересуются.

ИНОГДА РАЗМЕР ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЕ

ПЕНИС ГОРИЛЛЫ 3,8 см

ПЕНИС ЧЕЛОВЕКА 13 см

ПЕНИС КОНЯ 45 см

ПЕНИС НОСОРОГА 61 см

Однако происхождение секса несколько загадочно. Мало того, что он неизвестно откуда взялся — его назначение тоже ставит в тупик.

На первый взгляд кажется, что это нелепо. Функция секса совершенно очевидна: он создает вариации — сырье для эволюции. Постоянная перетасовка и перекомпоновка генетической информации помогает биологическим видам приспосабливаться. Еще помогает распространять в популяции полезные гены и устранять вредные.

Однако у этого разумного довода есть крупные недостатки. Во-первых, секс на диво непроизводителен. Гораздо логичнее клонировать себя. Клонирование дает куда больше потомства, чем секс, а значит, бесполое виды должны быстро доводить виды, размножающиеся половым путем, до вымирания, производя значительно более многочисленное потомство, конкурирующее за прежний объем ресурсов.

К тому же каждый клон несет набор генов, уже доказавший свою полезность. А секс, на-

против, создает новые, непроверенные и, возможно, плохие, сочетания. Собственно, рекомбинация при половом размножении гораздо чаще губит полезные комбинации генов, чем создает их.

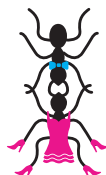
Конечно, в долгосрочной перспективе — тысяч и миллионов лет — секс должен оказаться преимуществом. Бесполое виды в конце концов накапливают мутации, от которых не могут избавиться, и вымирают. Но ведь эволюция устроена иначе. Она ничего не планирует. Ее интересует только “здесь и сейчас”.

И на этом загвоздки не кончаются. Для полового размножения надо найти партнера, прогнать соперников, рисковать заполучить заболевания, передающиеся половым путем.

Наконец, если секс такой полезный, почему он так и не возник в процессе эволюции бактерий и архей, хотя они время от времени и обмениваются участками ДНК? И наоборот, если бесполое размножение такое замечательное, почему почти все эукариоты размножаются половым путем, по крайней мере иногда? Все это делает секс одной из главных головоломок в биологии.

Много лет лучшим ответом считалась гипотеза Черной Королевы, более тонкий вариант довода “секс дает разнообразие”. Представьте себе гонку вооружений между паразитами и их хозяевами. Время жизни поколения у паразитов так мало, что они могут эволюционно опередить хозяев. Секс, запуская в оборот в каждом поколении новые комбинации генов, дает гарантию, что хотя бы несколько особей выживут. Этот принцип назван в честь Черной Королевы из “Алисы в Зазеркалье”: надо бежать изо всех сил, просто чтобы остаться на месте.

Увы, проблемы это не решает. Секс дает паразитам бесспорное преимущество только в том случае, если они очень заразны, а их воздействие очень сильно. При обычных обстоятельствах все равно побеждают клоны.



Необычный любовный треугольник

С точки зрения человека, половое размножение — это занятие для двоих: есть самцы, есть самки, и, чтобы получился детеныш, нужно по одной особи каждого пола. Это справедливо и для многих других животных и растений, однако такая система ни в коем случае не универсальна. Многие виды червей, губок, моллюсков и растений — гермафродиты, то есть любая особь может спариваться с любой другой или с самой собой. А у одного вида муравьев, как выяснилось, три пола — царица и два типа самцов. С самцами одного типа царица совокупляется, чтобы получились рабочие муравьи, а с самцами другого типа — чтобы получились царицы. Поэтому колония в целом — продукт тройственного союза.



В последние годы все больше признания завоевывает другое объяснение. Оно основано на открытии, что все эукариоты размножаются — или по крайней мере раньше размножались — половым путем (есть предостаточно видов, размножающихся клонированием, но они предпочли целомудрие лишь совсем недавно). Логично предположить, что секс появился в ходе эволюции на очень раннем этапе развития эукариот, у общего предка всех живых эукариот около 2 млрд лет назад.

Помимо секса, всех эукариот объединяет еще одна общая черта — наличие митохондрий, источников энергии для клетки. Новое объяснение гласит, что это не совпадение: митохондрии сделали неизбежной эволюцию полов. Как так? Дело в том, что у митохондрий есть свои собственные геномы — остатки полного генома свободной бактерии, которую поработили на заре эволюции эукариот. Мы знаем, что по мере того, как две бактерии эволюционировали совместно, большинство генов перешло в геном хозяина. Кроме того, симбионт бомбардировал хозяина геномными паразитами — “прыгающими” генами.

Любовь побеждает все

Иными словами, приобретение митохондрий вызвало лавину генетических изменений. Под напором такого количества мутаций баланс нарушился и у секса стало больше преимуществ, чем у бесполого размножения. Любой ранний эукариот, научившийся размножаться половым способом, должен был переиграть своих бесполок конкурентов, которые подвергались несовместимому с жизнью уровню мутирования.



Кроме того, митохондрии объясняют, почему секс и сегодня предпочтительнее. Митохондриальный геном содержит жизненно важные гены, но сам по себе ничего не в состоянии сделать. Например, чтобы строить белки и воспроизводить свою ДНК, ему нужен геном из ядра клетки. Поэтому функционирование клетки сильно зависит от тесного сотрудничества между двумя ее геномами, особенно во всем, что касается выработки энергии, без которой нельзя существовать.

Это сотрудничество и обеспечивается сексом. Поскольку митохондриальный геном накапливает мутации быстрее, чем ядерный, — у млекопитающих примерно в 10 раз, — согласие между геномами постепенно нарушается. Мы и наши митохондрии отдаляемся друг от друга, и хотя виноваты в этом митохондрии, страдать приходится нам. Секс избавляет от этой дисгармонии, поскольку выдает новые сочетания ядерных генов, лучше совместимые с потребностями митохондрий.

Вот зачем мы занимаемся сексом. А вот как — большой вопрос. Простейшие эукариоты, амёбы, занимаются сексом, разделяя свои геномы пополам, а потом деля и самих себя надвое, с половинкой генома в каждой части; затем эти полуамёбы сливаются с другими — и получают новые особи. Видимо, так и выглядел первый секс.

В общих чертах так выглядит он и сейчас. Секс просто означает, что геном разрывается надвое и объединяется с другим, чужим полугеномом, создавая новый целый геном. Люди и большинство других животных для этого разделяются на два пола: один загружает свои полугеномы в другой в ходе копуляции.

Кто сказал, что романтика мертва?



Знакомьтесь, спермии: это яйцеклетки

Жизнь придумала самые разные странные и чудесные способы достичь главной цели секса — соединить гаметы для создания новой особи.

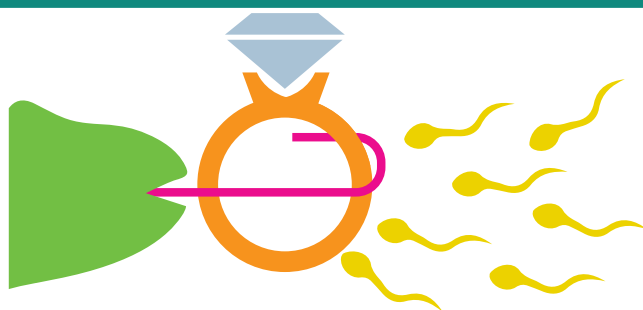
Опыление

Растения не могут особенно двигаться, поэтому для передачи гамет задействуют пчел, летучих мышей и других опылителей или ветер.

◀ НАЧАЛО НА ПРЕДЫДУЩЕЙ СТРАНИЦЕ

ПЕНИС КОНЯ 45 см

ПЕНИС НОСОРОГА 61 см



Сперматофор

Это капсула с семенем, которую самец дарит самке, помещая поблизости от нее. Обычно это сопровождается изысканным ритуалом ухаживания. Самка может принять подарок, а может и отказаться от него. Такой метод в основном практикуют саламандры и тритоны, впрочем, большие его любители находятся и среди насекомых и пауков.

Получите, распишитесь!

Головоногие — осьминоги, кальмары, каракатицы и наutilusы — также прибегают к помощи сперматофоров, но самцы активно вводят их в половые пути самки особым щупальцем — гектоктилем. У одних видов оно отламывается и остается внутри самки. Другие сохраняют спермоносное щупальце и пользуются им многократно.

Копуляция

Введение специализированного органа самца — пениса у млекопитающих и некоторых птиц или разнообразных других копулятивных органов у рыб, рептилий и насекомых — в половое отверстие самки — влагалище или клоаку. У большинства млекопитающих, включая приматов (но не людей), есть так называемая желобовая кость, благодаря которой пенис всегда остается твердым. Так что штыки у них всегда прижаты.

Внешнее оплодотворение

Детали могут быть разными, но в целом самки откладывают яйца или мечут икру в воду или на морское дно, а самцы появляются позже и выделяют на них сперму. Так поступают многие рыбы и земноводные. Для коралловых полипов характерна своя разновидность внешнего оплодотворения: раз в год женские и мужские особи массово и одновременно выпускают в воду тонны яйцеклеток и сперматозоидов.

Половой каннибализм

У некоторых видов насекомых и пауков самка съедает самца во время или после копуляции. Знаменитый пример — некоторые виды богомолов.



Травматическое осеменение

У некоторых членистоногих, червей и голожаберных самец попросту протыкает самку своим половым органом и выделяет семя непосредственно в ее брюшную полость. Особенно жестокий пример этого метода демонстрирует паук *Harpactea sadistica*, который особым органом, похожим на иглу, пронзает самку восемь раз.

Поцелуй клоаками

Большинство позвоночных без пениса применяют этот метод с тошнотворным названием, которое всего-навсего означает, что самка и самец соприкасаются клоаками для передачи семени. Еще клоака служит для вывода мочи и фекалий. Латинское слово *cloaca* означает "сточная канава".

Откуда взялось так много всяких ползучих тварей?

Если вы хотите оставить свой след в науке, поищите хорошенько под диваном или на пыльном подоконнике — и, очень может быть, вы обнаружите неизвестный вид насекомых. Каждый год ученые описывают около 20 000 новых видов. Подавляющее большинство — беспозвоночные, а из них около 10 000 — насекомые.

К ним можно относиться как угодно, но приходится признать, что насекомые во всем царстве животных добились самых больших успехов. Три четверти известных видов животных — насекомые, их целый миллион видов, и, по оценкам, еще 4–5 миллионов предстоит открыть. Видов позвоночных, например, меньше 70 000. Вероятно, в каждый момент времени на Земле живет ни много ни мало 10 квинтильонов особей насекомых, то есть больше миллиарда на человека. Насекомые первыми из животных покорили сушу, заполнили все континенты, включая Антарктиду, и, похоже, практически не боятся вымирания.

Окаменелый мини-лес

Самые древние ископаемые остатки насекомых насчитывают 410 млн лет, то есть относятся ко времени, когда жизнь совершала первые набеги на сушу.

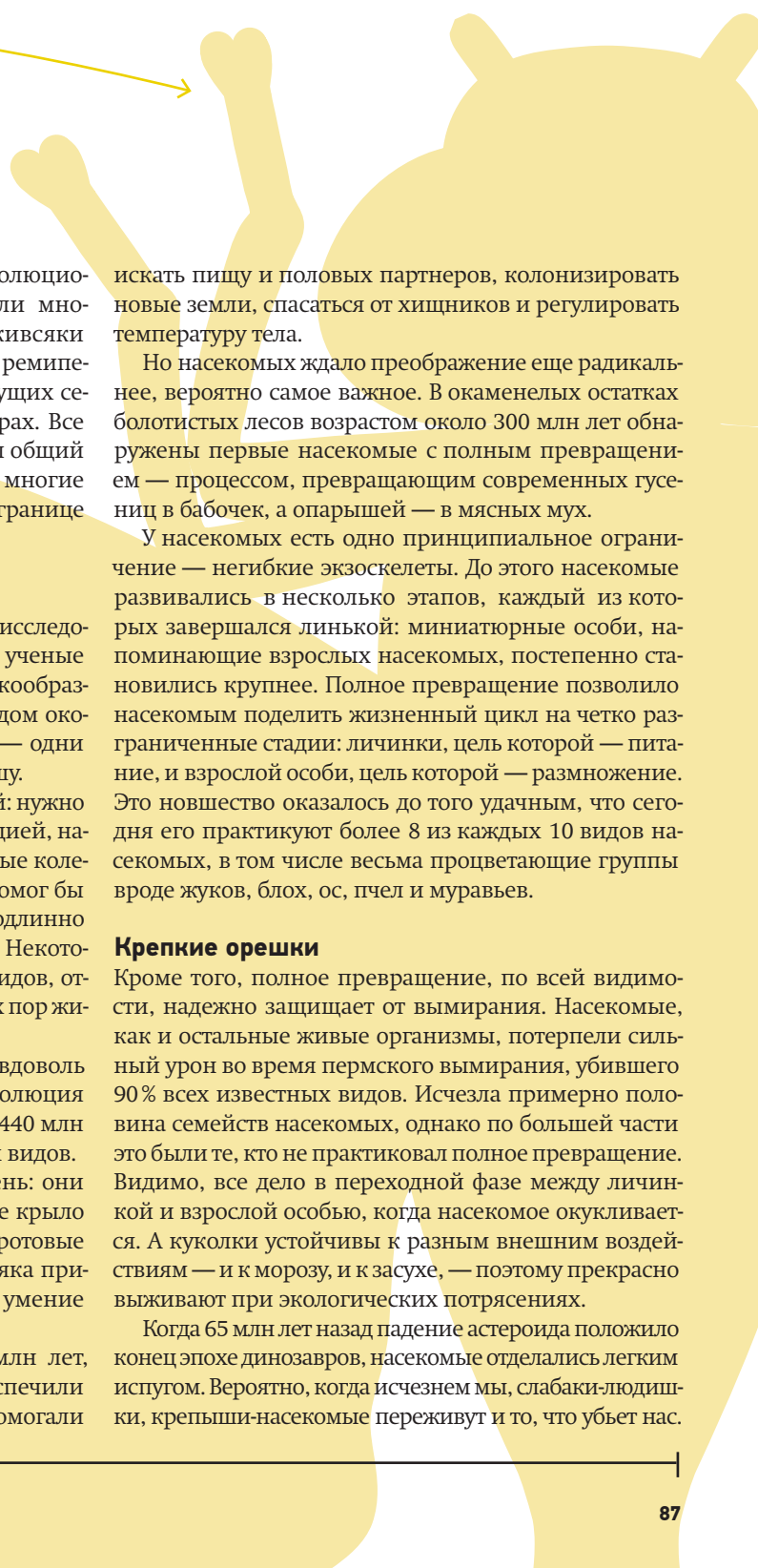
Эти окаменелости были найдены в интереснейших отложениях близ шотландской деревни Райни. Райниевые кремнистые породы — лагерштетт, то есть захоронение окаменелостей, которые особенно хорошо сохранились. Окаменелости образовались там, когда горячая, обогащенная минералами вода хлынула из вулканического источника и мгновенно обратила в камень все на своем пути.

В тех отложениях невероятно много окаменелых организмов, в основном крошечных растений. А еще там целый зоопарк первых членистоногих — животных с твердыми экзоскелетами, — в том числе ракообразных, паукообразных и ногохвосток. Первоначально считалось, что насекомых там нет, однако в 2004 году палеонтологи заметили под микроскопом прекрасно сохранившиеся ротовые части, которые могли принадлежать только насекомому.

И не просто насекомому — вид у находки был на удивление современный, а следовательно, к моменту формирования райниевых пород насекомые были уже вполне развиты. Это заставило отодвинуть время их возникновения гораздо дальше в прошлое.

Здесь живут чудовища

Примерно 300 млн лет назад насекомые внезапно увеличились в размерах. Например, похожая на стрекозу хищная меганевра обладала размахом крыльев до 70 сантиметров. Все дело в кислороде. Незадолго до этого в процессе эволюции появились деревья, а поскольку организмов, которые разлагали бы древесину, еще не было, они не гнили и не разрушались. В результате содержание кислорода в атмосфере достигло 31 % — в полтора раза больше нынешней величины. Насекомые дышат через тоненькие трубочки, доставляющие кислород к тканям, и это ограничивает их возможный размер. Если кислорода становится больше, предел сильно повышается. Насекомые оставались огромными примерно 150 миллионов лет, а затем размах их крыльев вдруг сократился вдвое. Вероятно, причина в том, что в результате эволюции появились новые летающие пожиратели насекомых — птицы.



Что касается того, из кого насекомые эволюционировали, первыми подозреваемыми были многоножки — группа, в которую входят кивсяки и сколопендры. Однако теперь все ставят на ремипедий — слепых морских ракообразных, живущих сегодня только в прибрежных морских пещерах. Все указывает на то, что у них с насекомыми был общий предок: строение мозга, нервная система и многие белки. Получается, насекомые возникли на границе суши и моря со стороны воды.

Выползание на сушу

Это подтверждается данными генетических исследований насекомых и других членистоногих: ученые уверенно помещают насекомых рядом с ракообразными и датируют их происхождение периодом около 480 млн лет назад. А значит, насекомые — одни из первых живых существ, ступивших на сушу.

Заселение суши было неподъемной задачей: нужно было совладать с обезвоживанием и гравитацией, научиться дышать воздухом и выносить суточные колебания температуры и освещенности. В этом помог бы прочный экзоскелет, однако на эволюцию подлинно наземных насекомых ушли миллионы лет. Некоторые из самых примитивных современных видов, относящихся к отряду древнечелюстных, до сих пор живут только во влажной почве.

Но суша сулила большие перспективы: вдоволь пищи и меньше хищников, чем в море. Эволюция насекомых пошла быстрыми темпами около 440 млн лет назад, когда появилось множество новых видов.

Затем насекомые вышли на новый уровень: они научились летать. Самое древнее окаменелое крыло насекомого насчитывает 324 млн лет, однако ротовые части из захоронения в Райни почти наверняка принадлежали летающему насекомому, так что умение летать появилось очень рано.

Насекомые царствовали в небесах 200 млн лет, пока не появились птерозавры. Крылья обеспечили насекомым колоссальный рывок вперед — помогали

искать пищу и половых партнеров, колонизировать новые земли, спасаться от хищников и регулировать температуру тела.

Но насекомых ждало преобразование еще радикальнее, вероятно самое важное. В окаменелых остатках болотистых лесов возрастом около 300 млн лет обнаружены первые насекомые с полным превращением — процессом, превращающим современных гусениц в бабочек, а опарышей — в мясных мух.

У насекомых есть одно принципиальное ограничение — негибкие экзоскелеты. До этого насекомые развивались в несколько этапов, каждый из которых завершался линькой: миниатюрные особи, напоминающие взрослых насекомых, постепенно становились крупнее. Полное превращение позволило насекомым поделить жизненный цикл на четко разграниченные стадии: личинки, цель которой — питание, и взрослой особи, цель которой — размножение. Это новшество оказалось до того удачным, что сегодня его практикуют более 8 из каждых 10 видов насекомых, в том числе весьма процветающие группы вроде жуков, блох, ос, пчел и муравьев.

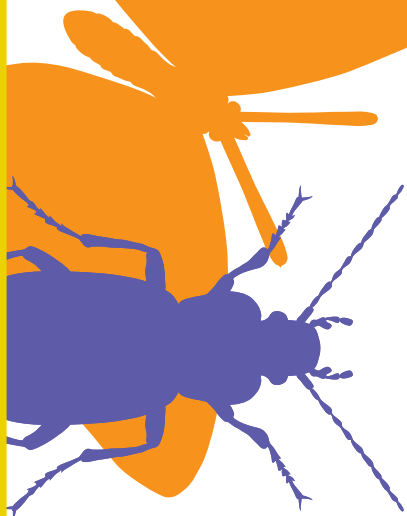
Крепкие орешки

Кроме того, полное превращение, по всей видимости, надежно защищает от вымирания. Насекомые, как и остальные живые организмы, потерпели сильный урон во время пермского вымирания, убившего 90 % всех известных видов. Исчезла примерно половина семейств насекомых, однако по большей части это были те, кто не практиковал полное превращение. Видимо, все дело в переходной фазе между личинкой и взрослой особью, когда насекомое окукливается. А куколки устойчивы к разным внешним воздействиям — и к морозу, и к засухе, — поэтому прекрасно выживают при экологических потрясениях.

Когда 65 млн лет назад падение астероида положило конец эпохе динозавров, насекомые отделались легким испугом. Вероятно, когда исчезнем мы, слабаки-людишки, крепыши-насекомые переживут и то, что убьет нас.

Планета букашек

Примерно половина всех живых существ — насекомые, а значит, это самая преуспевающая форма жизни, какую мир когда-либо знал.



Последнее на сегодня крупное событие в эволюции насекомых. Бабочки и мотыльки разделились, вероятно из-за активности хищных летучих мышей

Жуки составляют примерно 40 % видов насекомых. На вопрос, что можно сказать о Боге, изучая науку о жизни, Дж. Б. С. Холдейн ответил: "Он необычайно любит жуков"

~350 миллионов лет назад
В ходе эволюции появляется метаморфоз — переход от стадии личинки к взрослой особи, который практически гарантированно защищает насекомых от вымирания

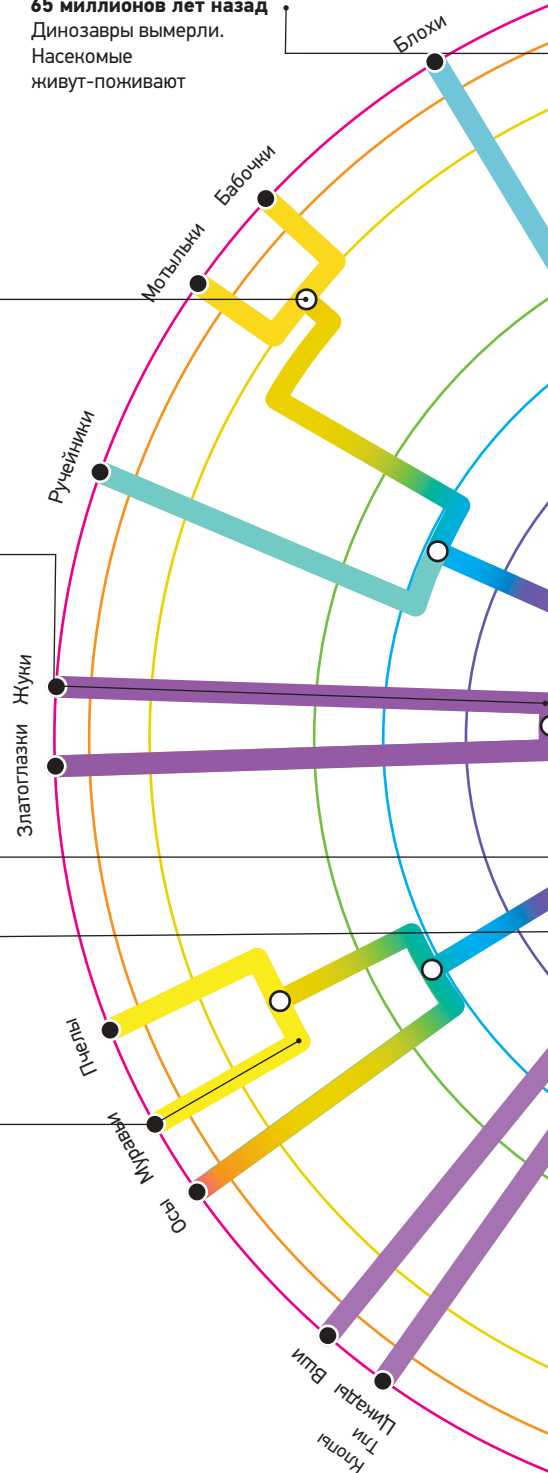
~440 миллионов лет назад
Насекомые заселяют сушу

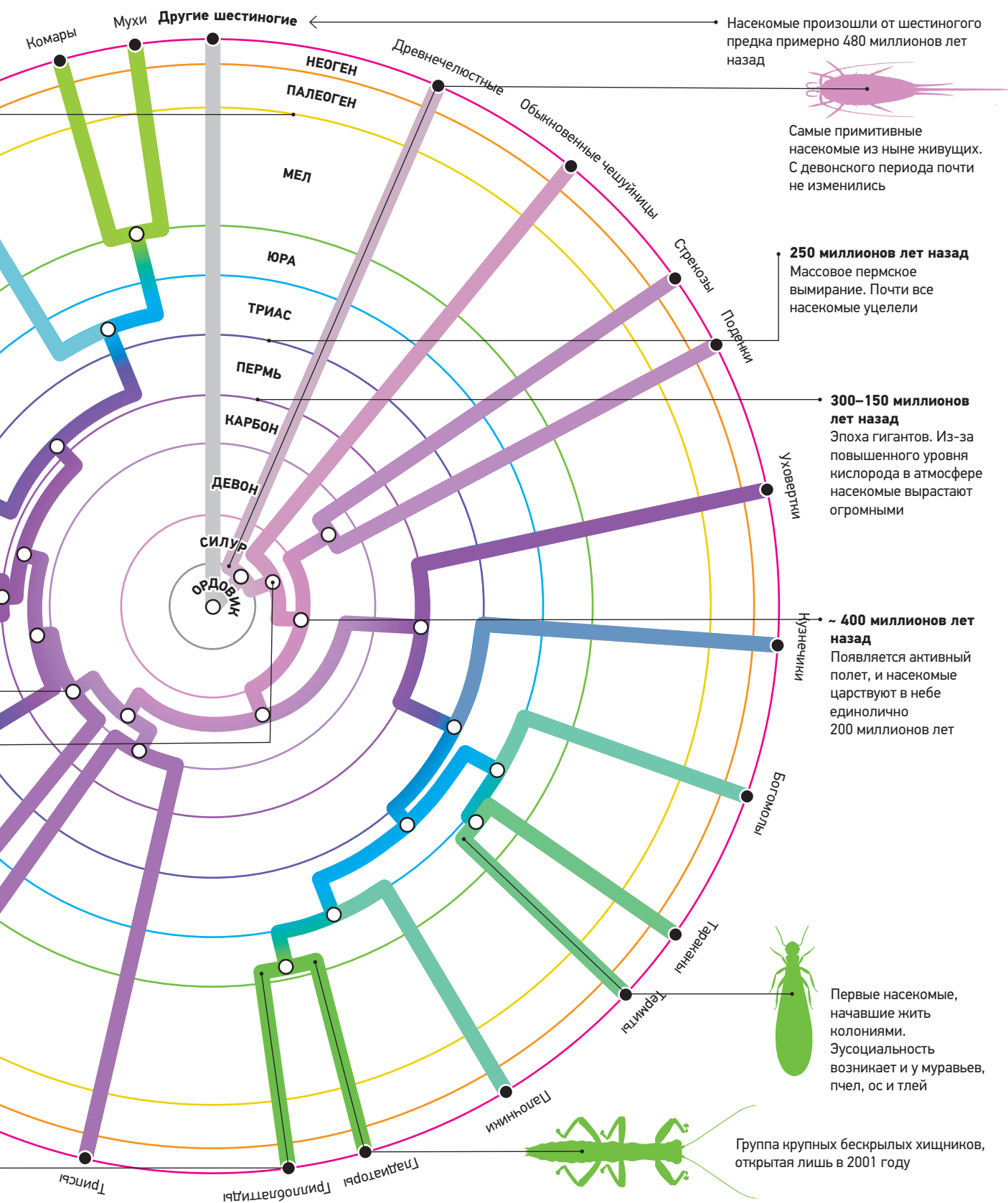
Некоторые виды муравьев образуют мегаколонии с миллиардами особей. Одна колония инвазивных аргентинских муравьев тянется по побережью южной Европы на 6000 километров



Ночные насекомые, живущие на ледниках и в других холодных местах

65 миллионов лет назад
Динозавры вымерли.
Насекомые живут-поживают





Когда началась эпоха динозавров?

Когда пришел конец, этого никто не ожидал.

Астероид (или комета) 10 километров в поперечнике врезался в Мексиканский залив, выбил кратер шириной в 180 километров и запустил каскад пожаров, извержений и мегацунами по всей планете. Пыль от этой катастрофы на много лет закрыла Солнце. У динозавров не было ни шанса — как и у 75 % живых существ, стигнувших вместе с ними.

История гибели динозавров 65 млн лет назад хорошо известна. Чего не скажешь об их происхождении. Динозавры были доминирующими животными на суше по меньшей мере 135 млн лет — дольше не продержалась ни одна группа. И если бы не астероид, они, вероятно, царствовали бы до сих пор. Откуда же взялись эти великолепные существа?

Много лет палеонтологи считали, что динозавры стремительно заняли главенствующее положение около 200 млн лет назад, поскольку эволюционно опередили конкурентов. Триасовый период, когда они возникли, считали всего лишь генеральной репетицией подлинной эпохи динозавров, юры.

Теперь мы знаем, что все было не так. Секретом успеха динозавров было чистое везение: они очутились в нужном месте в нужное время. И их появление и расцвет, как и кончина, были обусловлены масштабными, катастрофическими массовыми вымираниями.

В конце пермского периода, 251 млн лет назад, более 90 % всех живых организмов на Земле внезапно исчезли. О причине (или причинах) этой катастрофы ведутся жаркие споры, однако несомненно, что последствия у нее были сокрушительные. Сама жизнь едва не исчезла, оставив по всему единому континенту Пангея голые, пустынные пейзажи. Каким-то образом уцелели лишь отдельные виды растений и крупных сухопутных животных, и именно они за следующие 50 млн лет постепенно заполнили пустующую планету.

Первыми воспользовались счастливым случаем зверообразные си-

напсиды, раньше причислявшиеся к рептилиям. Они преобладали в раннем триасовом периоде, и от них произошли млекопитающие. К середине триасового периода их начала теснить вторая группа животных, переживших пермское вымирание, — рептилии диапсиды. И вот тогда события приобрели поистине чудовищный оборот.

Правящие рептилии

Одни из этих зверей предпочли воду и эволюционировали в ихтиозавров, плезиозавров и других морских рептилий, знакомых нам по детским книжкам про динозавров (хотя они не были динозаврами). Другие эволюционировали в змей и ящериц. Но самый интересный эволюционный сюжет разыгрался

Выйти из тени

Расцвет динозавров в самом конце триасового периода напоминает триумф млекопитающих в конце мелового. Миллионы лет прожив в тени, они вдруг обнаружили, что мир практически целиком принадлежит им, и воспользовались этим. Окаменелости свидетельствуют, что, хотя в конце триасового периода динозавров было немного, уже в начале юрского периода они доминировали на суше. Самые крупные отпечатки лап динозавров всего за 30 000 лет увеличились с 25 до 35 сантиметров. А это значит, что те, кто оставил эти следы, увеличились в размерах вдвое. То была настоящая заря эпохи динозавров.





в группе наземных животных под названием “архозавры” — “правящие рептилии”.

Согласно классическим представлениям, архозавры появились в середине триасового периода и очень быстро породили крокодилов, динозавров и летающих птерозавров. От них произошли также различные “и пр.”, но важной роли они не играли. Едва появившись, динозавры тут же показали, кто тут главный. Благодаря прекрасной эволюционной приспособленности они быстро захватили власть на суше — вот почему триасовый период стал “зарей эпохи динозавров”.



Но так ли это? Да, остатки первых динозавров находят в отложениях середины триасового периода. Самые древние обнаружены в горных породах возрастом 230 млн лет у подножия Анд в Аргентине.

Ранние пташки

Первым описали герреразавра, очень примитивного двуногого плотоядного. Открыли его в 1959 году, и оказалось, что он принадлежит к группе теропод, от которых в дальнейшем произошли тираннозавры, велоцирапторы и современные птицы.

Несколько лет спустя нашли эораптора, принадлежавшего к ветви, от которой затем произошли гигантские длинношеие травоядные зауроподы, такие как диплодоки и апатозавры.

Картину завершило открытие пизанозавра. Он был предшественником утконосых динозавров. Это подтверждает, что даже на ранней стадии развития динозавры разделились на два крупных отряда — ящеротазовых, к которым относятся тероподы и зауроподы, и птицетазовых, куда входят утконосые динозавры и стегозавры.

Однако последующие открытия заставили усомниться, так ли уж прочно на том этапе динозавры заняли доминирующую позицию. Оказывается, всевозможные “и пр.” были совсем не на вторых ролях — они-то и были главными звездами, не оставлявшими динозаврам ни шанса, пока в конце триасового перио-

да не грянуло следующее массовое вымирание. По тем или иным причинам оно затронуло в основном “и пр.”. Всевозможные огромные странные рептилии исчезли навсегда. И подобно тому, как вымирание динозавров расчистило дорогу млекопитающим, кончина триасовых рептилий ознаменовала начало эпохи динозавров. Поздний триасовый период был порой расцвета архозавров.

Иллюзия доминирования динозавров коренилась в том, что ископаемые остатки триасовых наземных животных попадают редко и обычно в неполной комплектации. Когда ученые обнаружили триасовые окаменелости, похожие на остатки динозавров, то логичным образом решили, что это и были динозавры.

В числе прочих были найдены равизухии — длинноногие хищники, телосложением напоминавшие медведей или львов. Самый крупный достигал семи метров. Были и весьма диковинные создания, например аризоназавр с гребнем-парусом на спине. Другой господствующей группой хищников были фитозавры, длиннотелые рептилии с узкими, как у крокодилов, челюстями, немного похожие на современных гавиалов.



Самыми распространенными травоядными были этозавры, коротконогие, до пяти метров в длину, с маленькими головами и бронированными телами, сложенные наподобие анкилозавров эпохи динозавров.

Следующие 10 млн лет мир принадлежал этим малоизвестным животным, а динозавры играли эпизодические роли. Затем произошло триасово-юрское массовое вымирание, 200 млн лет назад. Оно было одним из пяти самых катастрофических массовых вымираний за последние 500 млн лет, однако им пренебрегают, отчасти потому, что непосредственная причина его неочевидна, отчасти же потому, что у него не было знаменитых жертв.

Но на самом деле были — архозавры. Они исчезли с лица земли и оставили планету динозаврам.



Динозавр или нет?

Эпоха динозавров принадлежала не только динозаврам. По воздуху, воде и суше тогда рыскало много групп рептилий, в том числе и оперенных, которые показывают, как из динозавров получились птицы.

ДИНОЗАВРЫ, НЕПОХОЖИЕ НА ДИНОЗАВРОВ

НЕ-ДИНОЗАВРЫ, ПОХОЖИЕ НА ДИНОЗАВРОВ

Постозух

Представитель равизухий, гигантских хищников, которые сосуществовали с динозаврами в триасовом периоде



Скансориоптерикс

Десматозух

Травоядный этозавр триасового периода

Летающий динозавр с четырьмя крыльями

Микрораптор



Лиоплевродон

Не динозавр, а плезиозавр



Птеродактиль

Попозавр

Еще один хищный не-динозавр триасового периода





Тапехара



Птерозавры,
не динозавры

Эудиморфодон



Орнитомизх

Еще один хищный
не-динозавр
триасового периода



Саркозух

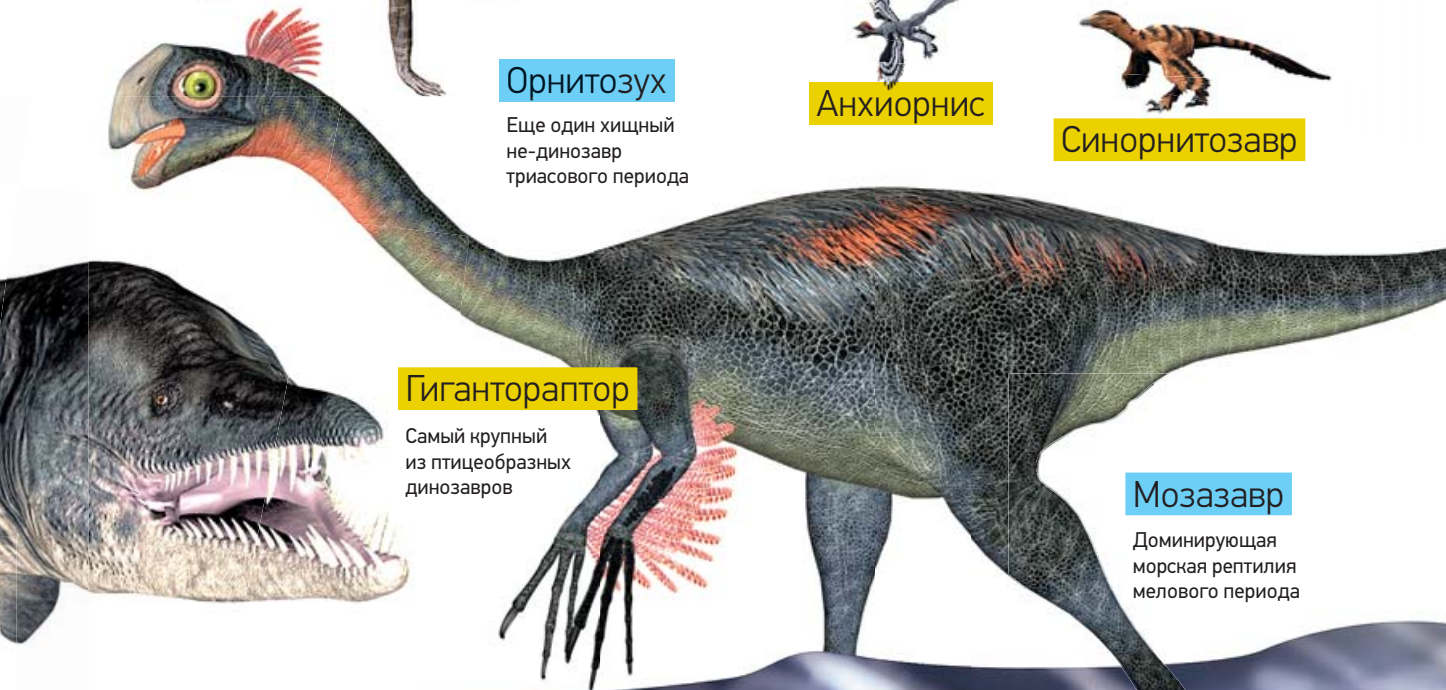
Двенадцатиметровый
крокодилормф мелового
периода



Анхиорнис



Синорнитомизавр



Гиганторнаторптор

Самый крупный
из птицеобразных
динозавров



Мозазавр

Доминирующая
морская рептилия
мелового периода



Его часто относят к птицам,
но птицы — это динозавры

Археоптерикс



Как появились глаза?

С точки зрения эволюции они возникли в мгновение ока и навсегда изменили законы жизни. До появления глаз жизнь была куда более спокойной и мирной, среди живых существ преобладали вялые мягкотелые организмы, качавшиеся себе в морских водах. Изобретение глаза породило в мире жестокость и соперничество. Зрение позволило животным стать активными охотниками и запустило эволюционную гонку вооружений, преобразившую планету.

Первые глаза появились в самом начале кембрийского периода, когда о себе заявили сложные многоклеточные существа, у группы впоследствии вымерших животных, возникших около 543 млн лет назад, — трилобитов, похожих на крупных морских мокриц. Глаза у них были фасеточные, примерно как у современных насекомых. И появляются они в окаменелостях довольно неожиданно. У предков трилобитов 544 млн лет назад глаз еще не было.

Что же произошло за эти волшебные миллион лет? Ведь глаза состоят из взаимосвязанных сложнейших деталей — сетчатки, хрусталика, зрачка, зрительного нерва, — не слишком ли это хитроумная конструкция, чтобы возникнуть в одну секунду?

Проект самой природы

Сложность устройства глаза давно стала полем битвы ученых-эволюционистов. С тех самых пор, как Уильям Пейли в 1802 году сформулировал свою метафору часовщика, заявив, что у такого сложного механизма, как часы, должен быть создатель-часовщик, креационисты строили на примере глаза телеологический аргумент. Глаз так сложен, утверждали они, что едва ли мог возникнуть в ходе естественного отбора.

Дарвин об этом аргументе прекрасно знал. В “Происхождении видов” он признавал: “В высшей степени абсурдным, откровенно говоря, может показаться предположение, что путем естественного отбора мог образоваться глаз”. Однако далее он уверенно утверждает, что это только *кажется* абсурдным. Сложные глаза могли развиваться из очень простых в ходе

естественного отбора, если каждый этап усложнения оказывался полезен. Дарвин считал: разгадка таится в том, чтобы найти в царстве животных глаза промежуточной сложности, которые подсказали бы вероятный путь от простого к сложному.

Эти промежуточные формы найдены. Согласно биологам-эволюционистам, самый рудиментарный глаз меньше чем за полмиллиона лет мог развиваться в сложный глаз-“фотокамеру” вроде нашего.

Первый шаг — появление светочувствительных клеток. Похоже, это было проще простого. Многие одноклеточные организмы обладают “глазным пятном” из светочувствительных пигментов. Некоторые даже способны плыть на свет или от него. Такие зачаточные способности различать свет дают очевидное преимущество для выживания.

Следующий шаг — многоклеточные организмы концентрируют свои светочувствительные клетки в одном месте. Скопления светочувствительных клеток были, вероятно, распространены задолго до кембрийского периода, что позволяло первым животным различать свет и ощущать, откуда он исходит. Такие рудиментарные органы зрения до сих пор используют медузы, плоские черви и другие примитивные группы, и это определенно лучше, чем ничего.

Из мглы на свет

Самые простые организмы со светочувствительными скоплениями клеток — гидры, пресноводные родственницы медуз. Глаз у них нет, но на ярком свете они сворачиваются в шар. С эволюционной точки зрения гидры очень интересны, поскольку их базовое светочувствительное оснащение очень похоже на то, что мы наблюдаем у представителей других эволюционных линий, в том числе у млекопитающих. Оно основано на двух типах белков: опсинов, которые меняют форму, когда на них попадает свет, и ионных каналов, которые в ответ на изменение своей формы генерируют электрический сигнал. Ге-

нетические исследования показывают, что системы из опсинов и ионных каналов развились у общего предка, похожего на гидр, что указывает на единое эволюционное происхождение всех зрительных систем.

Следующий шаг — развить маленькую выемку со светочувствительными клетками. Так проще определять, откуда свет приходит, а значит, ощущать движение. Чем глубже ямка, тем четче ощущения.

Дальнейшего усовершенствования можно добиться, сузив входное отверстие выемки, чтобы свет проникал через маленькую дырочку, как в камере-обсуре. Это позволяет сетчатке различать изображения — большой прогресс по сравнению с предыдущими мо-



Высоко сижу,
далеко гляжу!
Erythropsidinium

делями. Глаз в виде камеры-обскуры без хрусталика и роговицы есть у современного наутилуса.

И последний крупный шаг вперед — развитие хрусталика. Вероятно, поначалу это был защитный слой кожи, выросший поверх отверстия. Но затем он превратился в оптический инструмент, способный фокусировать свет на сетчатке. Эффективность глаза как зрительной системы сразу увеличилась раз в сто.

Такого рода глаза встречаются у кубомедуз — очень подвижных и ядовитых морских хищников. У них 24 глаза в четырех скоплениях, 16 — простые светочувствительные выемки, но одна пара в каждом скоплении — сложные глаза, с хитроумным хрусталиком, сетчаткой, роговицей и радужной оболочкой.

Глаз планктона

Глаза вообще замечательный орган, но самый замечательный глаз, пожалуй, у одноклеточного существа *Erythropsidinium*. Примерно треть его крошечного тельца занимает структура под названием “оцеллоид”, которая при всей своей микроскопичности поразительно похожа на сложные глаза-“фотокамеры” позвоночных. Спереди у оцеллоида прозрачная сфера, что-то вроде роговицы. Сзади — темная полукруглая деталь, регистрирующая свет. Судя по всему, *Erythropsidinium* своим глазом определяет местоположение добычи, хотя нервной системы у него нет. Что именно “видит” это существо, можно только догадываться.

Поймать и уничтожить

Трилобиты пошли несколько другим путем: у них развились сложные глаза с несколькими хрусталиками. Но основной ход событий был такой же.

Трилобиты — первые, но не единственные живые существа, сделавшие подобное изобретение. Биологи считают, что глаза развивались независимо во многих случаях, возможно в сотнях.

И как изменилась жизнь с их появлением! В слепом мире раннего кембрийского периода зрение было настоящей сверхспособностью. Трилобиты стали первыми активными хищниками, сумев выслеживать и загонять добычу принципиально новым способом. Неудивительно, что их жертвы предприняли встречные эволюционные меры. Прошло всего несколько миллионов лет — и глаза уже были повсюду, а животные стали гораздо активнее и вооружились до зубов. Этот фейерверк эволюционных инноваций и называется теперь “кембрийским взрывом”.

Однако зрение не универсально. Из 37 типов многоклеточных животных оно возникло только у шести. Зато эти шесть, в том числе наш собственный тип, хордовые, а также членистоногие и моллюски, — самые многочисленные, распространенные и преуспевающие животные на планете.

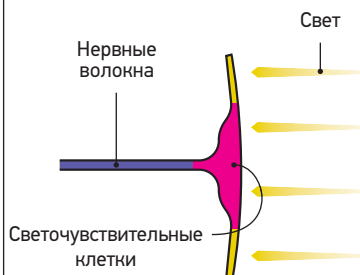
Начинаем видеть свет

Глаза — органы фантастически сложные, а развились всего за миллион лет. Их эволюция началась со светочувствительных клеток и прошла несколько этапов, на каждом из которых глаза становились все полезнее. Все промежуточные формы наблюдаются у современных животных.

Этап 1:
Глазное пятно

ДО СИХ ПОР ЕСТЬ У МЕДУЗ

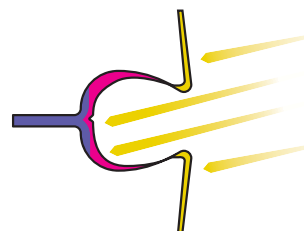
СТЕПЕНЬ ЧЕТКОСТИ ЗРЕНИЯ



Скопление светочувствительных клеток — так называемое глазное пятно — воспринимает наличие или отсутствие света, но не различает изображений.

Этап 2:
Глазное пятно в выемке

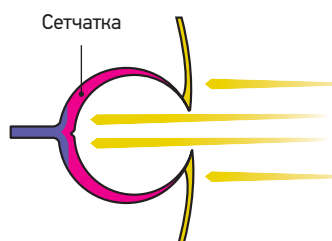
ДО СИХ ПОР ЕСТЬ У ПЛОСКИХ ЧЕРВЕЙ



Если глазное пятно находится в маленькой выемке или ямке, животное чувствует, откуда приходит свет, и, следовательно, регистрирует движение.

Этап 3: Камера-обскура

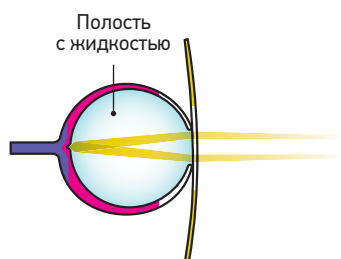
ДО СИХ ПОР ЕСТЬ У НАУТИЛУСОВ



Если выемка становится глубже, а входное отверстие уже, это помогает лучше чувствовать направление и движение и обеспечивает рудиментарную способность различать изображения.

Этап 4: Примитивная фотокамера

ДО СИХ ПОР ЕСТЬ У БАРХАТНЫХ ЧЕРВЕЙ

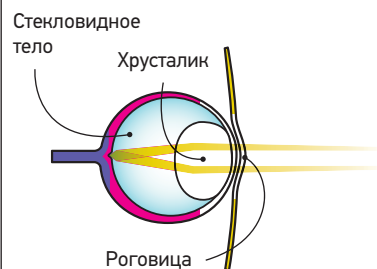


Входное отверстие зарастает слоем кожи, создавая полость, заполненную жидкостью. Эта структура эволюционирует в роговицу и стекловидное тело — и то и другое повышает четкость изображения.

Первые глаза появились около 540 млн лет назад у трилобитов и с тех пор независимо возникли в еще как минимум шести эволюционных линиях, включая нашу

Этап 5: Сложный глаз

ДО СИХ ПОР ЕСТЬ У ОСЬМИНОГОВ



В конце концов из роговицы возникает хрусталик, фокусирующий свет на сетчатке и дающий четкое, резкое изображение.

Зачем мы спим?

Совсем скоро вы впадете в забытие и очутитесь в так называемой сумеречной зоне. Затем в течение нескольких часов ваш мозг будет погружаться попеременно в два кардинально разных состояния — фазу медленного, глубокого сна и фазу быстрого сна, или быстрых движений глаз. Почти все это время вы будете не совсем без сознания, а погружены в удивительное ночное состояние — сновидения.

Во сне мы проводим около трети жизни, и очевидно, что он очень важен. Если нас долго лишать сна, мы заболеем: крысы, которым вообще не дают спать, умирают меньше чем через три недели. Но невзирая на шестьдесят с лишним лет исследований, мы до сих пор не очень знаем, зачем нам сон.

Дело не в недостатке усердия. Ученые-сомнологи выдвигают десятки гипотез о функциях сна. Диапазон их весьма широк — от того, что сон бережет нас от беды, до необходимости экономить энергию, восстанавливать мозг и организм в целом, настраивать иммунную систему, перерабатывать информацию, регулировать эмоции и закреплять воспоминания. У каждой свои сильные и слабые стороны. Большинство ученых соглашаются, что у сна много функций и все эти гипотезы в той или иной степени верны.

Отсутствие общепринятой теории не просто огорчает исследователей сна, а еще и сильно затрудняет выявление эволюционного происхождения сна. Сон — древнее изобретение, так как спят все животные со сложной нервной системой: млекопитающие, птицы, рептилии, рыбы. Мы знаем, что спали и динозавры: в 2004 году китайские палеонтологи обнаружили кости динозавра, жившего 125 млн лет назад, который уткнулся головой под свою переднюю конечность — точь-в-точь как спящая птица прячет голову под крыло. Кроме того, состояния, подобные сну, регистрируют и у живых существ без сложной нервной системы, в том числе у насекомых, скорпионов, червей и некоторых ракообразных.

Не исключено, что сон — врожденное свойство нервных клеток. Группы нейронов, выраженные

в чашке Петри, спонтанно входят в состояние, очень похожее на сон. Лишите их этой возможности — и они начнут работать с перебоями, “выстреливать” случайно, их охватит безумие сродни эпилепсии.

Даже микроорганизмы, у которых вообще нет нервной системы, подчиняются суточным циклам активности и пассивности, регулируемым внутренними биологическими часами. Так что происхождение сна можно отнести назад в прошлое к самому зарождению жизни около 4 млрд лет назад.

Ночные странствия

Быстрый сон часто называют “сном со сновидениями”, поскольку именно тогда человек видит большинство снов. Но мы видим их и во время других фаз сна. Когда ученые исследуют мозг спящих людей, оказывается, что человек видит сны и вне фазы быстрых движений глаз, хотя эти сновидения короче и менее яркие и сложные, чем “быстрые” сны. Другой тип сновидений возникает на границе сна и бодрствования. Эти мимолетные гипнагогические сны отчасти напоминают галлюцинации и иногда открывают путь к третьему типу сновидений — осознанным сновидениям. Это интереснейшее и желанное для многих состояние сознания, при котором знаешь, что спишь, и можешь в какой-то степени контролировать происходящее. Такие сны наяву.

Каждую ночь мы видим сны в течение приблизительно двух часов, но почти все мгновенно забываем



Загвоздка в том, что сон — не одно явление, а два. Первое называется глубоким, или медленным, сном, поскольку для него характерны длинные, ленивые волны электрической активности, синхронизированные по всему мозгу. Второе — быстрый сон, и это совсем другое дело. Для фазы быстрых движений глаз характерна лихорадочная активность мозга, очень похожая на бодрствование. Есть у нее и очевидные физические признаки: быстрые, резкие движения глазных яблок и почти полный паралич мускулатуры, по-видимому, оберегающий нас от проигрывания в реальности того, что мы видим во сне.

Быстрый сон наблюдается только у млекопитающих и птиц. Их последний общий предок жил примерно 300 млн лет назад, то есть быстрый сон мог появиться еще раньше. Однако от этого же общего предка произошли рептилии, у которых нет такого сна, а значит, у птиц и млекопитающих быстрый сон возник в результате эволюции независимо.

Куда по ночам ходит ваше сознание

В фазе быстрого сна мы видим большинство наших сновидений, в изучении функций и происхождения которых ученые-сомнологи преуспели гораздо больше.

Зигмунд Фрейд первым предположил, что содержание снов навевается впечатлениями во время бодрствования — “дневными остатками”. Многие представления Фрейда о сновидениях в наши дни впали в немилость, но не это.

Сны — словно зеркальное отражение нашей жизни во время бодрствования. Они часто отражают свежие впечатления, особенно новые. Например, человек, впервые в жизни поигравший в тетрис, может увидеть во сне, как с неба падают прямоугольники.

Связь между сном и бодрствованием наблюдали и непосредственно: при сканировании мозга выяснилось, что, видя сны, он повторяет паттерны активности, возникавшие во время бодрствования.

Впечатления, по всей видимости, проникают в наши сны в два этапа. Сначала возвращаются ближайшей ночью, а потом — дней через пять-семь, что подтверждает предположение, согласно которому одна из функций сна — переработка воспоминаний и интегрирование их в долгосрочную память.

Однако в сновидениях мы не просто заново проигрываем события. Они разбиваются на фрагменты, перемешиваются со старыми воспоминаниями и сплетаются в странные, эмоционально заряженные нарративы с невероятными сюжетами, героями и декорациями. Может быть, это объясняется всего лишь деятельностью мозга, необходимой для обработки воспоминаний. Крайне активны зрительные зоны, а также эмоциональные центры в миндалевидном теле, таламусе и стволе мозга. А области, отвечающие за рациональное мышление и внимание, ведут себя тихо.

Но обработкой воспоминаний все явно не ограничивается. Люди с врожденной инвалидностью видят сны о том, чего с ними никогда не происходило наяву. Например, глухим снятся сны, в которых они слышат звуки и понимают речь, немые обретают голоса. Люди, парализованные от рождения, ходят, бегают или плавают. Это говорит о том, что мозг по какой-то причине генетически запрограммирован генерировать впечатления, с которыми мы можем столкнуться на протяжении жизни.

Чем-то подобным объясняются, наверное, и кошмары. Примерно в двух третях снов спящий оказывается в опасности — приходится убегать от злодея или с кем-то драться. Такие сны чаще снятся детям, и в них нередко появляются страшные звери. Одно из объяснений заключается в том, что мозг сочиняет сны для симуляции трудностей, с которыми мы можем столкнуться наяву — или с которыми сталкивались наши далекие предки, — чтобы дать нам возможность потренироваться их преодолевать.

Поэтому будьте начеку, отправляясь спать. Сумеречный мир полон тайн и опасностей.

20 ЧАСОВ

5 ЧАСОВ

1 ЧАС

МЕДЛЕННЫЙ СОН
Неврологически спокойнее,
но не совсем без сновидений

БЫСТРЫЙ СОН
Резкие движения глаз, яркие сны
и активный мозг

Африканский сон

Животные в порядке увеличения продолжительности сна

Инд

увел
Африканский слон

Индийский слон

Лошадь

Жираф

Лошади, жирафы и другие крупные травоядные спят стоя по несколько минут зараз, в сумме получается меньше 5 часов в сутки

Человек

**Тихоокеанский
белобочий дельфин**

Длинномордый тюлень

Если совсем не спать, умрешь быстрее, чем если совсем не есть. Но, как ни странно, полное лишение быстрого сна, похоже, не так уж вредно

Южный морской лев

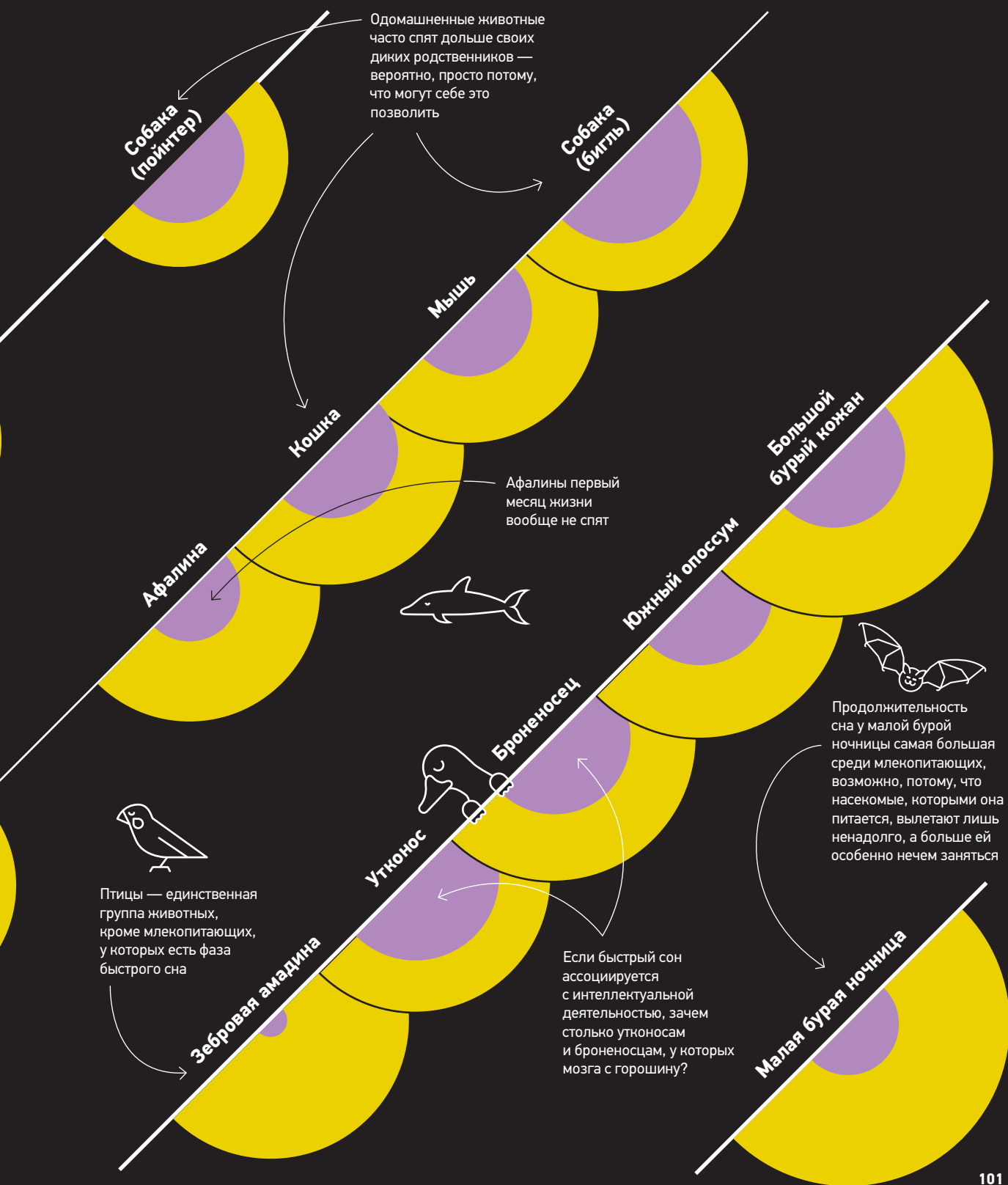
У южных морских
лвов однополушарный
сон: когда одна
половина мозга спит,
другая бодрствует. Это
позволяет им подолгу
охотиться в открытом
море

Павиан

СВИНЬЯ

Черная гринда

В 1967 году ученые установили, что лягушки-быки вообще не спят, но для подтверждения нужны дальнейшие исследования



Как из обезьяны получился человек?

Многие родители с ужасом ждут момента, когда ребенок спросит, откуда он появился. Дарвина эта тема тоже смущала: в “Происхождении видов” почти ни слова не говорится об эволюции человека.

Дарвин проявил деликатность. Идея эволюции в любой форме в середине XIX века и так воспринималась в штывы. А утверждать, что в результате эволюции появился человек, было все равно что бросить спичку в бочку пороха, что Дарвин и выяснил, когда в 1871 году опубликовал книгу, целиком посвященную этой проблеме.

На его пути вставали еще и научные препятствия. У Дарвина практически не было доступа к ископаемым свидетельствам, которые показали бы, когда и даже где возникли люди.

За годы, прошедшие с тех пор, появилось огромное количество новых палеонтологических данных о людях (или, вообще говоря, гомининах). Еще многое предстоит открыть, но общая картина нашей эволюции по большей части сложилась. Мы знаем, что наше эволюционное древо проросло в Африке, наши ближайшие родственники из ныне живущих — шимпанзе и разошлись мы с ними около 7 млн лет назад.

Однако путь к современному человечеству оказался долгим. Прошло 4 миллиона лет, а наши предки были все еще очень похожи на обезьян. Люси, жившая в Эфиопии 3,2 млн лет назад, наш знаменитый предок, обладала маленьким, как у шимпанзе, мозгом и длинными руками, так что ее вид, похоже, еще много времени проводил на деревьях — возможно, забирался повыше на ночь, как современные шимпанзе. Но у Люси была одна отличительная человеческая черта: она ходила на двух ногах.

Люси принадлежит к австралопитекам. За 40 лет, прошедших после обнаружения фрагментов ее скелета, найдены были и более древние ископаемые остатки, некоторым по 7 миллионов лет. Те существа тоже имели некоторые черты и маленький мозг, как у шимпанзе, но ходили, скорее всего, на двух ногах.


Кроме того, австралопитеки, вероятно, делали примитивные каменные орудия труда, но в остальном мало отличались от других обезьян.

Гоминины начали выглядеть и вести себя чуть более похожим на нас образом только с появлением настоящих людей — рода *Homo*. Уже почти никто не сомневается, что наш род произошел от какого-то вида австралопитеков. Возможно, это был вид Люси — *Australopithecus afarensis*, а может, южноафриканский вид *Australopithecus sediba*. Все усугубляется тем, что переход состоялся, вероятно, от 2 до 3 млн лет назад, а ископаемых остатков гомининов того времени очень мало.

Первые виды *Homo* известны только по нескольким фрагментам костей, поэтому изучать их трудно.

Четыре ноги хорошо, а две лучше

Прямохождение — одна из отличительных черт нашего вида. До сих пор загадка, когда именно наши предки начали ходить на двух ногах, но, как бы то ни было, это обеспечило преимущества, которые помогли нам расселиться по планете. Путешествовать на дальние расстояния эффективнее на двух ногах, а выпрямленное положение позволяет лучше видеть хищников и уменьшает площадь тела, припекаемую солнцем. Но главное — оставляет свободными руки, давая им возможность развиваться в многофункциональные инструменты с противопоставленным большим пальцем, что сыграло важнейшую роль в наших эволюционных успехах.



Некоторые ученые сомневаются, что это кости представителей нашего рода, а не австралопитеков. Первый общепризнанный вид рода *Homo* (и первый очевидно похожий на нас) появился около 1,9 млн лет назад — *Homo erectus*, человек прямоходящий.

Homo erectus отличался от первых гомининов. Он окончательно спустился с деревьев, а кроме того, тяготел, как и мы, к перемене мест: все ранние гоминины жили только в Африке, а окаменелые останки человека прямоходящего найдены еще и в Европе с Азией.

Мастер по инструментам

А еще *Homo erectus* был великим изобретателем. Он придумал гораздо больше хитроумных орудий труда, чем его предшественники, и, вероятно, первым покорил огонь. Некоторые ученые полагают, что он изобрел кулинарию, тем самым улучшив свой рацион и обеспечив запас энергии, позволивший развить больший мозг. Так или иначе, несомненно, что размер мозга у *Homo erectus* за 1,5 млн лет существования вида резко вырос. У некоторых самых ранних представителей *Homo erectus* объем мозга был меньше 600 см³, не намного больше, чем у австралопитека, а у поздних особей доходил до 900 см³.

Однако при всей своей успешности у *Homo erectus* не было некоторых важнейших человеческих черт — например, его анатомические особенности указывают на то, что он, скорее всего, не владел речью.

Следующим из гомининов появился *Homo heidelbergensis*, гейдельбергский человек. Он произошел от популяции *Homo erectus* в Африке около 600 000 лет назад.

Подъязычная кость, играющая важную роль в нашем голосовом аппарате, у гейдельбергского человека почти такая же, как у нас, а анатомия уха свидетельствует, что он мог воспринимать речь на слух.

По некоторым предположениям, наш вид *Homo sapiens* произошел от *Homo heidelbergensis* примерно 200 000 лет назад в Африке. Отдельные популяции *Homo heidelbergensis* появились и в Евразии: на западе они стали неандертальцами, а на востоке — загадочными денисовцами.

Последний в своем роде

В последние 100 000 лет началась новая глава в нашей истории. Современные люди распространились по всему миру, а неандертальцы и денисовцы исчезли. Почему они вымерли — опять же загадка, но, судя по всему, наш вид приложил к этому руку. Отношения, правда, были не только враждебными: анализ ДНК показал, что современные люди иногда скрещивались как с неандертальцами, так и с денисовцами.

Мы еще многого не знаем, и новые палеонтологические находки подправят картину. За последние лет десять ученые открыли три новых вида вымерших гомининов, в том числе *Australopithecus sediba* и загадочного и до сих пор не датированного окончательно *Homo naledi*, тоже обнаруженного в Южной Африке. Но самый удивительный — “хоббит” *Homo floresiensis*, живший в Индонезии, исчезнувший около 12 000 лет назад и тоже, судя по всему, представлявший собой отдельный вид.

Несколько миллионов лет наши предки делили планету по крайней мере с еще одним видом людей. Когда хоббиты исчезли, *Homo sapiens* остался один.

**ВЕРОЯТНЫЙ
ПЕРЕХОД ЧЕРЕЗ
АТЛАНТИКУ**

МАРШРУТЫ
МИГРАЦИИ

АЛЬТЕРНАТИВ
СПОРНЫЕ
МАРШРУТЫ

ПОТОК ГЕНОВ
ПО ЗЕМНОМУ
ШАРУ

Первая великая миграция, вероятно, провела наших предков через Сахару на Синай, а затем в Левант...

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ
РАСКОПКИ

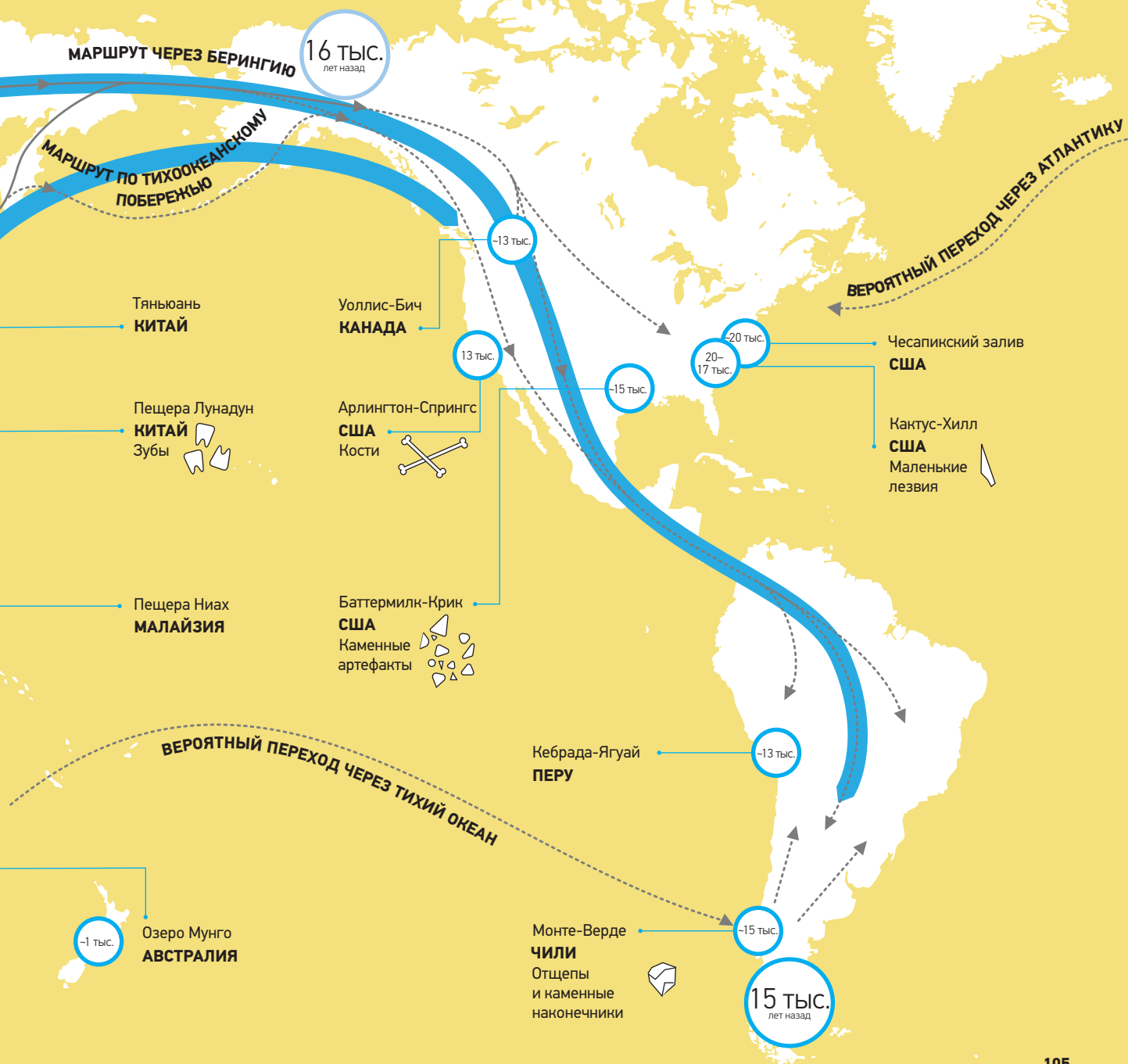
ВЕРОЯТНОЕ ВРЕМЯ
КОЛОНИЗАЦИИ

Пещера Фа-Хиен
и пещера Батадомбалена
ШРИ-ЛАНКА
Кости и артефакты

50 тыс.

~46 тыс.

В последнюю ледниковую эпоху (примерно с 80 000 до 11 000 лет назад) уровень моря упал, поскольку ледяной покров разросся, так что многие регионы, сейчас разделенные морем, были соединены сушей.



Какими были первые слова?

При встрече со случайным незнакомцем вы, очень может быть, не сможете с ним пообщаться — разве что возгласами и жестами. По последним подсчетам, в мире почти 7000 живых языков, на самом распространенном из них — на мандаринском наречии китайского языка — говорит целых 14% землян. А носителей самых редких языков можно пересчитать по пальцам одной руки.

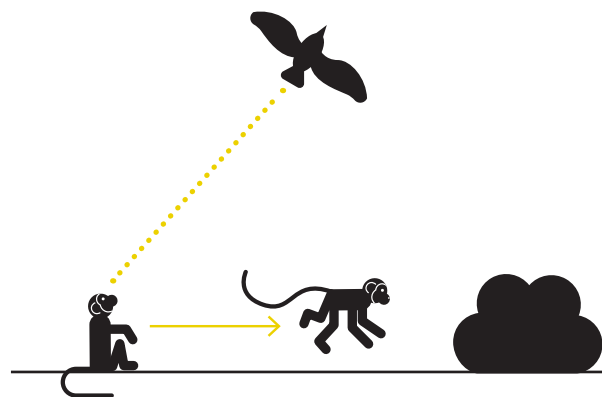
Несмотря на такое разнообразие, у всех языков много общего. Языки есть во всех культурах на свете, и лингвисты убеждены, что глубинная структура у них у всех одинакова. Мозг человека от природы готов воспринимать язык, в нем есть встроенная программа, способная выучить любой родной язык, где бы человек ни появился на свет.

Такое удивительное умение стало, конечно, огромной вехой в человеческом развитии, но вот когда мы его приобрели? Слова не превращаются в окаменелости, а самому древнему письменному языку всего 6000 лет. Однако это не значит, что происхождение языка — тайна за семью печатями.

Говори начистоту

Лингвисты определяют язык как систему, позволяющую свободно выражать мысли при помощи сигналов, а сигналы преобразовывать обратно в мысли. Это выделяет человеческий язык из общего ряда систем коммуникации у живых существ. Отдельными элементами языка обладают многие животные, однако полный набор есть только у нас: мы можем применять сигналы и усваивать новые, способны облекать сигналы в слова и составлять из слов фразы по правилам синтаксиса и грамматики, чтобы передавать представления обо всем на свете.

Большинство теоретиков считают, что у первых людей полный набор появился не сразу: путь к современному языку состоял из множества этапов. На протяжении почти всей человеческой предыстории наши предки располагали какими-то составляющими языка, но не всеми — владели “праязыком”.



Напрашивается мысль, что праязык состоял из слов. Такая модель “лексического праязыка” предполагает, что первые люди использовали слова, но не составляли из них предложений. Аналогично овладевают речью дети: поначалу они произносят слова по одному, на следующем этапе связывают их парно, а затем начинают составлять более сложные фразы.

Но откуда тогда взялись первые слова? Слова полезны только тогда, когда у них есть общепонятный

О чем говорят животные

У многих животных есть системы коммуникации, очень похожие на язык. Скажем, мартышки верветки издают разные тревожные крики при появлении разных хищников, например, у них есть крик “орел” (все ищут укрытие) и “леопард” (все взбираются на ближайшее дерево). Однако новых тревожных криков верветки не изобретают, поэтому их систему нельзя считать языком.

Подобным же образом многие виды способны издавать сложные последовательности звуков. Но это не то же самое, что язык. Говорящие попугаи не понимают ни собственных слов, ни того, что мы им говорим. И хотя вокализация птиц и китов соперничает с человеческой речью по сложности, сведения, которые они передают, обычно очень просты: “Я здесь, я отлично пою и ищу себе пару”.



смысл, как вскоре и обнаруживают два человека, говорящие на разных языках.

Другая гипотеза фокусируется на происхождении вокального научения — способности издавать сложные последовательности звуков. Это умеют многие животные, в том числе киты и певчие птицы, но звуки, которые они издают, не передают сложной информации. Это просто демонстрация виртуозности, призванная привлечь брачного партнера или заявить права на территорию. Исходя из этого, лингвисты предположили, что праязык напоминал песни китов или птиц и развивался как средство для полового отбора или разметки территорий. Лишь потом ноты и слоги обрели смысл. Достоинство этой гипотезы, в частности, в том, что она объясняет и происхождение музыки — еще одной универсальной характеристики нашего биологического вида.

Третья гипотеза гласит, что первым появился язык жестов. Подтверждение мы находим у обезьян, которые передают информацию жестикуляцией и способны освоить человеческие языки жестов на очень высоком уровне. Однако жестовые модели не дают ответа на вопрос, почему мы переключились на речь. Может, необходимо было как-то общаться в темноте или руки у наших предков стали часто заняты орудиями труда.

А что мы знаем о том, когда возник язык? Сказать наверняка опять-таки нельзя, но можно сделать обоснованные оценки. Мы не сомневаемся, что наши ближайшие родичи неандертальцы говорили на полноценном языке. Нейронные связи с дыхательными мышцами, включая диафрагму, и языком у них были точно такие же, как и у нас, и позволяли контролировать дыхание и выговаривать трудные звуки. Кроме того, у них была наша версия гена *FOXP2*, отвечающего за запоминание сложных движений, необходимых для артикуляции. Если предположить, что такой вариант гена возник лишь однажды, появление речи должно было предшествовать разделению *Homo sapiens* и неандертальцев, которое произошло примерно 500 000 лет назад.

Что касается более древних предков, палеонтологическая летопись не так красноречива. Вероятно, дар светской болтовни наш род обрел 600 000 лет назад, когда в Европе появился *Homo heidelbergensis*. Окаменелые останки свидетельствуют, что у него уже не было горлового мешка, с помощью которого другие приматы издают гулкий рев, чтобы запугать противника. Именно это образование в гортани в основном и мешало говорить.

Скажи по-человечески

Возможно, язык зародился еще раньше. Чтобы найти нашего предка, лишенного нейронных связей, собственных современному человеку, придется вернуться в прошлое на 1,6 млн лет, а значит, говорить могли даже самые первые люди. Однако гипотезы праязыка несколько смазывают картину. Если сначала появился язык жестов, то гоминины, вероятно, начали применять его еще раньше. Если же язык зародился как музыка, то адаптации к речи служили для того, чтобы издавать звуки вроде песен китов, почти не передающие конкретной информации.

Так или иначе, и *Homo heidelbergensis*, и неандертальцы делали сложные орудия труда и охотились на опасных животных — а координировать свои действия при подобных занятиях, не обладая хотя бы зачатками языка, было бы очень трудно.

То же, вероятно, можно сказать и о *Homo erectus*, мозг которого был немногим меньше нашего, а значит, человеку прямоходящему могли быть не чужды интеллект и культура. Его каменные орудия труда были совершеннее, чем у предшественников. Однако в какой-то момент развитие орудий труда остановилось: универсальные ручные топоры не менялись миллион лет. А значит, у *Homo erectus* не было настоящего языка, который ускорил бы культурный и технологический прогресс. Следовательно, человек прямоходящий обладал некоторыми лингвистическими способностями современного человека, но не всеми, то есть владел праязыком.

Вавилонское столпотворение

Сегодня в мире говорят примерно на 6900 языках, но лишь около 20 считаются родными для большей части населения Земли. Здесь приведены основные языки*, распределенные по количеству носителей.

* Некоторые из них представляют собой группы близкородственных языков, не всегда взаимопонятных.

Китайский 1302 миллиона говорящих 中文

Мама

Слово, обозначающее "мать", похоже на самых разных языках, не родственных друг другу. Дело в том, что слог "ма" обычно входит в число первых звуков, которые издает младенец, еще не научившийся говорить.

Указаны страны, где на том или ином языке как на родном говорят не меньше 100 000 человек.

В том числе севернокитайский язык, на котором говорят 897 миллионов человек, и 12 других языков с одинаковой письменностью

Китай 1256,1

Испанский 427

Español

Мадре

Франция 0,5
Парагвай 0,4
Белиз 0,2

Колумбия 46,6

Аргентина 40,3

Мексика 109

В испанском языке около 8000 слов арабского происхождения, которые проникли в него во время арабского завоевания большей части Иберийского полуострова

Испания 38,4

США 37,0

Венесуэла 29,1

Перу 24,3

Чили 15,8

Эквадор 14,7

Куба 11,2

Гватемала 9,8

Доминиканская Республика 9,2

Гондурас 8,0

Сальвадор 6,3

Английский 339

English

Мазер

Тринидад и Тобаго 1,3
Сингапур 1,1
Гайана 0,7
Сьерра-Леоне 0,5
Малайзия 0,4
Индия 0,4
Багамы 0,3
Барбадос 0,3
Белиз 0,3
Гонконг 0,2
Зимбабве 0,2
Пуэрто-Рико 0,1
Израиль 0,1
Замбия 0,1
Намибия 0,1

На английском языке говорят еще 600 миллионов человек, для которых он не родной, — это мировой рекорд

США 225

Великобритания 56,6

Австралия 16,5

Канада 19,4

Нинарагуа 5,3

Боливия 4,5

Коста-Рика 4,4

Пуэрто-Рико 3,5

Уругвай 3,3

Панама 2,9

Новая Зеландия 3,8

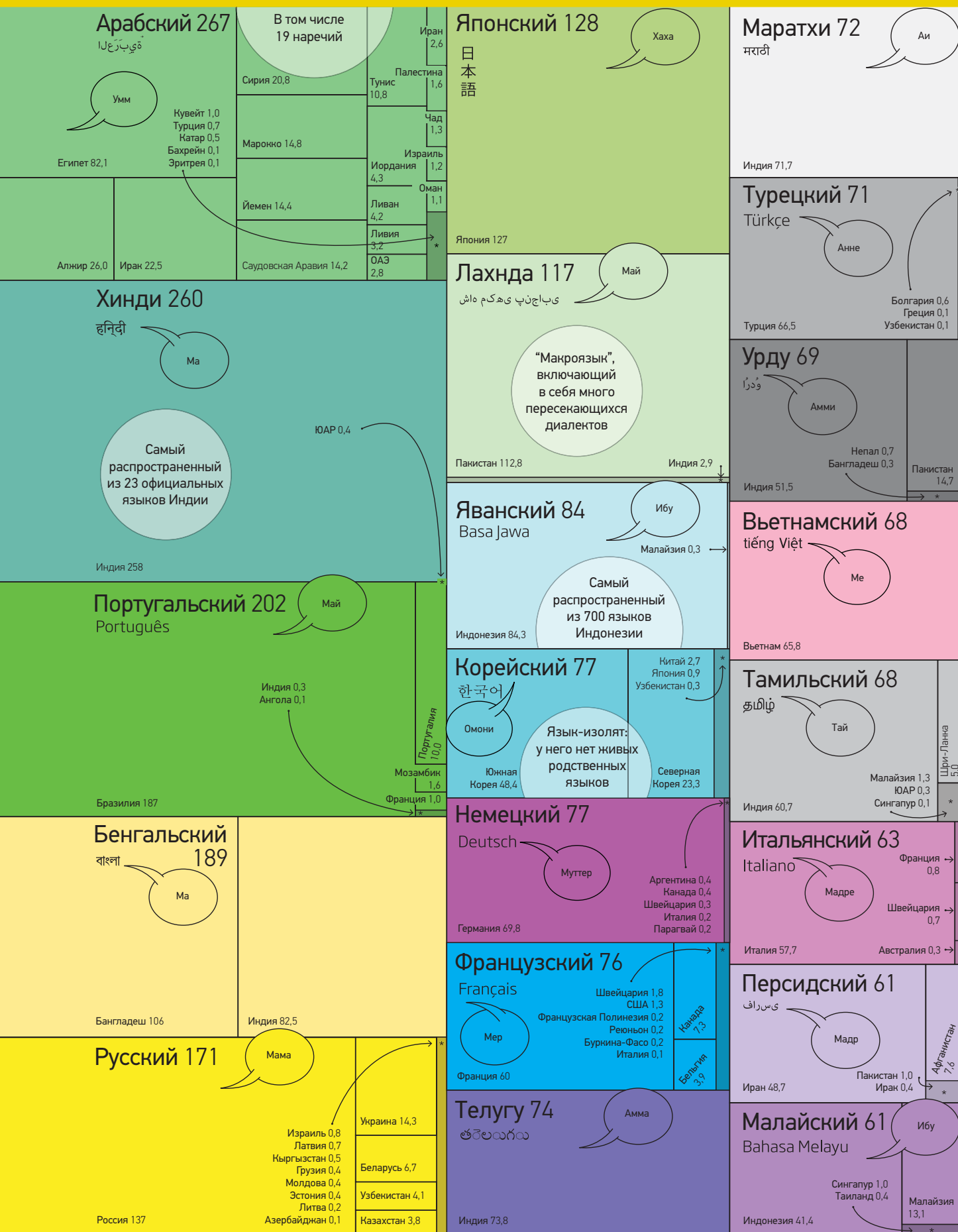
Ирландия 4,3

ЮАР 4,9

Тайвань 21,7

Гонконг 6,2

Малайзия 5,1



Зачем нам друзья?

У обычного человека около полутора тысяч не чужих ему людей. Таков размер социальной сети человека. В нее входят родственники, коллеги, знакомые, в том числе и шапочные, — и, разумеется, друзья. Из этих полутора тысяч примерно 50 человек — ваши настоящие друзья, в том числе 10 близких и 5 лучших.

Дружба — самое удивительное из всех наших социальных взаимодействий. Родных и коллег не выбираешь, а знакомые не играют в нашей жизни особой роли. Но друзья — совсем другое дело. Большинство животных кооперируются только со своими ближайшими родственниками — почему же мы тратим столько времени и сил на поддержание близких отношений с людьми, которые нам не родня? И как мы выбираем, с кем дружить?

Казалось бы, дружба — явление сугубо человеческое, но на самом деле у нее глубокие эволюционные корни. Многие другие виды млекопитающих тоже строят близкие личные отношения с неродственными особями, в том числе большие человекообразные обезьяны и многие другие приматы, а также слоны, лошади, киты, верблюды и дельфины.

У всех этих видов одна общая черта: они живут в больших социальных группах со сложной иерархией. У жизни в такой группе много преимуществ, однако неизбежна и напряженность, и вот тогда-то и нужны друзья. Грубо говоря, друзья — отряд телохранителей, который спешит на помощь, когда мы в ней нуждаемся. Перекрывающиеся дружеские круги в пределах большой группы создают коалиции и альянсы, помогающие сохранить общую стабильность группы.

Для людей и других животных, существующих в больших социальных группах, друзья — не роскошь, а биологическая необходимость. Налаженная социальная жизнь сберегает физическое и душевное здоровье, а социальная изоляция — это стресс, снижающий сопротивляемость болезням.

Поэтому неудивительно, что мы чувствуем мощную биологическую тягу заводить и сохранять друзей. Эта склонность, как и тяга к пище и сексу, контро-

лируется центрами вознаграждения в мозге, которые за социальное поведение снабжают нас дозами всевозможных химических соединений, улучшающих настроение и самочувствие.

Во-первых, это окситоцин, так называемый гормон объятий, главный инструмент создания уз между матерью и ребенком. Кроме того, он вырабатывается в ответ на положительный опыт социальных взаимодействий с окружающими. Возникающее теплое чувство и есть награда, побуждающая вас снова увидеться с этими людьми.

А во-вторых, это эндорфины, группа нейромедиаторов. Они высвобождаются в ответ на несильный стресс, например на физическое напряжение, приглушают боль и улучшают общее самочувствие. Кроме того, они вырабатываются в ответ на социальный контакт, особенно на сотрудничество.

Если посадить человека в лодку и попросить грести из точки А в точку Б, в ответ на физические усилия у него в мозге будут вырабатываться эндорфины. А если двух человек попросить грести вместе, эндорфинов у каждого из них выработается больше, хотя физических усилий придется затратить меньше.

Дай почешу спинку...

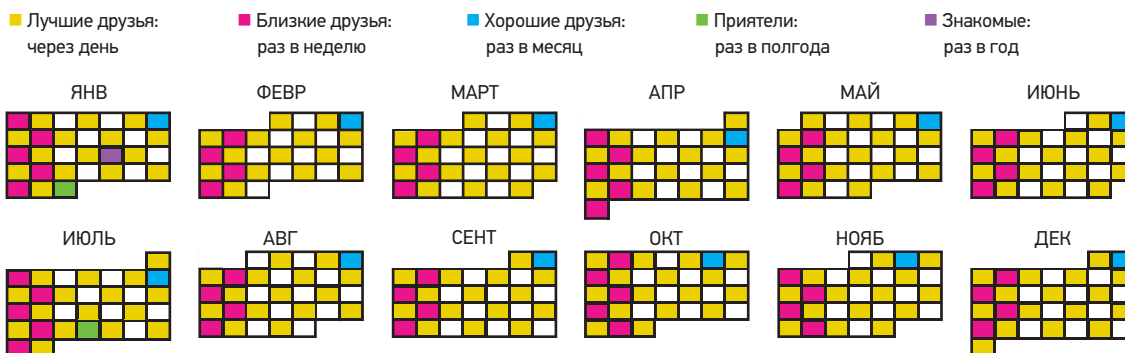
Многие биологические виды, чтобы завести и сохранить друзей, прибегают к грумингу — взаимному уходу. Например, павианы по несколько часов в день выбирают друг у друга из шерсти паразитов и грязь, что повышает у обоих участников процесса выработку гормонов благополучия и доверия — окситоцина и эндорфинов.

Однако на груминг нужно время, что ограничивает количество социальных отношений, которые может поддерживать отдельная особь. У обезьян верхний предел составляет около 50. Кроме того, это количество ограничивается размерами мозга. Чтобы прокладывать себе путь в бурном море перекрывающихся переменчивых отношений, нужен мощный интеллект, а особенно — умение распознавать настроения окружающих.

Отсутствующие друзья

Завести друзей — это полдела, надо еще и сохранить их. Если дружбу не поддерживать, она сойдет на нет. Если мы не видимся с другом год, качество дружбы снижается примерно на треть — и в итоге она проседает в иерархии близости. А родственные отношения гораздо устойчивее. В результате семейная часть нашей социальной сети более или менее неизменна на протяжении всей жизни, а в дружеской постоянный круговорот — каждые несколько лет она обновляется примерно на 20 %.

Не теряйте друзей!



Эта способность отчасти развита у человекообразных обезьян, они в состоянии учитывать соображения вроде “Я знаю, что они с ней подруги” (интенциональность 3-го порядка). Но люди гораздо умнее — и жонглируют интенциональностью 5-го или даже 6-го порядка: “Я знаю: вы считаете, что ему интересно, опасается ли она, что ему за меня влетело”.

Такое умение читать мысли позволило нам поднять верхний предел и поддерживать общение в социальном круге примерно из 150 человек — это называется “число Данбара” в честь эволюционного биолога Робина Данбара, который его подсчитал. Кроме того, разум позволил нам изобрести всевозможные замены поискам вшей в чужой шерсти, поэтому мы способны заниматься “грумингом” с несколькими друзьями одновременно: это и смех, и пение, и шутки, и особенно сплетни.

Умные и общительные

Связь между размерами мозга и размерами группы иногда называют гипотезой социального мозга, и она применима и к отдельным особям. И макаки, и люди с особенно крупным мозгом тоже, как правило, заводят больше друзей. Абсолютный верхний предел для человека составляет, по всей видимости, около 250.

Кто именно входит в ваш социальный круг, в основном дело случая: это зависит от того, где вы живе-

те, в какую школу ходили, где работаете. Но каким образом мы становимся близкими друзьями с горсткой избранных из этих ста пятидесяти человек?

Ответ кажется очевидным. Мы поддерживаем близкие дружеские отношения с теми, кто похож на нас — по характеру, интересам, убеждениям, вкусам, чувству юмора и так далее. Однако такой упрощенный подход мешает разглядеть глубинную связь. Оказывается, с близкими друзьями мы генетически больше схожи, чем со случайными незнакомцами. Типичный близкий друг с генетической точки зрения похож на нас, как четвероюродный родственник, то есть человек, с которым у вас общие прапрадед и прапрабабка.

Как мы распознаем генетически похожих на нас людей, чтобы подружиться с ними, остается загадкой. Вероятно, причина в сходстве внешности, голоса, запаха, характера. Но если наши друзья нам еще и дальние родственники, понятно, почему мы тратим на них столько времени. Логично, что эволюция ставит на первое место сотрудничество с родными, поскольку это помогает нам исполнить главную заповедь жизни — передать свои гены следующему поколению, пусть и опосредованно. А если наши приятели нам тоже дальняя родня, вопрос, зачем на самом деле нужны друзья, отпадает.

Главное — круг общения

Ваши социальные контакты слоистые, как луковица: в самой сердцевинке — лучшие друзья, а затем чем дальше слой, тем менее близкое знакомство.



5 лучших друзей

Более 60 % времени на общение мы посвящаем пяти лучшим друзьям.



10 близких друзей



35 приятелей



100 знакомых

Всего получается 150 друзей — именно таково приблизительное максимальное число людей, с которыми можно поддерживать дружеские отношения. На периферии находятся дальние знакомые — люди, которых вы видите разве что раз в год на свадьбах и похоронах.

Число 150 очень часто встречается в описаниях социальных структур. Исторически таково было среднее население английской деревни, число прихожан в приходе, размер основного воинского подразделения — роты. У большинства пользователей “Фейсбука” от 150 до 250 “френдов”.



350 дальних знакомых

Внешний слой наших социальных взаимодействий тоже играет важную роль, особенно в современном мире. Дальние знакомые нужны, чтобы разузнать о вакансиях на работе и о других социально-экономических перспективах, и 70 % из нас благодаря этим контактам находят романтических партнеров.



Еще 1000 человек, которых вы узнаете

Примерно половина друзей противоположного пола рано или поздно становятся сексуальными партнерами

Оказаться в социальной изоляции так же вредно, как выкуривать по 15 сигарет в день

Вы

Крепкая дружба строится на общих интересах.
Из них шесть главнейших — профессия, мировоззрение,
чувство юмора, музыкальные вкусы,
локальная идентичность
и уровень образования

Откуда берется пухок в пупке?

Химик Георг Штайнхаузер предавался созерцанию собственного пупка не просто так, а в научных целях. В 2005 году, когда он работал в Венском технологическом университете, он начал собирать комочки пушка из своего пупка и записывать их массу и цвет. За три года он собрал 503 комочка, суммарно почти грамм. В какой-то момент он побрил себе пупок. Штайнхаузер расспрашивал своих знакомых мужчин — друзей, коллег и родственников — о том, сколько у них образуется пушка и каково в целом состояние их пупков.

Часть своего пуха он отправил на химический анализ и в итоге опубликовал результаты эксперимента в научном журнале. И все лишь затем, чтобы ответить на вопрос: откуда у некоторых людей столько пуха в пупке?

Пух и прах

Штайнхаузер заметил свою невероятную производительность в этой области, когда ему было едва за двадцать. Он прошерстил научную литературу, но нашел только загадочную заметку в журнале *Nature*. Под заголовком “У всех по-своему. Пушок из пупка” были приведены три черно-белые фотографии чего-то вроде ваты с подписями “моряк (в море)”, “фермер” и “архитектор” без всяких дальнейших объяснений. Спустя две недели была опубликована поправка к той заметке: те же картинки, те же подписи, только пух моряка и архитектора помещался местами.

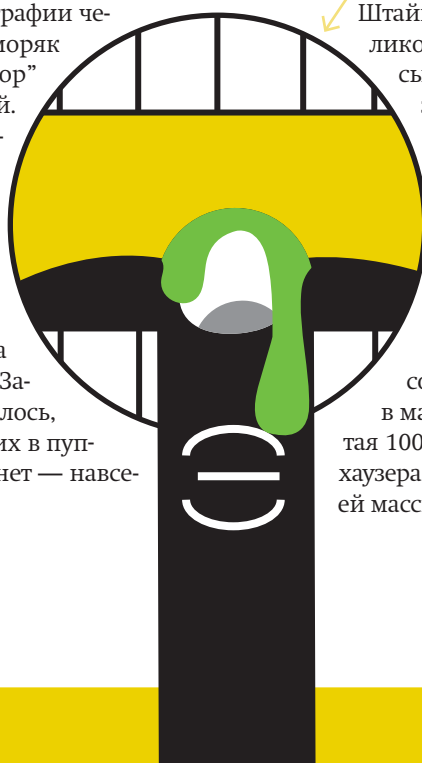
Окончательным стимулом к тому, чтобы принять на себя бремя изучения пуха, для Штайнхаузера послужила книга под названием “Зачем мужчинам соски?”, где говорилось, что вопрос о пухе — почему у одних в пупке накапливается пух, а у других нет — навсегда останется без ответа.

Загляните к себе в пупок. Там есть пух? Если да, какого цвета? И как бы вы описали свой пупок — волосатый или голый?

Прежде всего Штайнхаузер отметил, что пух, как правило, того же цвета, как и его сегодняшняя одежда, и заподозрил, что это, возможно, волокна ткани. Химический анализ показал то же самое. В день, когда на ученом была простая белая хлопчатобумажная футболка, он обнаружил, что в пупке накопилась в основном целлюлоза — соединение, из которого состоит хлопок, — плюс немножечко соединений азота и серы. Эти примеси, скорее всего, были отмершими клетками кожи, пылью, жиром, белками и потом, решил Штайнхаузер.

Затем он осветил роль волос, растущих в пупке, благо этого у него было в избытке. Изучение содержимого пупков других мужчин показало Штайнхаузеру, что “существование волос на животе — главное условие накопления пуха в пупке”. Когда он сбрил волосы вокруг пупка, пух перестал накапливаться, пока волосы снова не отросли. Кроме того, ученый отметил, что небольшие клочки пуха появлялись сначала в волосах и лишь потом накапливались в пупке.

Штайнхаузер сформулировал теорию великого объединения пуха в пупке. Волосы имеют чешуйчатую структуру, поэтому соскребают волокна с ткани одежды. Затем чешуйки волос, словно зазубренные крючья, тащат волокна в пупок. Волосы на животе часто растут концентрическими кругами вокруг пупка, что способствует движению в его сторону — точь-в-точь вещество, затягиваемое в черную дыру. Попадая за горизонт событий, волокна “спрессовываются в материал, похожий на войлок”. Надевая 100 раз футболку, по подсчетам Штайнхаузера, растратила на пух в пупке 0,1% своей массы.



Белый и пушистый враг

Исследования пуха в пупке были для Штайнхаузера лишь поводом повеселиться и слегка отвлечься от настоящих исследований по химии и физике радиоактивных элементов. Но иногда отложения пуха в пупке — это вовсе не смешно. Вскоре после того, как Штайнхаузер опубликовал свои результаты, врачи из Небраски рассказали о пациентке 55 лет, страдавшей ожирением, у которой было редкое заболевание омфалит, воспаление пупочной впадины. У больной четыре месяца шла оттуда кровь. При осмотре врачи заметили “округлое темное образование” и заподозрили опухоль. Но оказалось, что это комок пуха диаметром почти в сантиметр. Врачи извлекли его, и женщина исцелилась.

Человеческое тело накапливает и другие отходы, происхождение которых столь же очевидно и тем

А вы едите свои козявки?

Ничего страшного, в этом можно признаться. Неформальный опрос, который провел кулинарный обозреватель Стефан Гейтс, показал, что 44 % взрослых людей с удовольствием едят свои засохшие сопли. Вот вам добавление в пантеон странных человеческих привычек. Зачем это делать? Ведь никто же не ест, например, ушную серу, выделения из уголков глаз или пушок из пупка. Некоторые полагают, что есть козявки полезно для иммунной системы. Поговаривают, что австрийский врач Фридрих Бишингер советует родителям приучать к этому детей.

не менее интересно. Ушной серой, например, мы обязаны преимущественно отмершим клеткам кожи плюс секрету сальных и потовых желез. По типу ушной серы люди делятся на два лагеря — у одних она влажная, у других сухая. Влажная ушная сера желто-коричневая и липкая, сухая — прозрачная и чешуеобразная, как мертвая кожа. Потому что это и есть мертвая кожа. Люди, у которых ушная сера сухая, не вырабатывают сальной составляющей, так что их сера состоит только из кератина и пыли.

Что у нас в носу

Несколько лет назад генетики обнаружили, что сухая ушная сера вызывается рецессивной мутацией одного гена — *ABCC11*. Таким образом, консистенция ушной серы входит в число других человеческих особенностей “или-или”, контролируемых одним-единственным геном: это и умение сворачивать язык в трубочку, и приросшие или отделенные мочки ушей, и способность или неспособность улавливать аромат фрезий.

А вот козявки — это подсохшая носовая слизь, которая постоянно вырабатывается для защиты слизистой оболочки носовой полости. Большая часть слизи проталкивается ресничками вниз, в глотку, и мы ее сглатываем (да, вы едите козявки, нравится вам это или нет), но часть остается в ноздрях и подсыхает. Козявки зеленоватые, поскольку в слизи содержится антимикробный фермент миелопероксидаза, а она зеленая из-за железосодержащего гема. По данным неформального опроса, почти половина взрослых признают, что едят свои козявки и им это нравится.

С выделениями из глаз, которые обнаруживаешь после пробуждения, похожая история. В сущности, это глазные козявки — высохшая желтоватая слизь, скапливающаяся в уголках глаз, когда они закрыты.

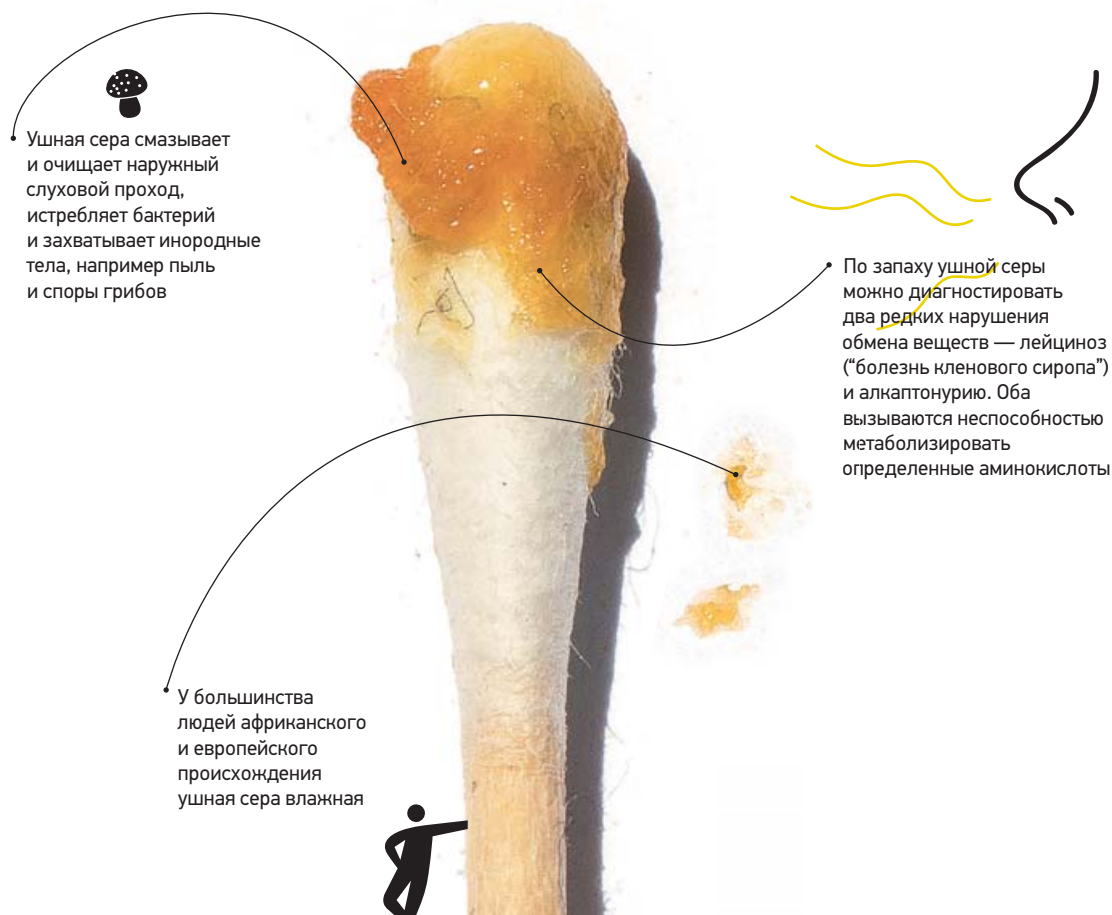
В целом во всех уютных уголках организма, где особенно ничего не происходит, норовит накопиться какая-нибудь гадость.

Что у вас в ушах?

Ушная сера бывает двух разновидностей — влажная и сухая. Какая именно у вас — определяется вашими генами.

Влажная ушная сера

Желто-оранжевая, липкая и пахучая. Состоит из смазкообразного секрета серных желез — специализированных потовых желез в наружном слуховом проходе, — а также отмершей кожи и кожного сала.





У людей с сухой ушной серой пот ничем не пахнет. Это вызвано схожими изменениями секрета потовых желез

Сухая ушная сера

Бело-бежевая, хлопьевидная, без запаха. Сухая она потому, что в ней меньше смазкообразного секрета и состоит она в основном из отмершей кожи.

Сухость ушной серы вызывается мутацией в гене *ABCC11*. На состояние здоровья это, по-видимому, никак не влияет.



Мутация рецессивна, то есть для того, чтобы иметь сухую ушную серу, нужно унаследовать две копии мутантного гена. Если у обоих родителей ушная сера сухая, у вас она тоже будет сухой



Особенно часто сухая ушная сера встречается у уроженцев Восточной Азии: почти у 95 % корейцев, китайцев и японцев она такая. Обычно она сухая и у индейцев



Запах подмышек выдает много личной информации — в том числе о поле, сексуальной ориентации и состоянии здоровья. Вероятно, то же можно сказать и об ушной сере

Глава 4

Цивілізація



126 Деньги

130 Похороны

122 Города

134 Кулинария

138 Домашние животные

142 Организованная религия

150 Собственность

154 Одежда

146 Алкоголь

158 Музыка

162 Личная гигиена

Когда мы начали жить в городах?

В 2014 году человечество официально стало городским видом. Впервые в истории больше людей стало жить в городах, чем в сельской местности, а ведь еще в 1960 году в городах жила всего треть жителей планеты.

Раньше в городах не жил никто: они появились лишь около 5500 лет назад. Деревни существовали тысячелетиями, но ни одна из них не преодолела порог размера и, главное, сложности, соответствующий статусу полноправного города. Как и почему произошел этот важнейший шаг в развитии цивилизации?

Заря урбанизма

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно выйти за пределы письменной истории и вернуться в прошлое более чем на 6000 лет, во времена до изобретения письменности, когда каменным орудиям труда еще только предстояло смениться металлическими.

Согласно классической точке зрения, первые города зародились в Междуречье — на полосе плодородной земли между реками Тигр и Евфрат. Отцом всех городов был шумерский Урук. Он располагался на берегах Евфрата и, вероятно, поначалу был одним из первых постоянных поселений, появившихся в Плодородном полумесяце около 8000 лет до нашей эры. К 3500 году до нашей эры он разросся в настоящий город площадью примерно 2,5 квадратных километра с населением около 50 000 человек, большинство из которых друг друга не знали.

Если бы вы отправились в прошлое и увидели Урук, то сразу поняли бы, что это город. Среди самых очевидных черт городской среды были, как и сейчас, большие дома. И не просто большие дома, но еще и нерелигиозные общественные здания, указывающие на развитость систем правления и учета.

Кроме того, вы бы заметили признаки функционального зонирования — отчетливую разницу между административными центрами, жилыми кварталами, рынками, свалками и так далее. Бросались бы в глаза и оборонные укрепления — значит, богатство

стоит того, чтобы его защищать. Более ранние крупные поселения, в том числе Чатал-Хююк, который в VII веке до нашей эры находился на территории современной Турции, этот “экзамен на городскую среду” не проходят.

Однако в Уруке отсутствовала сложная транспортная система. Ослы уже приручили, но до колеса было еще очень и очень далеко.

Урук был конечным продуктом длительного процесса, который начался, когда первые крестьяне осели в деревнях, чтобы быть поближе к посевам и скоту. Подобные поселения иногда разрастались до весьма крупных размеров, как тот же Чатал-Хююк. В конце концов излишки сельскохозяйственной продукции позволили некоторым жителям перестать возделывать землю и заняться другими ремеслами, например работой по металлу. Разделение труда медленно, но верно привело к настоящему городскому зонированию — специалисты-ремесленники собирались вокруг других жителей, обладавших навыками, которых им самим не доставало.

Урук не просто считается первым настоящим городом. По мнению ученых, он запустил волну урбанизации, которая пронеслась по Междуречью в период между 3400 и 3100 годами до нашей эры: люди с юга колонизировали весь регион, застроив его городами по образцу Урука.

Северные конкуренты

Однако в последние двадцать лет первенство Урука начали оспаривать из-за открытий в северных провинциях, которые до того считались отсталыми. По крайней мере в двух местах археологи нашли явные признаки урбанизации древнее свидетельств из Урука. Эти находки заставили некоторых ученых серьезно пересмотреть устоявшиеся представления.

Одно из таких мест — Хамукар на северо-востоке Сирии. Западные археологи знали об этом поселении с 1920-х годов, но считали его “вторичным” городом, возникшим благодаря волне урбанизации, распро-

странявшейся на север от Урука. Однако последние данные с раскопок свидетельствуют, что Хамукар достиг высокой ступени урбанизации еще до того, как Урук заявил о своих правах.

Уже в 3700 году до нашей эры Хамукар занимал около 12 гектаров и был окружен защитной стеной. За ней обнаружены остатки большого светского здания, возможно общественного — чего-то вроде таверны. Кроме того, археологи нашли всевозможные печати, при помощи которых оставляли оттиски на сырой глине или битуме, чтобы отслеживать перемещение товаров. Печати широко известны и по Уруку, и их повсеместно считают надежным свидетельством урбанизации, поскольку они говорят о наличии систем учета.

Получается, еще в 3700 году до нашей эры Хамукар обладал множеством характерных черт ранней городской жизни. Причем никаких следов южного влияния там не нашли: гончарные изделия в урукском стиле появились там лишь около 3200 года до нашей эры. Похоже, граждане Хамукара жили в городе, независимо от Урука, и, вероятно, даже не подозревали о существовании последнего, как минимум за 500 лет до того, как города, по прежним оценкам, появились в тех краях.

Затерянные во времени

Еще более древний кандидат на звание города — Тель-Брак, тоже в Сирии. Там также нашли остатки необычайно большого и необычайно старого здания, со стенами толщиной в полтора метра и огромными дверями, выходившими во внутренний двор. Когда археологи датировали его, оказалось, что ему больше 6000 лет. Нашлись там и печати, а гончарные изделия того времени говорят о наличии какой-то системы учета и управления — так что жители Тель-Брака, по-видимому, применяли сложные административные методы задолго до появления Урука.

Однако большинство археологов полагают, что вопрос не закрыт. Соответствующий период в южных



Пригороды каменного века

Чатал-Хюк был обнаружен в 1958 году и сразу увлек воображение публики. На 13 гектарах археологи нашли сотни тесно стоящих зданий, где когда-то жили примерно 10 000 человек. На вид это было похоже на город — но невероятно древний: самым свежим находкам было около 9000 лет. Однако недоставало главной черты настоящего города — функционального зонирования. Чатал-Хюк был просто огромным скоплением домов и свалок — как древний пригород. Видимо, его жители все делали, не выходя из дома, даже мертвецов хоронили под полом. Настоящие города появились лишь через 1500 лет.



землях до сих пор плохо изучен. Не исключено, что в южном Междуречье полноценные города существовали еще до 4000 года до нашей эры, просто никто пока до них не докопался. Археологи уже много лет не могут попасть в этот регион из-за войн и беспорядков. В лучшем случае пройдут годы, прежде чем удастся возобновить работу. А пока ученые надеются, что руины городов не подверглись непоправимому разграблению — ведь тогда свидетельства зарождения цивилизации навсегда исчезнут.

Городские жители сельской планеты

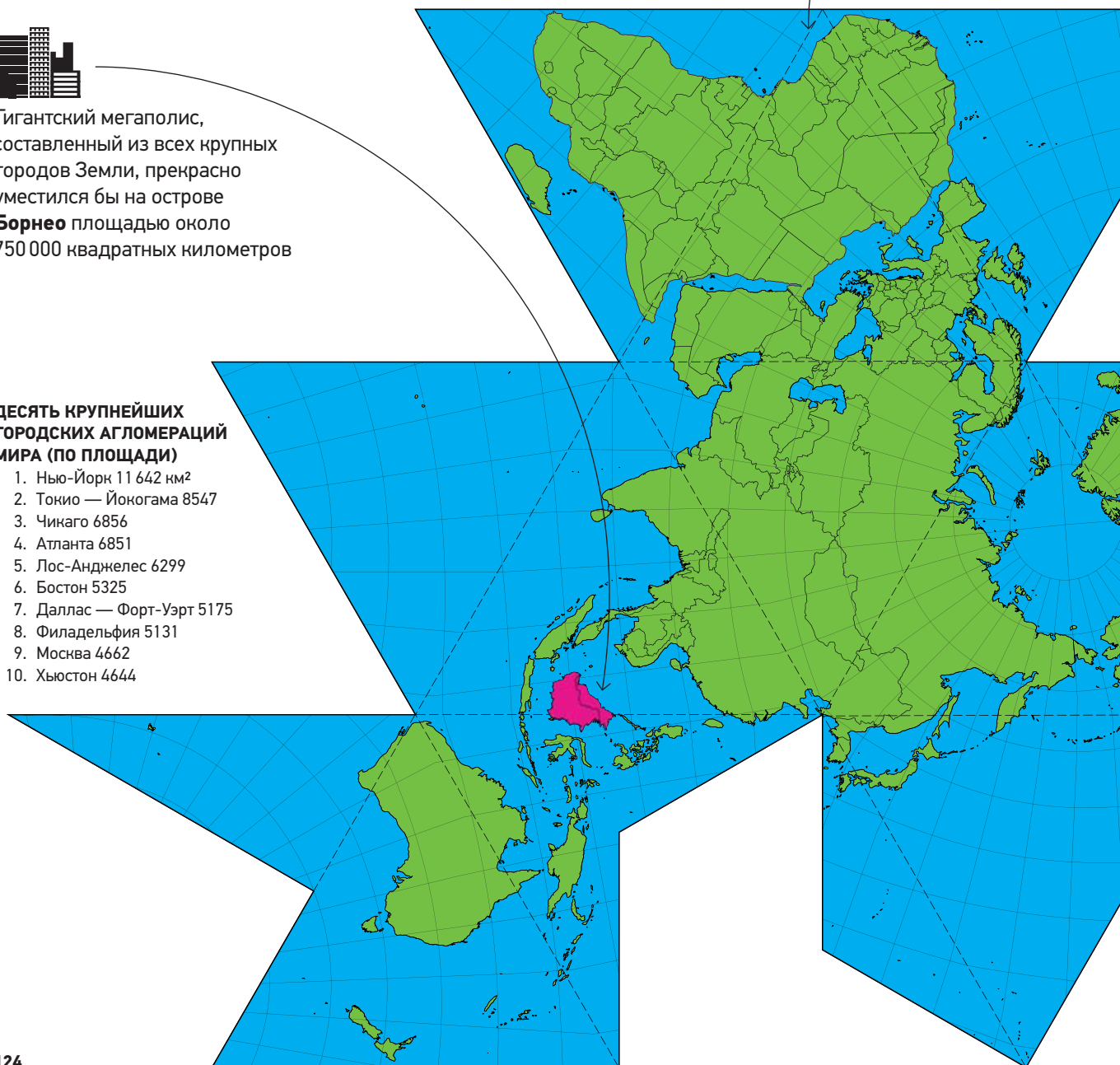
Более половины из семи миллиардов жителей Земли обитает в городах. Однако городские территории населены так плотно, что составляют менее 1 % площади земной поверхности.



Гигантский мегаполис, составленный из всех крупных городов Земли, прекрасно уместился бы на острове **Борнео** площадью около 750 000 квадратных километров

ДЕСЯТЬ КРУПНЕЙШИХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ МИРА (ПО ПЛОЩАДИ)

1. Нью-Йорк 11 642 км²
2. Токио — Йокогама 8547
3. Чикаго 6856
4. Атланта 6851
5. Лос-Анджелес 6299
6. Бостон 5325
7. Даллас — Форт-Уэрт 5175
8. Филадельфия 5131
9. Москва 4662
10. Хьюстон 4644

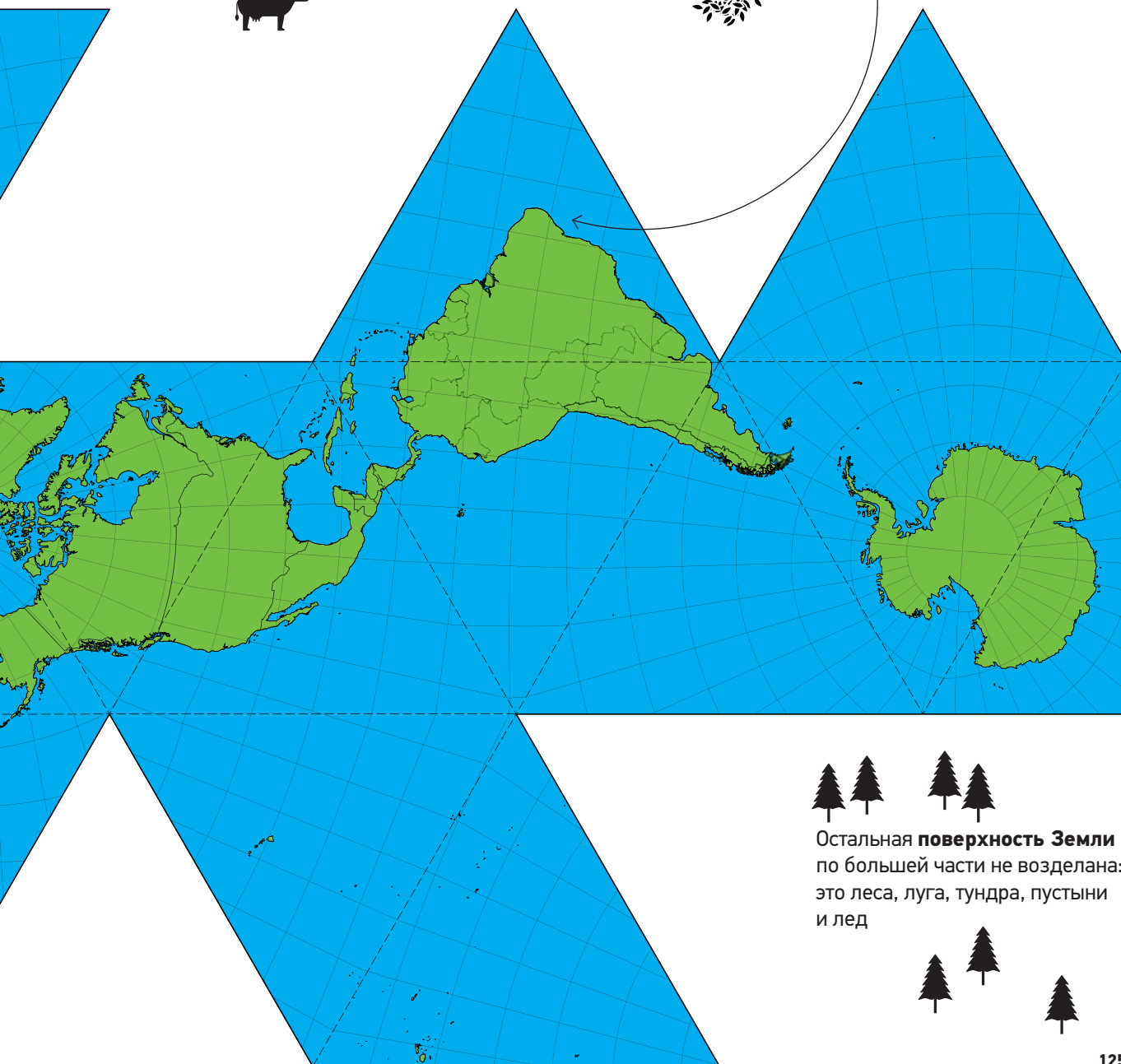




Пастбищные земли занимают 30 миллионов квадратных километров — это примерно площадь **Африки**



Пахотные земли занимают 20 миллионов квадратных километров — площадь примерно с **Южную Америку**



Остальная **поверхность Земли** по большей части не возделана: это леса, луга, тундра, пустыни и лед



Почему мы относимся к никчемным бумажкам как к золоту?

Достаньте все из своего бумажника. Монеты, купюры, карты — все это якобы говорит о вашем достатке (или его отсутствии), но на самом деле является лишь плодом вашего воображения. Никакой собственной ценности у денег нет. Они как фея Динь-Динь из “Питера Пэна”, которая умрет, если вера детей в нее пошатнется: деньги живут и умирают в зависимости от нашей коллективной веры в них.

Чтобы понять, на чем основана эта вера, полезно разобраться, как и зачем изобрели деньги.

Сначала был бартер. Историки спорят о том, когда и где он возник, но в Междуречье к 8000 году до нашей эры бартер, похоже, уже шел полным ходом.

Бартер удобнее, чем драка за ресурсы, но у него есть недостатки. Он зависит от излишков и, хуже того, строится на совпадении интересов: у вас две лишние овцы, а нужна вам корова, значит, вам надо найти кого-то с лишней коровой и мечтой о двух овцах. Решением было выстроить цепочку: выменять на своих овец сколько-то зерна и заплатить им за корову.

Подобные цепочки выявляли предметы, обладающие наиболее универсальной ценностью, а поскольку на них можно было выменять практически что угодно, они превратились в первые — “товарные” — деньги. Например, соль, а также полезные материалы, скажем, металлы. Поскольку можно было всем вместе договориться, какова их ценность, эти товары стали мерой ценности всего и постепенно начали применяться преимущественно как средство накопления и обмена. Иными словами, как деньги.

Местная валюта

Очевидный следующий шаг — создать стандартные денежные единицы. Первыми это сделали китайцы, около 1000 года до нашей эры введя в обращение металлические монеты. Монеты удобно было носить при себе, они не портились от времени, поэтому быстро прижились, но у них был один серьезный конструктивный недостаток. Первые монеты делались из драгоценных металлов, а значит, их легко мож-

но было подтачивать — соскабливать стружку, а потом расплачиваться ими по прежнему достоинству. Вот почему ценность золота впоследствии перенесли на бумагу.

В XIII веке китайские купцы начали передавать излишки своих монет другим купцам в обмен на квитанции с печатью, гарантировавшие, что эта бумага соответствует определенному количеству золотых монет. Затребовать монеты по своим “простым векселям” можно было в любой момент. Вскоре китайское государство начало выпускать собственные векселя, и к 1274 году в Китае появилась национальная бумажная валюта.

Тем же путем независимо от китайцев пошли английские ювелиры XVII века, которые хранили золото в своих сейфах. Они выписывали квитанции с ука-

Смешные деньги

Чего только не использовали в качестве денег! Чаще всего, конечно, золото и другие драгоценные металлы. Но валюта далеко не всегда обладала собственной ценностью. Деньгами служили перья, бусы, раковины. Самый знаменитый пример произвольного и даже сюрреалистического выбора валюты — раи, массивные каменные диски с отверстием посередине, которые до самого недавнего времени служили деньгами на микронезийском архипелаге Яп. Сами камни обычно не перемещали, о смене владельца просто договаривались. Все знали, где чьи камни, даже если те выпадали из лодок и тонули.

занием количества и чистоты золота с гарантией, что их подателю будет выплачена в точности указанная на них сумма. Впоследствии эти бумаги зажили собственной жизнью. С их помощью погашали долги и совершали покупки, так что они начали циркулировать как своеобразная бумажная валюта.

Не занимай и не ссужай

Ювелиры очень быстро сообразили, что можно также предоставлять займы и выписывать больше векселей, чем у них было золота. Вот вам и первые банки.

В конце XVII века Английский банк, основанный в 1694 году, чтобы ссужать деньгами обнищавшее государство, стал выписывать простые векселя, и началась эпоха валют, выпускаемых центральными банками. В результате возникла бешеная инфляция, ведь банки делали деньги из воздуха, просто печатая купюры. Чтобы положить конец этому безумию, в 1816 году Великобритания стала первой державой, привязавшей объем выпускавшихся денег к реальным запасам золота.

Золотой стандарт оправдывал себя до Первой мировой войны, а затем грянула Великая депрессия, приведя к массовым банкротствам банков. Это напугало граждан, и они стали запасать золото — столько, что система рухнула. В 1931 году Великобритания официально отменила золотой стандарт, а через два года США.

Не привязанная к золоту банкнота превратилась просто в обещание государства, что она имеет ценность. Это относится ко всем современным деньгам. Поэтому они еще называются “фидуциарными” — от латинского слова, означающего “доверие”, ведь вся система основана на доверии: всем, кто использует валюту, просто приходится верить на сло-

во, что государство гарантирует ценность их ничего, по сути, не стоящих бумажек.

Вполне действенная система, однако легко понять, почему некоторых она нервирует. Одним из таких людей был некто (или группа неустановленных лиц) под псевдонимом Сатоси Накамото. В 2008 году Накамото изобрел цифровую валюту — биткойн, — чтобы обойти все недостатки государственных фидуциарных денег. Биткойнам не нужно ни доверие, ни центральный банк. Их “майнят” (добывают) компьютеры, производящие вычисления, чтобы подтвердить и записать более ранние транзакции: биткойны — своего рода плата за эту работу. Майнить биткойны может кто угодно, но необходимые для этого вычисления и программное обеспечение достаточно нетривиальны.

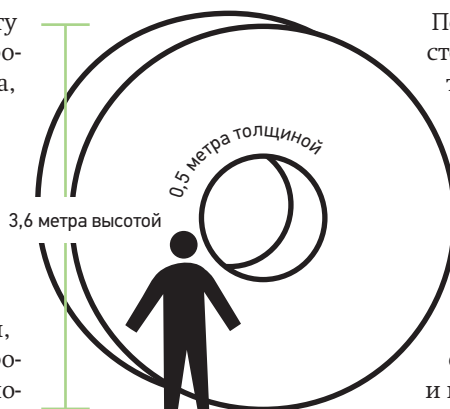
Ловкость рук и никакого мошенничества?

В основе биткойна лежит блокчейн — своего рода гроссбух, в котором зафиксированы все транзакции и который невозможно подделать. Он следит, чтобы ни один биткойн не был потрачен дважды, подделан или украден. Он постоянно и повсеместно обновляется, проинспектировать его может каждый. Однако и блокчейн в каком-то смысле требует доверия, поскольку у биткойна нет собственной ценности — помимо того, что другие люди готовы обменять на него.

Понять, что такое биткойн, не очень просто, но ведь с фидуциарными деньгами то же самое. И у биткойна (или у чего-то похожего) прекрасные перспективы. Некоторые центральные банки изучают возможность заменить существующие деньги цифровыми валютами, ведь блокчейн дает такую железную гарантию безопасности.

Так что, если у вас есть биткойны, вы помогаете человечеству избавиться от феи Динь-Динь. Многие считают, что и поделом ей.

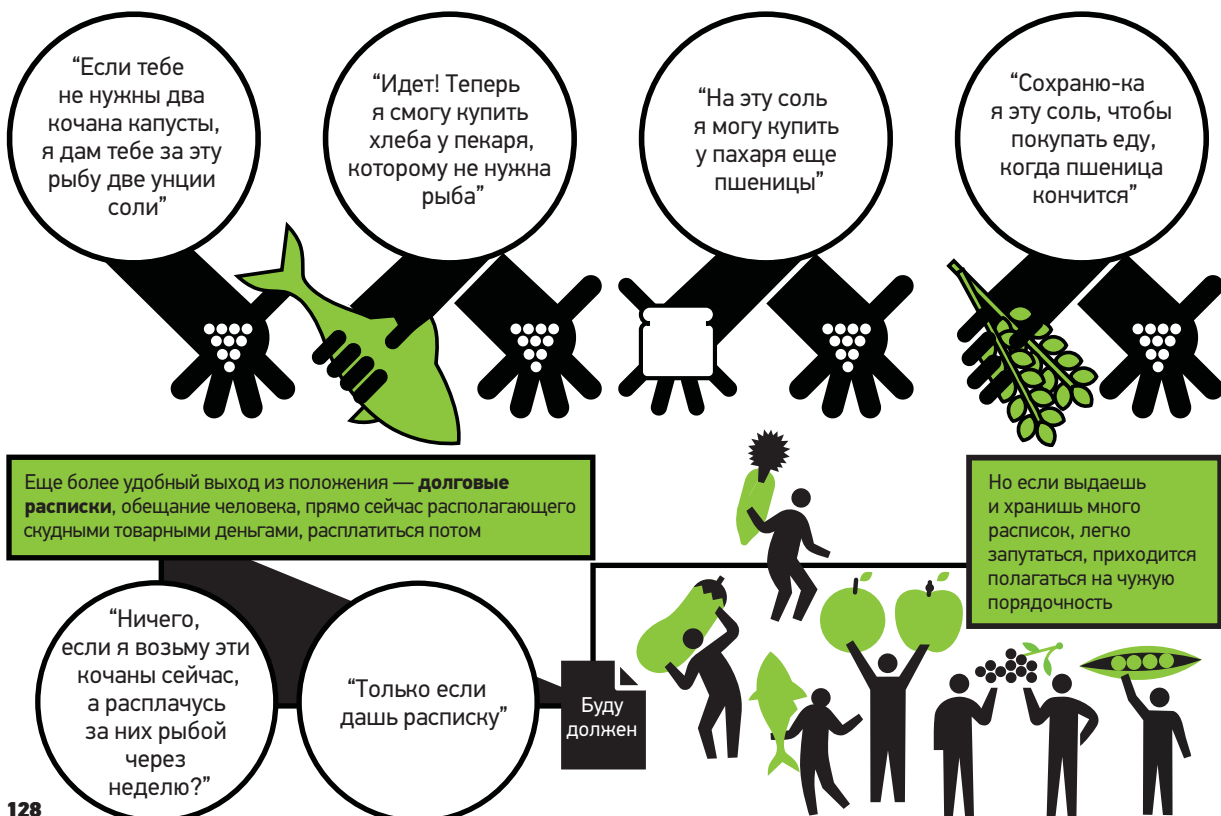
Самый большой камень раи:



и массой 4 тонны...

Отслеживаем денежные потоки

Наша сложная система валют и банковского дела развилась из натурального хозяйства, когда люди потребляли только то, что могли вырастить, добыть на охоте или собрать.



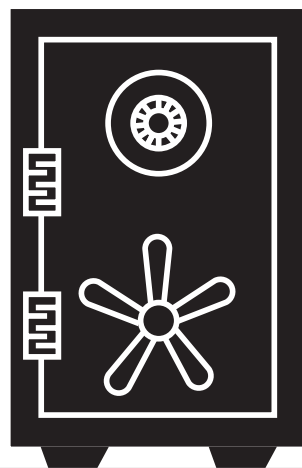
Решить эту проблему может универсальная долговая расписка, принимаемая всеми. Первыми стали векселя, которые выписывались ювелирами богатым купцам: эти векселя начали циркулировать как бумажная валюта

Коммерческие банки решили урвать свою долю и тоже начали выпускать долговые расписки

“Обещаю выплатить тебе твое золото”

Буду должен

Их долговые расписки назывались банкнотами и монетами и обеспечивались золотом в сейфах



Вскоре право выпускать валюту получили только государственные учреждения вроде Английского банка, основанного в 1694 году

В 1930-е годы центральные банки разорвали связь между банкнотами и золотом и начали выпускать валюту по требованию — **фидуциарные деньги**

Вице-президент Федерального резерва США Джон Экстер предупреждал, что деньги превратились в расписку “Ничего не буду должен”

В современной экономике почти все деньги — долговые расписки. Их три вида

1. Наличные

Купюры и монеты

В экономике Великобритании 100 млрд фунтов

Это долговые расписки центрального банка людям и организациям

Банк может печатать и чеканить сколько захочет наличности, но обычно следит, чтобы ее было ровно столько, сколько нужно для нормальной работы экономики



2. Резервы

Деньги, хранящиеся в центральном банке

В экономике Великобритании 280 млрд фунтов

Долговые расписки центрального банка коммерческим банкам. Эти деньги по большей части принадлежат коммерческим банкам, которые пользуются центральным банком как копилкой для своих денег



3. Банковские депозиты

Деньги обычных людей, хранящиеся в коммерческих банках

В экономике Великобритании 1700 млрд фунтов

Долговые расписки банков своим клиентам. Самый важный вид денег, используемый в большинстве транзакций, но редко конвертируемый в наличность. Банки просто делают электронные переводы

Большинство банковских депозитов создаются из ничего коммерческими банками, предоставляющими новые займы клиентам. 80 % денег в экономике на самом деле не существуют

“Мне нужен кредит на развитие бизнеса”

Буду должен

“Пожалуйста, вот невидимые деньги, которые я создал из ничего!”



Когда мы начали хоронить мертвецов?



Только в одном можно быть уверенным в жизни — что однажды она закончится. Это ужасное знание, вероятно, определяет все человеческое бытие. Видимо, мы единственный биологический вид, способный задуматься над неизбежностью своей кончины.

Можно, конечно, утешаться тем, что вам, наверное, устроят приличные проводы в последний путь. Ведь люди еще и единственный биологический вид, который проводит сложные посмертные ритуалы — похороны. По археологическим данным, мы занимаемся этим не меньше ста тысяч лет. А происхождение похорон вызывает нездоровый интерес у исследователей человеческой эволюции.

Похороны очевидным образом подпадают под категорию “символической деятельности” наряду с изобразительным искусством, сочинительством, религией и другими культурными атрибутами человечества. Церемонии, изысканные надгробия и погребальный инвентарь определенно требовали абстрактных размышлений о жизни, смерти и смысле всего этого. А в отличие от большинства других форм символической деятельности, от похорон остается довольно много материальных свидетельств.

Мертв, как дронг

Для большинства животных труп — не более чем неодушевленный предмет. Но есть и такие, кто относится к смерти не столь однозначно. Слоны очень интересуются костями мертвых сородичей, а дельфины много времени проводят возле трупов.

Шимпанзе тоже интересуются трупами сородичей; описано, что в их поведении проявляются признаки горя, уважения, скорби и настороженности. Антропологи говорят, что шимпанзе, возможно, придерживаются примитивного поведения, характерного и для представителей видов, предшествовавших нашему, а мы развили его и превратили в официальные ритуалы. Разумеется, наверняка сказать нельзя. Но ископаемые остатки и археологические находки содержат очень соблазнительные намеки на то, как такого

рода поведение в ходе эволюции превратилось в современные погребальные ритуалы.

Первые данные и в самом деле очень древние. В 1975 году на травянистом склоне крутого холма в Эфиопии палеонтологи обнаружили 13 фрагментарных скелетов нашего предка *Australopithecus afarensis*, жившего 3,2 млн лет назад: девяти взрослых, двух подростков и двух младенцев. Все они лежали близко друг к другу и были, по всей видимости, погребены одновременно. Как они туда попали, остается загадкой. Нет никаких признаков внезапного наводнения или подобной катастрофы, в которой они могли погибнуть все одновременно, на костях нет следов от зубов хищников. Как писал впоследствии Дональд Джохансон, один из ученых, открывших этот вид: “...Просто гоминиды, разбросанные на холме”.

Земля живых

По одной из версий, тела оставили там преднамеренно. Акт “спланированного оставления” — это не похороны, он лишен символического либо духовного смысла. Но все равно это существенный когнитивный прогресс по сравнению с тем, что наблюдается у шимпанзе, которые бросают умерших там, где те упали. Вероятно, это были первые проблески человечности — понятийное разделение живых и мертвых.

Без новых находок нам не подтвердить, что австралопитеки помещали мертвых в особое место. Зато данных о том, что было полмиллиона лет назад, гораздо больше. В 1980-х годах на дне глубокого колодца в горах Атапуэрка в Испании была обнаружена пещера Сима-де-лос-Уэсос. Там лежали останки по меньшей мере 28 древних людей, скорее всего принадлежавших к виду *Homo heidelbergensis* — нашему вероятному общему предку с неандертальцами.

Как они туда попали? Может, случайно упали в колодец? Это маловероятно, судя по переломам костей и по тому, что большинство скелетов принадлежало юношам и молодым мужчинам. Самое правдоподобное объяснение гласит, что их преднамеренно поло-



Звериные ритуалы

Мы не в силах выяснить, как шимпанзе понимают смерть, однако в 2010 году приматологи сделали редкое наблюдение в национальном парке Гомбе в Танзании: зрители парка нашли под деревом труп самки шимпанзе Малайки. Вокруг собралась толпа шимпанзе. В течение

трех с половиной часов к телу по очереди подходили другие шимпанзе, а некоторые смотрели на происходящее с деревьев. Кто-то нюхал или гладил тело. Кто-то тряс, бил или пытался оттащить. Альфа-самец бросил труп в ручей. Многие огорченно голосили.

Когда зрители убрали тело, несколько шимпанзе бросились туда, где оно лежало, и стали напряженно ощупывать и обнюхивать землю. Они оставались там 40 минут, хором кричали и только потом разошлись. Последней посетила то место дочь Малайки Мамбо.

жили у колодца после смерти, а потом по очереди сбрасывали вниз. Если это так, то перед нами самое раннее свидетельство “погребального складывания”, то есть организации особого места для мертвецов.

Затем похожее открытие было сделано в ЮАР, где в пещере обнаружили склад из 1500 окаменелых человеческих костей и зубов неизвестного ранее древнего человека *Homo naledi*. Как ни досадно, мы не знаем ни время, когда эти люди жили*, ни степень их родства с нами.

Кроме того, мы не представляем себе, как они понимали смертность. Но знаем, что погребальное складывание распространялось все шире. Тела возрастом 500 тысяч лет или меньше часто находят в красноречивых местах: в трещинах и расщелинах, на труднодоступных утесах, в глубине пещер.

От погребального складывания совсем недалеко до похорон — создания искусственных ниш и углублений, чтобы прятать туда мертвецов. Первые свидетельства такого рода были обнаружены в двух израильских пещерах Схул и Кафзех, где скелеты *Homo sapiens* возрастом 100 000 лет покоились в рукотворных углублениях. Подобные погребения иногда содержат и погребальный инвентарь — кости животных, ракушки, охру. Найдены и неандертальские погребения примерно того же времени.

Но все же эти погребения — еще не культурный водораздел. Известна лишь горстка таких мест; они редки, если учесть количество умерших тогда людей. Кроме того, возможно, наши предки практиковали кремацию, но доказательств тому нет.

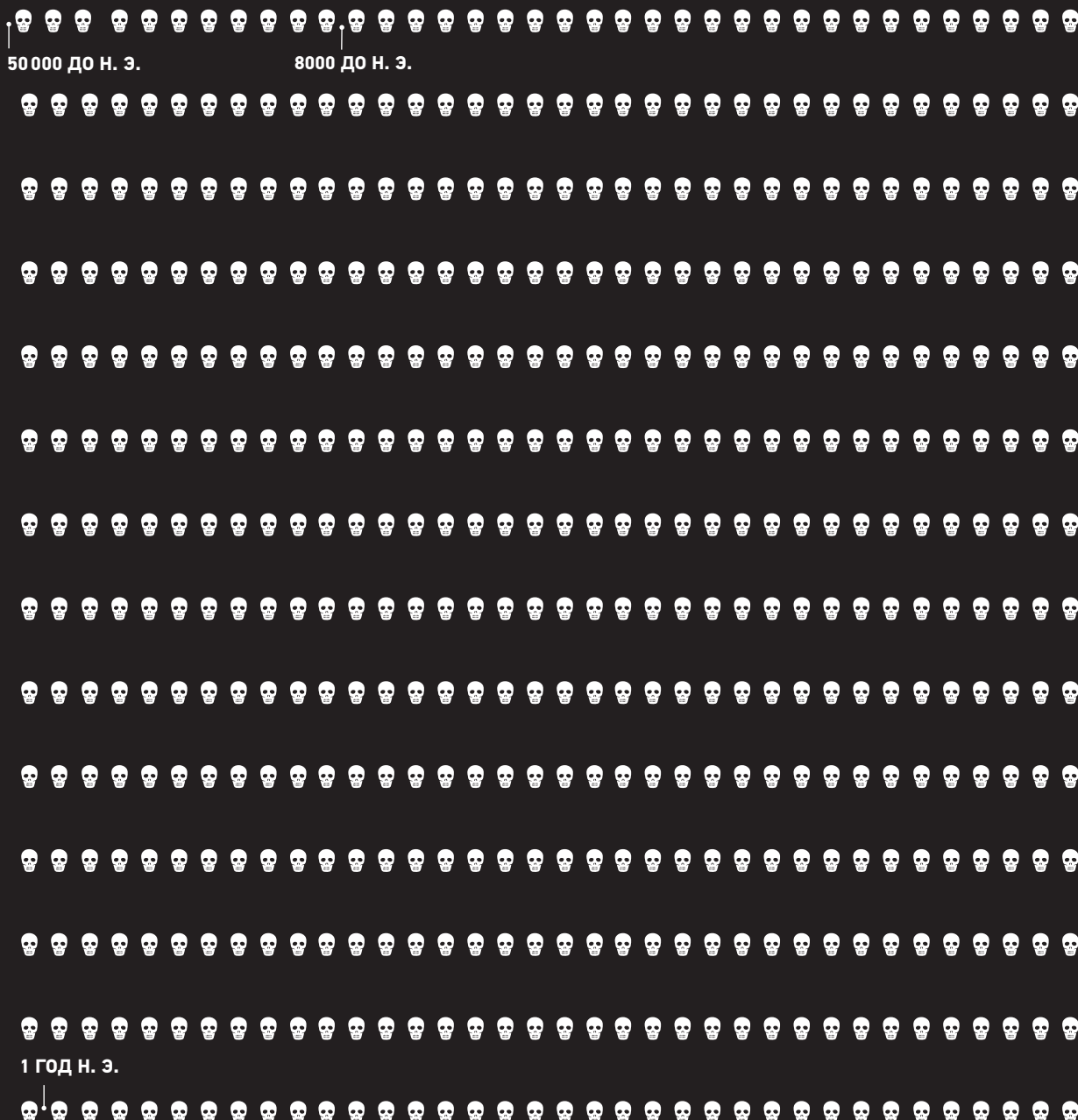
Хоронить мертвых на кладбищах, похожих на современные, начали лишь 14 000 лет назад. Неслучайно, наверное, примерно тогда же люди начали вести оседлый образ жизни и изобрели религию и сельское хозяйство. Наше “обезьянье” прошлое было закопано и забыто, а символическая культура расцвела пышным цветом.

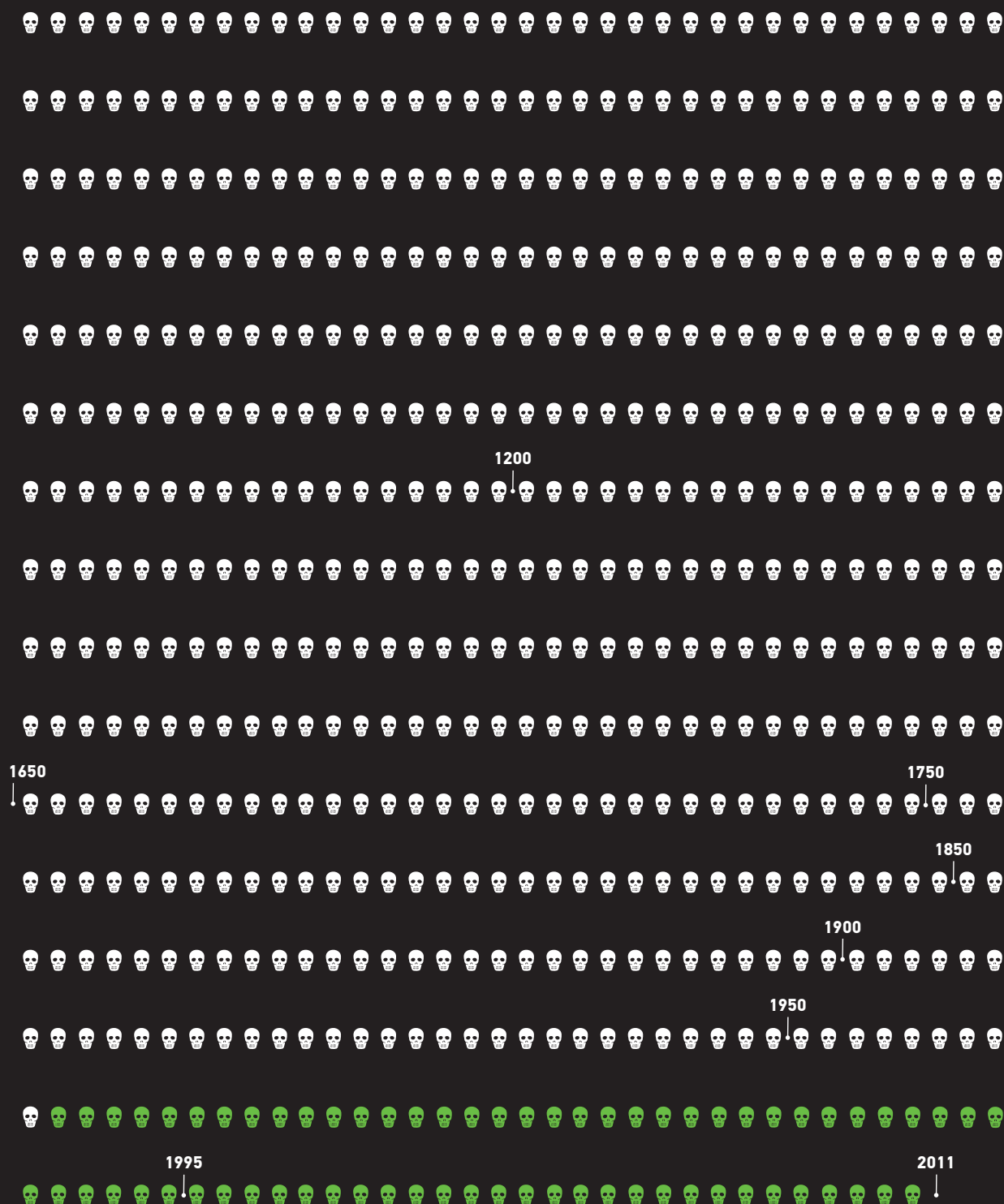
* Уже знаем: 335–236 тысяч лет назад.

Скорее мертв, чем жив

Распространенное утверждение, будто планета настолько перенаселена, что живых стало больше, чем мертвых, — городская легенда, которую давно пора похоронить.

Ключ:  = 100 МИЛЛИОНОВ СМЕРТЕЙ  = НЫНЕ ЖИВУЩИЕ





💀 С 50 000 года до нашей эры родилось 107,7 миллиарда человек

💚 Сегодня живы 6,5% от этого числа — 7 миллиардов

Каким был первый кулинарный рецепт?

Завтрак: горькие листья, богатые клетчаткой, фрукты. **Обед:** кора, фрукты, сырое обезьянье мясо и мозги. **Ужин:** личинки, листья, фрукты.

Нет, это не ультрамодная голливудская диета, а рацион наших ближайших ныне живущих родственников — шимпанзе. Не слишком аппетитно и разнообразно. А у нас тысячи продуктов и к тому же невероятно разнообразный арсенал методов их обработки теплом. Иначе говоря, кулинария.

Кулинария универсальна во всех человеческих культурах. Все люди, от эскимосов в холодной Арктике до охотников-собирателей субсахарской Африки, поддерживают в себе жизнь пищей, химически и физически измененной теплом. Это было потрясающее изобретение. Кулинария делает пищу лучше усвояемой и убивает бактерий, вызывающих отравление. Но где и когда люди начали готовить пищу на огне, остается предметом жарких споров. Можно сказать, ученые по-прежнему дерутся за еду.

Нет пищи без огня

Готовить еду без огня невозможно, поэтому ответ следует искать в данных о том, когда люди приручили огонь. Но огонь крайне трудно обнаружить при археологических раскопках. Ведь все его признаки тогда же развеялись как дым, к тому же огонь, который разожгли специально, трудно отличить от природного, например вызванного ударом молнии. Вот почему археологи ищут следы огня в пещерах.

Остатки пепла, найденные в пещере Вондерверк в ЮАР, указывают на то, что гоминины подчинили себе огонь по крайней мере миллион лет назад, когда жил наш прямой предок *Homo erectus*. Обнаруженные там же обожженные фрагменты костей позволяют предположить, что готовилось мясо. Однако самые древние очаги, назначение которых не вызывает сомнений, насчитывают всего 400 000 лет.

Неандертальцы примерно 250 000 лет назад, несомненно, разводили огонь, поскольку на многих их стоянках находили очаги, а в некоторых обнару-

живали и обгорелые кости. Кроме того, анализ зубного налета неандертальцев показывает, что они приправляли еду пряными травами. Но мы не знаем, было ли у них в обычае готовить еду на огне.

Первые надежные свидетельства, что наш вид научился готовить, отсылают нас всего на 20 000 лет назад: следы копоти и подпалины на первых китайских горшках указывают на то, что их применяли как кухонную утварь. Но для полной картины археологических данных, конечно, недостаточно.

И хорошенько подрумянить

Один из важнейших процессов в кулинарии — реакция Майяра, названная в честь французского химика, который описал ее в 1912 году. Эта реакция между сахарами и аминокислотами и создает подрумяненность, благодаря которой мясо, гренки, печенье и жареное становятся такими вкусными. В целом люди предпочитают ту еду, что подверглась реакции Майяра.

Объяснить это с точки зрения эволюции затруднительно. Реакция Майяра делает пищу, особенно мясо, менее усвояемой, разрушает питательные вещества и порождает канцерогены. Должно быть, преимущества приготовленной пищи перевешивают эти недостатки, поэтому мы в ходе эволюции стали предпочитать румяную корочку. Но это не объясняет, почему ее любят и человекообразные обезьяны.



Доведите ломтик хлеба до реакции Майяра

Около 1,9 млн лет назад в биологии гомининов произошли крупные перемены. По сравнению с предшественниками у *Homo erectus* были мелкие зубы, небольшое тело и гораздо более крупный мозг. Согласно спорной гипотезе приматолога Ричарда Рэнгема, эти перемены были вызваны приобретением умения готовить пищу. Более того, Рэнгем убежден, что кулинария и привела к отделению нашей линии и что *Homo sapiens* не мог существовать без пищи, подвергшейся термической обработке.

Чтобы понять почему, представьте себе, что вы придерживаетесь диеты шимпанзе. Чтобы получить достаточно калорий для своего мозга, потребляющего очень много энергии, нужно посвятить почти все время бодрствования поискам пищи. Шимпанзе ищут пропитание более или менее постоянно, гориллы и орангутаны едят по девять часов в сутки.

Слабая челюсть

А нам, вероятно, пришлось бы есть еще дольше. Наш мозг более чем вдвое объемнее, а кишечник слишком короток и не может удерживать в себе низкокачественную сырую пищу столько времени, чтобы успеть ее как следует переварить. Масса наших кишок составляет всего 60% от той, которую имела бы человекообразная обезьяна наших габаритов.

Наши зубы и челюсти тоже слишком малы, чтобы справиться с пережевыванием большого количества грубой сырой пищи. По сравнению с более ранними гомининами, например с *Homo habilis*, и у современных людей, и у неандертальцев, и у *Homo erectus* отношение размеров зубов к размеру тела очень мало. По мнению Рэнгема, эти морфологические черты развились как адаптация к приготовленной пище, на которую человек перешел примерно 1,9 млн лет назад.

Несомненно, приготовление пищи изменило жизнь наших предков к лучшему. При тепловой обработке пища становится мягче, ее легче пережевывать. Кроме того, из нее можно извлечь больше калорий. Мыши, которых кормили приготовленной

пищей, стали упитаннее своих сородичей, евших сырую пищу той же калорийности. А еще прогретая еда безопаснее: мясо падали кишит патогенами, а если жарить его на углях, бактерии, делающие его токсичным, погибнут. Кулинарная обработка полезна и тем, что делает съедобной пищу, которую в другом виде есть не очень-то приятно, например клубни. А также освобождает время для более интересных занятий, чем просто поиски и поглощение еды.

Приготовленная пища обычно еще и вкуснее. Мы никогда не узнаем, оценили ли эту разницу наши предки, однако исследования человекообразных обезьян показали, что они предпочитают приготовленную еду — почти всегда выбирают не сырые, а запеченные картофель, морковь и батат.

Не ешь все сразу

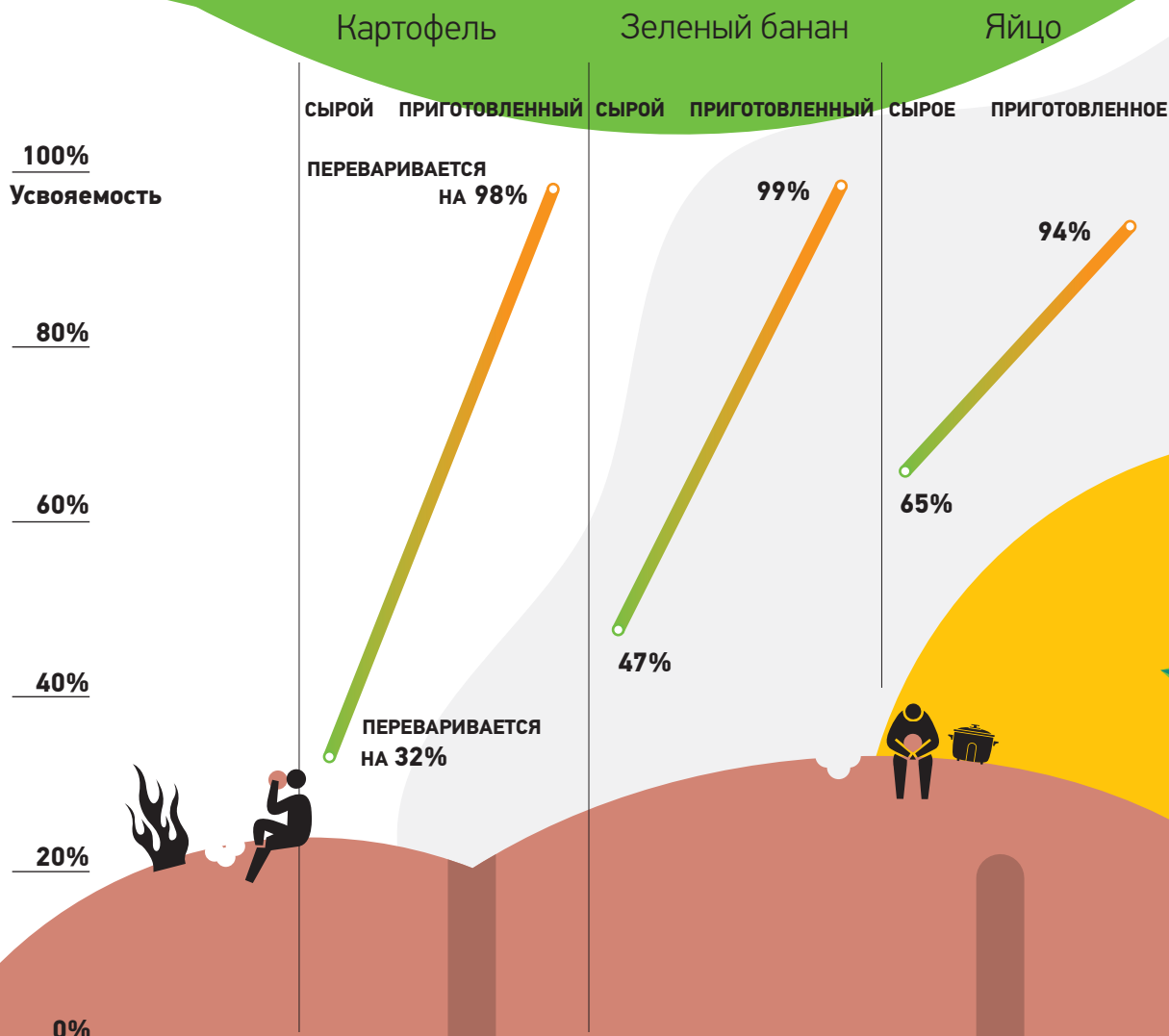
Кулинария требует когнитивных навыков, выходящих далеко за пределы контроля над огнем: способности преодолеть соблазн съесть ингредиенты, терпения, хорошей памяти и понимания процессов трансформации. Недавние опыты на шимпанзе показали, что у них есть многие когнитивные и поведенческие навыки, необходимые для приготовления пищи, а значит, они были, вероятно, и у *Homo erectus*.

Однако у кулинарной гипотезы есть свои недостатки. Многие адаптации, которые связываются с обретением умения готовить пищу, например увеличение мозга, могли возникнуть и при употреблении большого количества сырого мяса. Кроме того, мешают и хронологические несоответствия.

Но когда бы ни была изобретена кулинария, она превратилась в один из самых творческих элементов человеческой культуры. Мы готовим тысячи продуктов животного и растительного происхождения, а также грибов потрясающе разнообразными методами. На планирование и приготовление блюд мы тратим гораздо больше времени, чем на их поедание, а еще смотрим всякие кулинарные передачи. Мы готовим, следовательно, существуем.

Угощайтесь!

Пищу, прошедшую тепловую обработку, легче переварить, из нее проще извлечь калории, и это, вероятно, сыграло важную роль в эволюции человека, после того как наши предки около миллиона лет назад изобрели кулинарию.





Люди, придерживающиеся сыроедческой вегетарианской диеты, жалуются на постоянный голод, несмотря на частые приемы пищи, и индекс массы тела у них обычно меньше, чем у вегетарианцев, которые едят приготовленную пищу

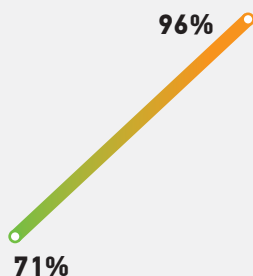
Пшеница

Овес

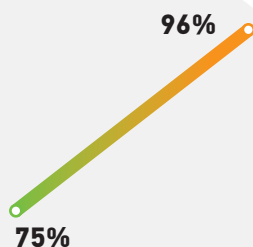
Горох

Ячмень

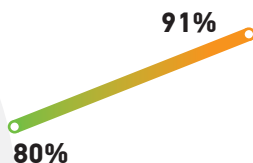
СЫРАЯ ПРИГОТОВЛЕННАЯ



СЫРОЙ ПРИГОТОВЛЕННЫЙ



СЫРОЙ ПРИГОТОВЛЕННЫЙ



СЫРОЙ ПРИГОТОВЛЕННЫЙ



А как же мясо?

При приготовлении мясо теряет калории, поскольку из него вытапливается жир. Но при этом оно становится легко усваиваемым, к тому же снижается риск им отравиться, что, вероятно, компенсирует энергетические потери.

Переварить сырое мясо трудно, на это уходит до трети энергии, которую оно только что принесло. В опытах с питонами приготовление мяса снижало затраты на его переваривание на 13 %. Мыши, сидевшие на строго мясной диете, теряли в весе, но худели медленнее, если мясо было приготовлено.



Как мы приручили животных?

Взгляните на знаменитые наскальные изображения

в пещере Ласко во Франции — и вы окажетесь в до-историческом зверинце. Из почти 2000 изображений примерно половина — животные: лошади, олени, бизоны, кошачьи, медведи, птицы и носороги. Люди, которые все это нарисовали 17 300 лет назад, очевидно, были прямо-таки одержимы животными в своем окружении: здесь нет ни пейзажей, ни растений, все остальное — либо фигурки людей, либо абстрактные символы. Сама мысль приручить живого зверя, владеть им была этим древним художникам наверняка совершенно чужда. Животные с росписей в пещере Ласко — дикие.

Перенесемся в сегодняшний день — и обнаружим, что наши отношения с животными радикально изменились. За последние 15 000 лет мы одомашнили сотни видов диких животных, от скромных плодовых мушек до могучих слонов, и заставили их так или иначе служить нам. Они для нас — источник пищи и рабочей силы, средство транспортировки и защиты, они дают нам материалы и удобрения, борются с вредителями, пасут скот, составляют нам компанию, развлекают нас и помогают в исследованиях.

Если пересчитать домашних животных, окажется, что на планете их около 32 миллиардов. Из них, вероятно, миллиард собак и вдвое больше кошек. Далее подсчеты более расплывчаты, но возьмите хотя бы всех крыс, мышей, морских свинок, рыбок, пчел, шелкопрядов, улиток, лягушек, змей, медицинских пиявок, плодовых мушек и так далее — и вы получите представление о происходящем. Откуда же все они взялись?

Около 95 % времени своего существования люди жили как пещерные художники. Потом, от 30 до 15 тысяч лет назад, мы начали заводить себе друзей среди животных. Первыми в семью были приняты звери, которых нам следовало бы бояться и сторониться. В результате получилось не в пример более смирное животное, которое мы до сих пор считаем лучшим другом человека, — домашняя собака.

Начало прекрасной дружбы

Где, когда и как это случилось — вопрос спорный. Самые древние окаменелые остатки волков с собачьими чертами найдены в Европе и в Сибири, и им более 30 000 лет, однако генетические данные свидетельствуют о более восточном происхождении около 15 000 лет назад.

Но помимо “когда” и “как”, есть еще вопрос “почему”. Не исключено, что это произошло само собой. Дикие волки питались падалью — доедали остатки со стола охотников-собираателей; некоторые научились следовать за людьми и в конце концов наладили

Висячие уши, умильные мордочки

Чарльз Дарвин считал селекционное разведение домашних животных аналогом естественного отбора в дикой природе. Кроме того, он первым заметил одну странность, так называемый синдром одомашнивания: у всех одомашненных млекопитающих наблюдается похожий набор биологических отличий от их диких собратьев. В том числе послушность, висячие уши, хвост крючком, уменьшение в размерах, мордочка как у детеныша и изменения цвета шкуры. Многие из этих черт очевидно полезны (или как минимум симпатичны) людям и наверняка отбирались в ходе одомашнивания и дальнейшего селекционного разведения, но есть и приобретенные заодно, потому, вероятно, что контролируются теми же генами.



Собаки живут
рядом с нами уже
по меньшей мере
15 000 лет

взаимовыгодные отношения — помогали выслеживать и убивать добычу и защищали. Кроме того, волки, следовавшие за группами людей, были изолированы от диких сородичей, а значит, спаривались только с волками, расположенными к людям. В результате естественным отбором поощрялись черты, помогавшие сосуществовать с людьми, например послушность. А может, люди нарочно брали на воспитание волчат и затем разводили их, хотя это маловероятно, если учесть, что волк съедает 5 кило мяса в день (дорогое удовольствие).

Бабушка, бабушка, купим поросенка!

Собаки были идеально приспособлены к образу жизни охотника-собирателя ледниковой эпохи, однако настоящее одомашнивание началось лишь около 11 500 лет назад, когда люди начали жить в поселениях.

Сначала приручили свиней, а вскоре после этого — овец, коз и крупный рогатый скот. Эти животные были почти наверняка одомашнены ради мяса, молока, шерсти, рогов и шкур, хотя полному одомашниванию, вероятно, предшествовали тысячелетия все более полной власти над их дикими сородичами. Есть еще гипотеза, что крупный рогатый скот поначалу приручали шаманы в церемониальных целях, а ходячий запас пищи из него сделали позднее.

Примерно тогда же, вероятно, появились домашние кошки. Их дикий предок — ближневосточная степная кошка (*Felis silvestris lybica*); человеческие поселения привлекали ее, наверное, грызунами, кишащими у запасов зерна. Должно быть, люди заметили, как прекрасно кошки борются с вредителями, а также воздали должное их очарованию. Так и зародились наши несколько настороженные и по сей день взаимоотношения. Считается, что полностью одомашнить кошек не удалось до сих пор: их дикая натура то и дело берет верх, к тому же, в отличие от почти всех остальных домашних животных, они делают что хотят.

Первыми за одомашнивание принялись жители Плодородного полумесяца, однако приручать животных в давние времена начали еще как минимум

в пяти других местах. Каждое из них внесло свой неповторимый вклад в наш разрастающийся зверинец: лошади, утки и шелкопряды из Китая, азиатский буйвол из Индии, ослы и одногорбые верблюды из Африки, индейки из Мезоамерики, ламы и морские свинки из Южной Америки.

Как курице удалось облететь Землю?

Пожалуй, самый замечательный случай одомашнивания вне Плодородного полумесяца — банкивская джунглевая курица, примкнувшая к нам в Юго-Восточной Азии около 7000 лет назад. В результате появилась заурядная домашняя курица — самый многочисленный вид домашних животных в мире. На птицефермах рождается около 40 миллиардов цыплят в год.





Интересно, что джунглевые курицы — не перелетные птицы, они вообще плохо летают, и ареал обитания у них небольшой. Их распространение по всем континентам, кроме Антарктиды, можно полностью приписать людям. Более того, домашние куры так тесно связаны с человеком, что по их ДНК удалось косвенно реконструировать историю колонизации людьми тихоокеанских просторов. По генетическим данным, куриная экспансия началась по меньшей мере 3000 лет назад — и на запад, в сторону Средней Азии, и на восток, в Полинезию и дальше. Через Египет куры около 1200 года до нашей эры попали в Африку, еще через несколько сотен лет римляне распространили их по своей европейской империи. Победное шествие кур в двух направлениях в итоге сошлось в обеих Америках, куда кур привезли сначала полинезийцы, а затем — европейцы и африканцы.

Люди продолжали подчинять себе животных для самых разных целей. Среди последних — домашние хорьки, потомки лесного хорька, прирученного около 1500 года до нашей эры, золотые рыбки, произошедшие от серебряного караса в Китае около 300 года нашей эры, и плодовая мушка *Drosophila melanogaster*, ставшая модельным организмом для генетических исследований около 1910 года.

Вьючные и не только

За последние 15 000 лет люди одомашнили десятки видов животных для самых разных целей.

Ключ:

-  Пища
-  Корм для животных
-  Наука
-  Домашние любимцы
-  Спорт
-  Работа
-  Транспортировка
-  Материалы
-  Борьба с вредителями



В Китае и Японии обучен ловить рыбу

Питаются объедками и превращают их в мясо/молоко/яйца — важная функция многих домашних животных

Медоносные пчелы вдобавок еще и прекрасные опылители — от них зависит 70 % посевов в мире



Медоносная пчела

Индейка

Материалы

Шкуры, кожа, ткань, перья и пр.

Шелкопряд

Транспортировка

Гусь

Работа

Служба, пахота, выпас, ношение тяжестей и пр.

Слон

Осел

Спорт

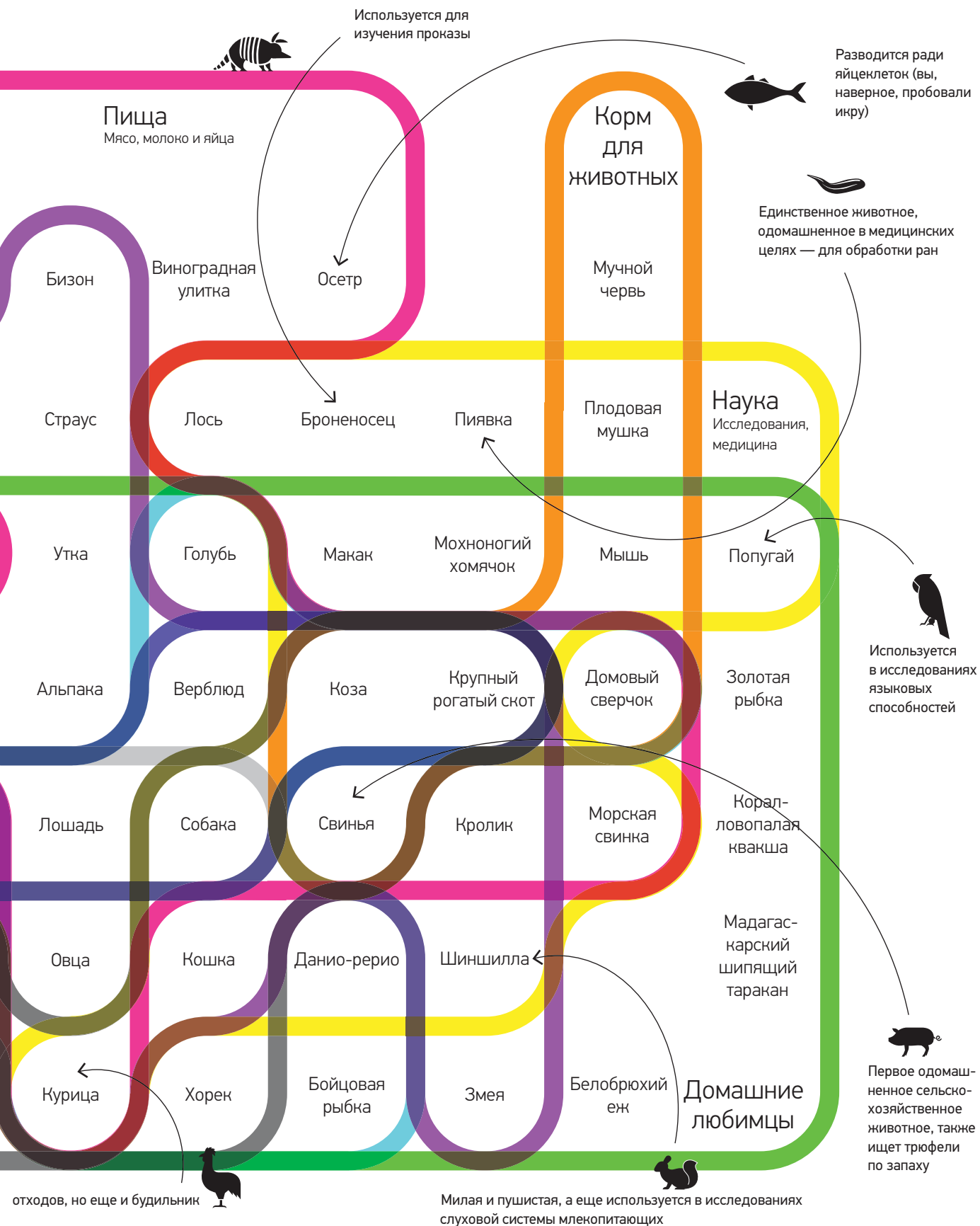
Бега, бои, охота и пр.

Большой баклан

Обыкновенный мангуст

Борьба с вредителями
и утилизация отходов

Не просто источник мяса, яиц и перьев и поглотитель



Когда мы начали поклоняться богам?

Танзанийский народ хадза мало задумывается о богах. У него есть мифы о сотворении мира и легенды о сверхъестественном, но система верований неформальна, а божества далеки от обыденной жизни, обезличены и не заботятся о житейской морали.

Хадза и другие группы охотников-собирателей часто рассматриваются как некое приближение по образу жизни к нашим далеким предкам. Если так, то у них не доставало того, что было подлинным столпом человеческой жизни на протяжении почти всей истории, — организованной религии.

Даже в наши все более светские времена большинство людей считают, что принадлежат к одной из основных религий — христианству, исламу, индуизму, буддизму и другим. В отличие от неформальных народных верований хадза, для этих религий характерны догматы, строгие ритуалы и иерархическая структура власти. Религии — одна из мощнейших движущих сил в мировой истории, как во благо, так и во зло. Откуда они взялись?

Прирожденные верующие

Чтобы подступить к ответу на этот вопрос, сначала надо задать другой: почему люди вообще религиозны? Для многих ответ очевиден: ибо Бог существует. Так или нет, но в любом случае это говорит нам кое-что интересное о природе религиозных убеждений. Большинство из нас вера в Бога дается без всяких усилий, как дыхание. Недавно ученые предложили этому объяснение: согласно теории когнитивного побочного продукта, люди — “прирожденные верующие”. Наш мозг от природы склонен расценивать религиозные объяснения как правдоподобные и заманчивые.

Например, эволюция наделила нас склонностью по умолчанию считать, что все вокруг вызвано каким-то разумным существом. На наших далеких предков постоянно нападали хищники, так что, если любой шорох в кустах может стать угрозой жизни, лучше перестраховаться. Но из-за этой склонности нам также чудится чье-то присутствие там, где

его нет, мы полагаем, будто мир создан кем-то или чем-то и у всего на свете есть причина. Именно это и лежит в основе большинства религий: за все, что делается и создается в мире, отвечает некая незримая сила.

Такие “встроенные” когнитивные склонности и привлекают людей к вере в сверхъестественное, подобной верованиям хадза, однако не вполне объясняют, откуда взялись крупные, организованные

Врата в загробную жизнь

Мы никогда не узнаем, во что верили те, кто построил храмовый комплекс Гёбекли-Тепе и отправлял в нем богослужения, но у археологов есть некоторые соображения. Среди самых ярких черт комплекса — похожее на двери “каменные порталы”, зачастую украшенные изображениями хищников и их добычи. Отверстия в камнях достаточно большие, чтобы сквозь них проползти, — вероятно, это символизировало рождение или смерть. Более того, среди обломков археологи обнаружили множество костей, в том числе человеческих, но еще и на удивление много грачиных и вороньих, то есть птиц, слетающихся, как известно, на мертвечину. Очередной довод в пользу того, что одно из назначений этого сооружения — совершение обрядов, связанных со смертью, а это, разумеется, универсальная черта и современных религий.



религии. Ответ, вероятно, следует искать на вершине одного турецкого холма среди руин самого древнего храма в мире. Храмовый комплекс Гёбекли-Тепе открыли в 1990-х годах, он представляет собой лабиринт из круглых каменных сооружений до 30 метров в поперечнике. В центре расположены пары шестиметровых колонн, а вокруг них — Т-образные колонны поменьше. Одни украшены резьбой в виде поясов и облачений, другие покрыты гротескными изображениями змей, скорпионов и гиен.

Легко понять, почему археологи, раскопавшие Гёбекли-Тепе, решили, что перед ними религиозный комплекс. Но чтобы доказать это, им пришлось поставить под сомнение укоренившиеся убеждения о происхождении организованной религии — что она была одним из результатов неолитической революции.

Жители поселений

Считается, что примерно 10 000 лет назад люди начали отказываться от кочевого образа жизни и селиться в постоянных общинах. Приблизительно 8300 лет назад жители Леванта располагали всеми неолитическими технологиями: у них было налаженное земледелие, одомашненные животные, глиняная утварь и оседлые поселения. А еще, предположительно, организованная религия. Изобретение таких религий считается главной причиной их успеха. До этого люди жили маленькими и сплоченными семейными группами. А после — по большей части среди чужаков, с которыми не состояли в родстве, что требовало неслыханного доверия и готовности сотрудничать.

Эволюционная биология, как правило, объясняет доверие и готовность сотрудничать двумя способами: либо родственники помогают друг другу, либо проявляется взаимный альтруизм (“Почеши мне спинку, а я тебе”). Но не очень понятно, почему сотрудничество налаживается в больших группах чужих друг другу людей. Чем выше вероятность повстречать чужака, тем меньше возможностей для сотрудничества

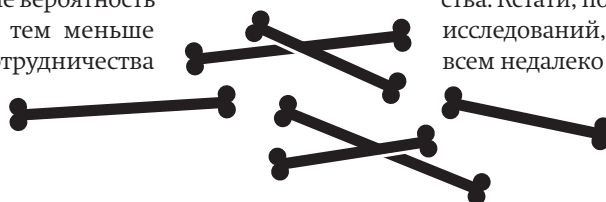
в пределах рода. Взаимный альтруизм тоже перестает оправдывать себя.

Вот тут-то на сцену и выходит религия. Сотрудничество и альтруизм поощряются во многих современных религиях — вероятно, как и в некоторых более ранних их вариантах.

Религии с подобными свойствами наверняка помогали налаживать связи между не родственными друг другу людьми в общине и служили социальным клеем, скреплявшим хрупкие юные общества. Такие группы становились больше соседних и побеждали их в борьбе за ресурсы. По мере роста они распространяли и свою религию. И сегодня большинство из нас так или иначе, пусть даже очень слабо, связаны с какой-нибудь из этих крайне успешных религий.

Проблема с Гёбекли-Тепе состоит в том, что комплекс слишком древний, чтобы вписаться в этот сюжет. Самые старые постройки сооружены 11 500 лет назад, когда люди еще жили охотой и собирательством. На месте раскопок не найдено ни малейших следов ведения сельского хозяйства, ни единого признака постоянного поселения. При этом очевидно, что Гёбекли-Тепе — творение сложного общества, способного организовать труд огромного числа людей. Кроме того, у этого общества была единая система верований и ритуалов — ради ее поддержания люди и собирались в Гёбекли-Тепе. Другими словами, налицо все внешние признаки организованной религии.

Таким образом, открытие Гёбекли-Тепе — и близлежащих комплексов с похожими монументами, иногда даже древнее, — перевернуло общепринятые представления. Похоже, это не сельское хозяйство подготавливало плодородную почву для организованной религии, а наоборот. Общество сплотили ритуальные собрания, а не возделывание полей. А необходимость кормить участников таких собраний и стала движущей силой для возникновения сельского хозяйства. Кстати, по данным недавних генетических исследований, посевная пшеница появилась совсем недалеко от Гёбекли-Тепе.



Невероятно!

Религиозные сюжеты пестрят “минимально контринтуитивными сверхъестественными сущностями” — людьми, животными, растениями, предметами и природными объектами, которые ведут себя вопреки нашим интуитивным ожиданиям. Такие истории легко запоминаются и странным образом кажутся правдоподобными.

	Человек	Животное
Нарушение законов... физики Минимально контринтуитивные сущности нарушают только один какой-нибудь закон. Если больше — как говорящий и летающий змей, — они хуже запоминаются и уже не кажутся такими правдоподобными	Иисус Христос  Человек, который ходит по воде	Восьмая казнь египетская Полчища саранчи, застилающие солнце 
Нарушение законов... биологии	Лазарь Покойник, оживший из мертвых 	Книга Ионы Кит, который может проглотить человека целиком 
Нарушение законов... психологии	Иисус Христос Человек, который предвидит будущее	Эдемский сад Змея, умеющая разговаривать 



Эти примеры взяты из Ветхого и Нового Завета, но минимально контринтуитивных сущностей много и в других религиях, народных преданиях и даже в художественной литературе, например, во "Властелине колец" и "Гарри Поттере"

Растение	Предмет	Природный объект
Неопалимая купина Горящий куст, который не сгорает 	Чудо Христа Вода, превращающаяся в вино 	Исход Море, которое расступается 
Ааронов жезл Цветы, растущие на посохе 	Чудо Христа Две рыбы и пять хлебов, насыщающие 5000 человек 	Первая казнь египетская Река, превращающаяся в кровь 
Древо познания Дерево, дающее знания 	Десять заповедей Каменные скрижали, указывающие людям, как жить	Вифлеемская звезда Звезда, указывающая путь 

Когда мы начали напиваться допьяна?

Каков ваш любимый дурман? Если вы обычный человек, ответ может быть только один — этиловый спирт. Эта токсичная хмельная жидкость заняла прочное место в человеческой культуре уже много тысяч лет назад, хорошо это или плохо. Древние цивилизации всего мира сначала наталкивались на рецепт алкоголя, а потом — в пьяном угаре — на все подряд. Брожение не открыли только аборигены Арктики, Огненной Земли и Австралии. Мы подвергали брожению более или менее все, что в процессе брожения дает этанол: виноград, злаки, яблоки, груши, мед, рис, молоко, древесный сок, крапиву, картофельные очистки. Чтобы повеселиться как следует, нужно лишь немножко сахара, дрожжей и терпения.

Наша любовь к этиловому спирту зародилась давным-давно. Древнейший известный алкогольный напиток — ровесник земледелия. Но наши связи со спиртом уходят в прошлое гораздо, гораздо глубже.

Пропустить стаканчик любят не только люди. Плодовые мушки едят забродившие фрукты, причем на их поведение это, видимо, не влияет. У других животных опьянение более заметно: многие видели, как свиристели, наевшись забродивших ягод, беспорядочно летают среди деревьев или врезаются в стены. Слоны печально знамениты пьяными дебошами. В Индии, в Ассаме, произошла настоящая трагедия: стадо слонов набрело на несколько бочек пива, осушило их и потом затоптало насмерть не меньше шести человек.

Что касается наших родичей-приматов, то веревки с карибского острова Сент-Китс постоянно воруют коктейли, а лори из малайзийских джунглей — настоящие пропойцы: каждый день попивают забродивший нектар пальмы *Eugenia tristis*.

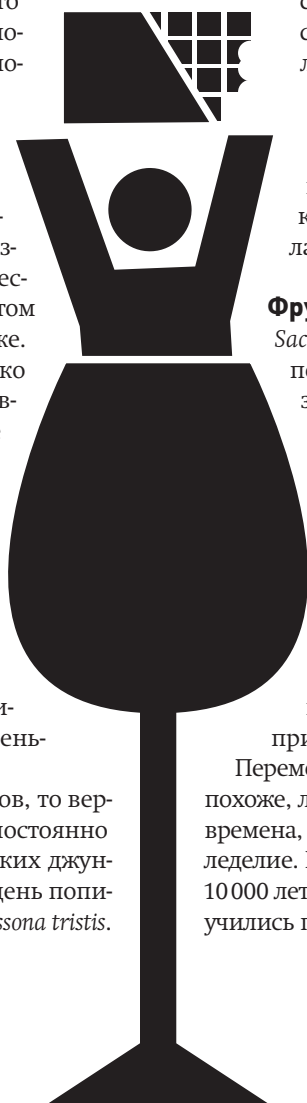
А дикие гвинейские шимпанзе были неоднократно пойманы на злоупотреблении пальмовым вином.

Такое поведение восходит к появлению плодоносящих растений около 130 млн лет назад, когда наши предки мало чем отличались от тупайи, а парадом командовали динозавры. Новым источником пищи воспользовались первые млекопитающие, а еще микроорганизмы. Появился род фруктолюбивых дрожжей *Saccharomyces* («сахарные грибы» на греческом), который быстро изобрел хитрый способ адаптации. Эти дрожжи научились расщеплять фруктовый сахар не полностью, а частично, перерабатывая его в этиловый спирт. С энергетической точки зрения это было менее эффективно, зато этанолом травились другие микроорганизмы, которым тоже нравилось лакомиться плодами.

Фруктовый аромат

Saccharomyces питались спелыми плодами, поэтому запах этилового спирта сигнализировал, что плод созрел и его можно есть. В результате естественный отбор благоприятствовал тем из млекопитающих, питавшихся плодами, которые различали запах этанола и находили по нему сытную еду. Те, кому нравился вкус забродивших фруктов, оказались приспособленнее тех, кто его не любил, поэтому любовь к вкусу и психоактивному воздействию алкоголя стала биологической особенностью наших предков-приматов. То была любовь с первого глотка.

Перемотайте вперед несколько миллионов лет — похоже, любовь к алкоголю приносила пользу и во времена, когда наши предки начали осваивать земледелие. На заре сельского хозяйства — примерно 10 000 лет назад — жители маленьких поселений научились подвергать ферментации пищу и напитки.



Это позволяло сохранять излишки злаков, по сути, благоприятствуя дрожжам, а не бактериям, портившим пищу. Более того, так зерно становилось даже сытнее, поскольку при брожении вырабатываются питательные вещества, в том числе витамины группы В.

А еще брожение — способ стерилизовать жидкости. В антисанитарных условиях первых оседлых поселений пить забродившие напитки было безопаснее, чем воду. И алкоголь наверняка помогал налаживать отношения и утрясать споры, что с разрастанием поселений становилось все сложнее.

Что касается того, как мы научились делать алкоголь, то, вероятно, первые земледельцы натолкнулись на рецепт случайно, когда в запасы пшеницы и ячменя попали дрожжи *Saccharomyces*. Некоторые антропологи подозревают, что и выращивать злаки мы начали ради ферментации, а не ради непосредственного употребления в пищу. То есть пиво, возможно, появилось раньше хлеба.

Виноград одомашнили позднее, и благодаря грибкам на кожице он бродил и превращался в вино естественным образом, оставленный на солнце. Самые древние следы алкогольных напитков подтверждают их очень раннее происхождение. Химический анализ осадка на дне глиняных горшков возрастом 9000 лет, обнаруженных в поселении Цзяху на реке Хуанхэ в Китае, выявил перебродившую смесь риса, ягод боярышника, винограда и меда.

Старое вино в старых бутылках

Осадки древнейших вин находили и на глиняных черепках. Так, смесь перебродившего винограда и смолы обнаружили в Иране при раскопках семитысячелетнего поселения Хаджи-Фируз-Тепе. Самые ранние химические следы пива обнаружены в том же регионе, но они моложе примерно на 1500 лет. Были в меню и коктейли: греки бронзового века 3000 лет назад пили смесь вина, пива и медовухи. Многие древние напитки биомолекулярным археологам удалось воссоздать. Говорят, попадают довольно вкусные.

Анонимные шокоголики

Поднять бокалы за изобретение выпивки есть смысл даже трезвенникам. Дело в шоколаде. Мезоамериканцы, которые жили себе припеваючи в Центральной Америке, пока туда не нагрянули испанцы, получили шоколад как побочный продукт изготовления алкоголя.

Вкус шоколада проявляется, только когда сочная мякоть сырого плода дерева какао и его семена подвергаются ферментации вместе. Как именно мезоамериканцы изобрели этот процесс, неясно, разве что подвергали плоды брожению с какой-то другой целью — а они так и поступали, чтобы получить алкогольный напиток чичу. Видимо, “чичавары” размолотили семена какао, оставшиеся после брожения, добавили их в пиво для загустения и обнаружили, что чича приобрела приятный шоколадный привкус.

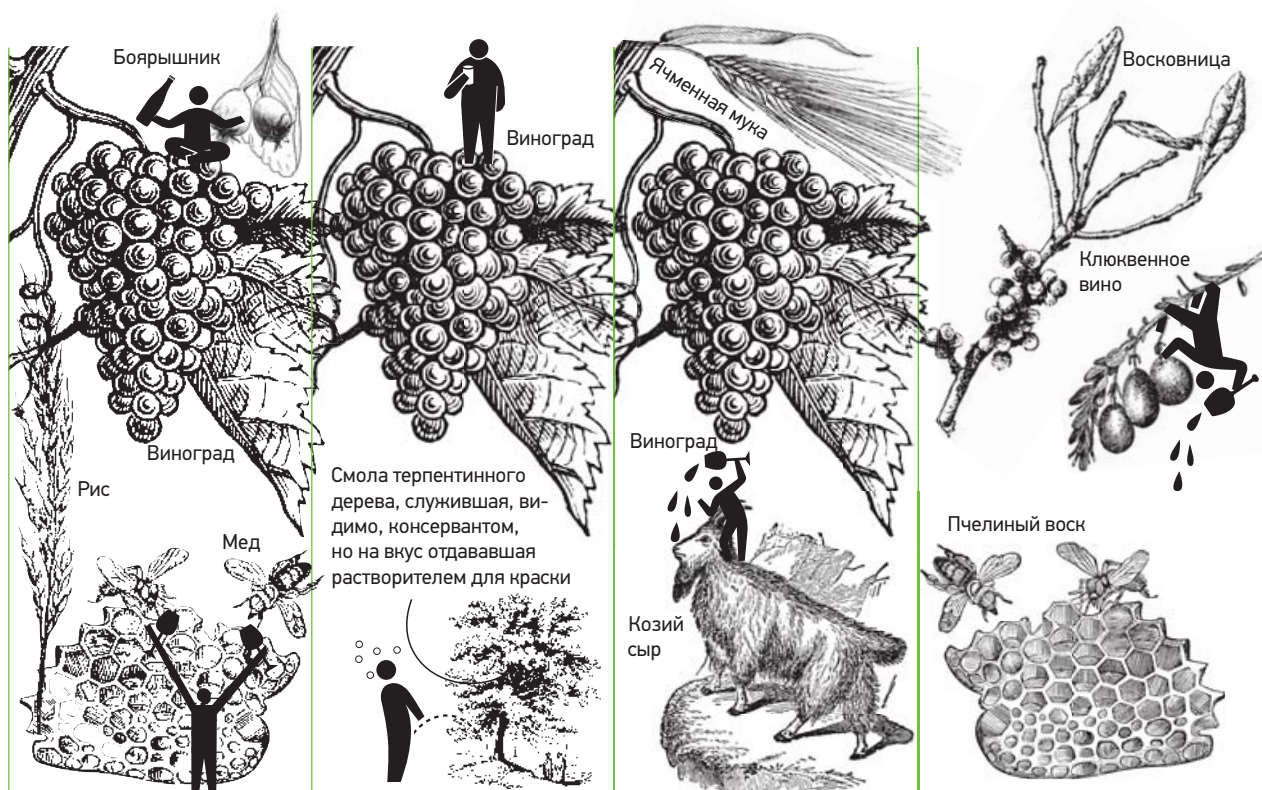
Каким бы образом наши предки ни открыли брожение, они быстро поняли, что этот подарок не перестает радовать. Запускать брожение можно снова и снова: надо просто взять немножко готового продукта и добавить в новую партию.

По мере распространения земледелия и возникновения разных культур пивные дрожжи многократно изменялись. Появлялись новые формы — в зависимости от практики пивоварения и винокурения в разных регионах. Некоторые переквалифицировались в пекарские дрожжи.

Однако и брожение хорошо лишь постольку-поскольку. Дрожжи рано или поздно отравляются собственными отходами жизнедеятельности. В самых крепких напитках, полученных в результате брожения, не больше 15% этанола по объему. Это препятствие обошли в Китае около 1000 лет назад с изобретением дистилляции, которая позволяет превратить перебродившие напитки в крепкое спиртное. Ваше здоровье!

Диковинные зелья

Люди в древности делали алкогольные напитки из чего угодно, что и привело к появлению довольно-таки экзотических видов спиртного.



КИТАЙ Неолитическое хмельное

9000 лет назад

Самый древний из известных нам алкогольных напитков был изготовлен первыми земледельцами Цзяху в Китае 9000 лет назад на основе плодов, риса и меда как источников сахара. Древнейшие глиняные черепки в этой части Китая датируются тем же периодом. Совпадение?

ИРАН Винтаж-винтаж

7400 лет назад

Самое древнее известное нам вино из перебродившего винограда изготовили жители неолитического поселения в горах Загрос. Следов танинов в нем нет, так что оно, скорее всего, было белым. Первые следы существования пива найдены в том же регионе, но оно моложе на 1500 лет.

ГРЕЦИЯ Пьяная козочка

IX век до нашей эры

Гомер в «Илиаде» описывает напиток из смеси красного вина, тертого козьего сыра и ячменной муки. Маленькие бронзовые терки для сыра находили в могилах греческих воинов IX века до нашей эры.

ДАНИЯ Коктейль бронзового века

3370 лет назад

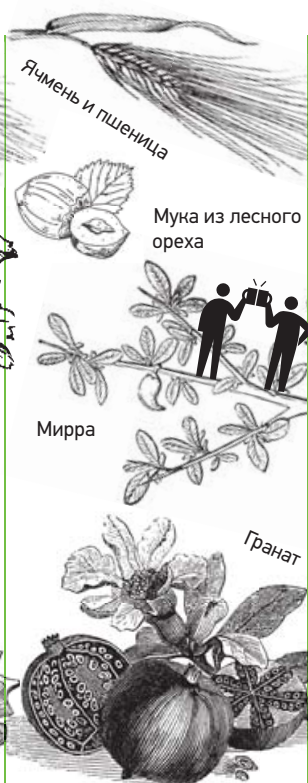
Смесь пива, медовухи и вина, сдобренная травами, обнаружена в берестяном ведре в могиле женщины в датском городе Эгтвед. Смесь вина, пива и медовухи около 3000 лет назад пили и в Греции с Шотландией.



АНАТОЛИЯ Фригийская попойка

2700 лет назад

Легендарный царь Мидас существовал на самом деле и правил анатолийским царством во Фригии. Его погребли вместе с кувшинами крепкого напитка из пчелиного воска, винограда, ячменя и специй. Будем надеяться, что царь не притронулся к этому пойлу.



ИТАЛИЯ Этрусский эль

2800 лет назад

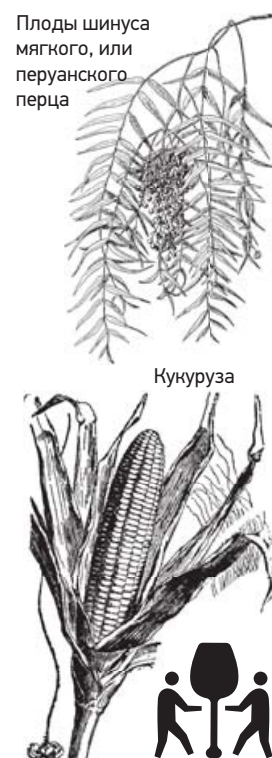
Этруски, населявшие центральную часть Италии, были мастерами пивоварения и винокуренения. Они делали пиво из ячменя и пшеницы, а еще изготавливали вино с добавлением розмарина, что, видимо, вдохновило и французских виноделов.



ГОНДУРАС Шоколадная чича

1200 лет назад

Жители доколумбовой Мезоамерики варили кукурузное пиво под названием "чича". Его приправляли растительными отдушками, в том числе какао. Процесс ферментации, вероятно, привел к изобретению шоколада.



ПЕРУАНСКИЕ АНДЫ Пряный соус

1000 лет назад

В доинкской цивилизации уари предпочитали пить кукурузное пиво горячим и с пряностями. Розовый перец, входивший в его состав, не родственен черному перцу, но похож на него по вкусу.

Зачем нам столько барахла?

Как-то раз Джон Леннон в приступе идеализма предложил нам вообразить жизнь без собственности. Непросто, правда? Да что там, почти невозможно. Без одежды, без крыши над головой, без мало-мальской кухонной утвари и источника чистой воды мы вряд ли выживем. Попробуйте обойтись без кровати, ванны, полотенец, лампочек и мыла, не говоря уже о всяческих излишествах и пустячках, а также памятных вещичках. Собственность определяет нас как вид, и жизнь без нее едва ли напоминает человеческую.

Наши ближайшие родственники прекрасно живут без собственности: шимпанзе применяют грубые орудия труда и сооружают спальные гнезда, но бросают после первого же использования. Почти все остальные животные тоже обходятся без имущества.

Как же мы превратились из ничем не обремененных предков-приматов в запасливых людей? Ответить на этот вопрос непросто. Во-первых, трудноато определить, что собственность, а что нет: владеете ли вы почвой в своем саду или водой в кране? А когда вы брасываете вещь, в какой момент она перестает быть вашей? Во-вторых, многие предметы, которыми наши предки могли владеть, — звериные шкуры или дере-

вянные орудия труда — просто не сумели бы сохраниться в археологической летописи.

Тем не менее ученые строят догадки о том, каким было первое имущество людей. Главные кандидаты — древние каменные орудия труда, изготовленные около 3,3 млн лет назад. Они ведь должны были какое-то время храниться у того, кто ими пользовался. Впрочем, они были крайне просты и легко заметны, как орудия шимпанзе.

Это мое!

Но по мере того как орудия становились сложнее и труднее в изготовлении, должно было развиваться и чувство собственности. Орудия труда стали первой настоящей собственностью — они ценились хозяином и хранились у него некоторое время, а окружающие признавали, что принадлежат эти орудия кому-то другому (и, вероятно, завидовали). Наконецники для копий и стрел, которые появились в Африке по меньшей мере 300 000 лет назад, наверняка собирались после охоты и применялись много раз. А еще в числе первых предметов собственности был, вероятно, огонь.

Чем владеют собаки?

В 1776 году философ Адам Смит отметил любопытную особенность животных: они как будто ничем не владеют. “Никому никогда не приходилось видеть, чтобы собака сознательно менялась костью с другой собакой”. И правда, сложная имущественная система налажена только у людей. Но все же у некоторых животных, можно сказать, есть имущество: у птиц — гнезда, а у бобров — плотины. Белки и голубые кустарниковые сойки запасают еду. Шалашники собирают блестящие и яркие вещички, чтобы привлекать брачных партнеров. И многие животные защищают территорию. Но все это даже близко не напоминает человеческую систему собственности со всеми ее тонкостями. Причина проста: у нас есть язык. Без слов невозможны ни правила, понятные обеим сторонам, ни институты, следящие за их соблюдением. Девять десятых законов говорят об имуществе — и написаны словами.





Некоторые современные группы охотников-собирателей носят с собой тлеющие угли, поэтому можно считать, что они “владеют” огнем. Наши предки, вероятно, поступали так же. Первые убедительные свидетельства контролируемого применения огня датируются примерно 800 000 лет назад.

Имуществом рано стала и одежда. Генетические данные по платяным вшам показывают, что мы начали прикрывать тело около 70 000 лет назад.

Как только мы заполучили в собственность огонь, одежду и сложные орудия труда, от них стала зависеть наша жизнь, особенно в более холодных краях. Имущество вошло в наш “расширенный фенотип”, превратившись в такое же необходимое условие выживания, как плотина для бобра.

Показное потребление

Со временем произошел следующий рывок вперед. Объекты стали цениться не только за свою полезность, но и как предметы престижа, сообщающие окружающим о мастерстве или социальном статусе владельца. Позднее некоторые предметы начали цениться только за это — украшения, например. Самыми древними свидетельствами служат немногочисленные бусы из ракушек возрастом 100 000 лет, найденные в Израиле и Алжире.

Очевидно, уже несколько десятков тысяч лет назад отношения между людьми и предметами развились настолько, что вышли далеко за пределы полезности и жизненной необходимости.

Но количество имущества, которое человек мог накопить, ограничивалось кочевым образом жизни. Тогда некоторые археологи предположили, что одними из первых объектов собственности стали для человека сумки и мешки, которые и сыграли важнейшую роль в его преобразовании, позволив накапливать больше предметов, чем можно удержать в руках, и переносить их с места на место.



К сожалению, делаются сумки и мешки из биоразлагаемых материалов, поэтому мы не знаем, когда именно их изобрели. Древнейшим из известных нам около 4000 лет.

Все изменилось с переходом к оседлому образу жизни. Как только люди решили селиться в одном месте, у них начало накапливаться имущество. А также возникла новая форма общественного устройства и экономики. Группы стали крупнее, появилась иерархия, и статус важных людей подтверждался престижным имуществом, например красивой одеждой и украшениями. Более того, некоторые археологи убеждены, что без “материальной культуры” общества не стали бы сложными и иерархическими.

Позолоти ручку

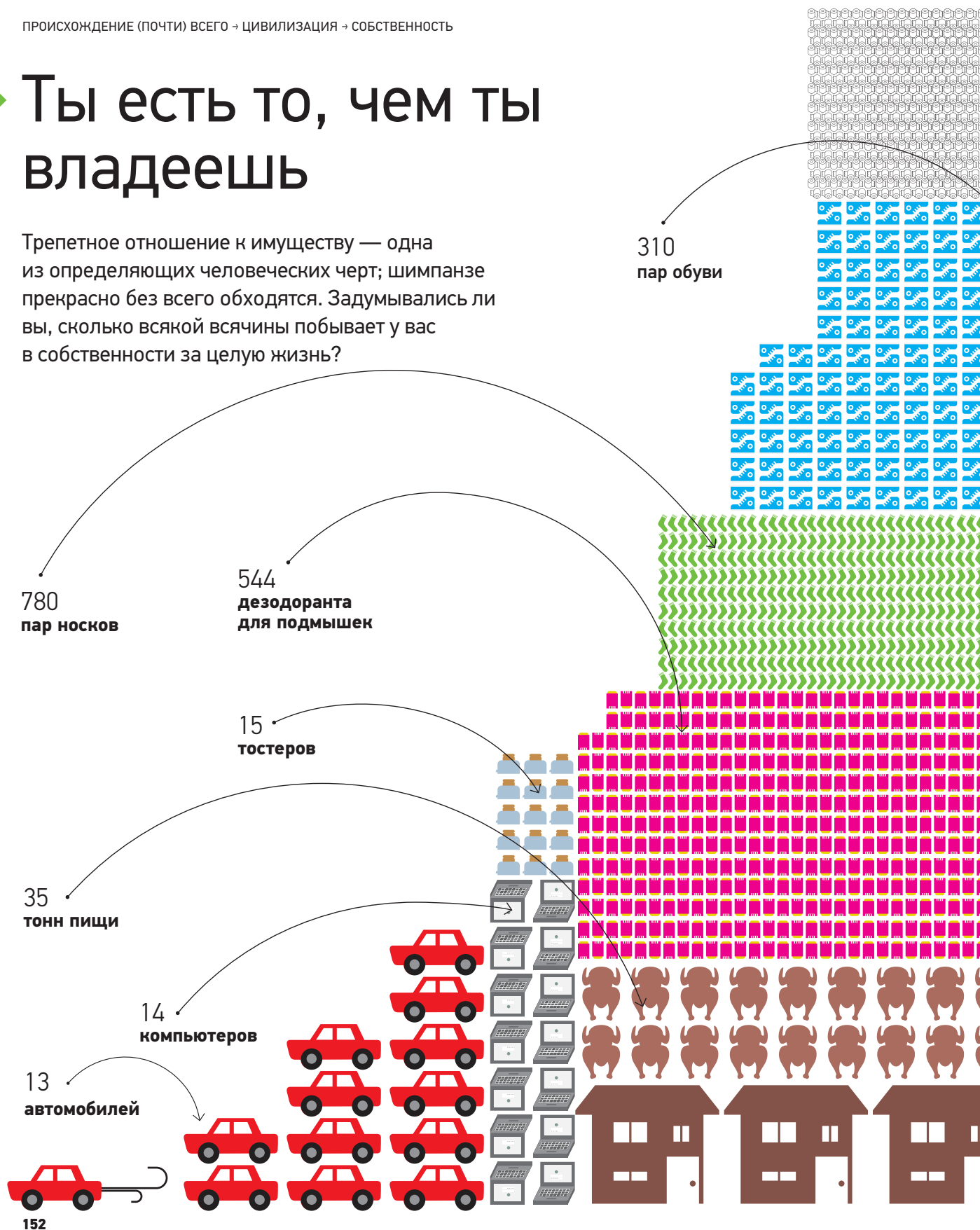
Переход к оседлому образу жизни способствовал накопительству и иначе. Поселившись в определенном месте, люди становились беззащитнее перед экологическими бедствиями, а накопленное имущество служило своеобразной страховкой. Ею же были и налаженные отношения с соседними группами. Обмен предметами не первой необходимости был смазкой для этих отношений. Впоследствии, когда общества стали еще крупнее и сложнее, материальные богатства превратились в резерв, залог будущего благополучия. Обмен подобными товарами в конце концов привел к возникновению денег.

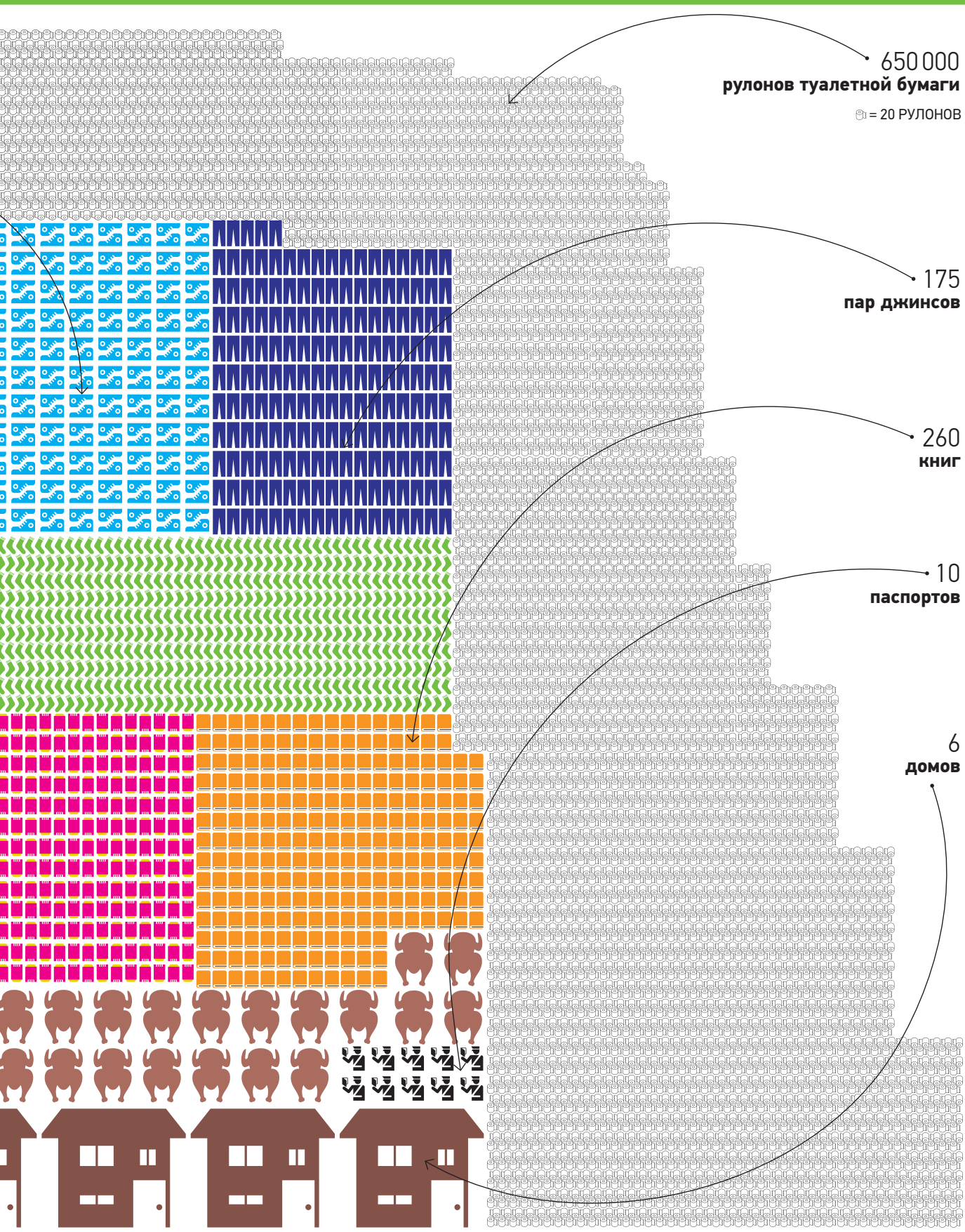
В мире есть много групп, не строящих крупные сложные общества, и имущества у них мало. Например, танзанийский народ хадза: у людей скудные запасы материальных благ, но они приучены делиться. Однако большинство наших современников живут иначе — они окружены вещами и одержимы практически неутолимым желанием иметь больше.

Каковы же шансы, что нам удастся преодолеть привычку владеть лишним? Видимо, нулевые, ведь вещи так нужны нам, чтобы выживать и сигнализировать о своем социальном статусе. Мечты, мечты...

Ты есть то, чем ты владеешь

Трепетное отношение к имуществу — одна из определяющих человеческих черт; шимпанзе прекрасно без всего обходятся. Задумывались ли вы, сколько всякой всячины побывает у вас в собственности за целую жизнь?





650 000
рулонов туалетной бумаги

1 рулон = 20 рулонов

175
пар джинсов

260
книг

10
паспортов

6
домов

Когда мы сменили мех на одежду?

Люди отличаются от человекообразных обезьян очень многим, но особенно бросается в глаза, насколько по-разному мы выглядим голыми. Шимпанзе, бонобо, гориллы и орангутаны почти целиком покрыты шерстью. А мы почти целиком нет.

Мы не особенно задумываемся о том, как мало на нас шерсти. А все потому, что почти всегда одеты, словно утрата шерсти, покрывавшей наших далеких предков, оказалась крупной ошибкой.

В каком-то смысле так и было. Люди возникли в Африке, где гораздо труднее охладиться, чем согреться. Отсутствие шерсти там было преимуществом, особенно если учесть, что наша система охлаждения — это потоотделение, которое работает плохо, если ты покрыт шерстью. Но как только мы стали безволосыми, наши горизонты сузились. Стоило нам забраться слишком далеко на север или на юг — и в таком суровом климате мы уже не могли выжить.

Определенно это больше не проблема. Современные люди расселились по всему земному шару. А помогла нам в этом, помимо других технологий, одежда

(огонь и жилища тоже, но их труднее носить при себе, чем свитер). Одежда не только согревает и защищает от сырости, она служит и другим целям. Это важный социальный сигнал: она рассказывает, кто мы.

Закутайтесь потеплее

Таким образом, появление одежды стало важной вехой в доисторическом развитии человека. Увы, тоже покрытой тайной. Одежда делается из биоразлагаемых материалов — шерсти, меха, кожи, растительных волокон, — так что от нее почти ничего не остается. Самые древние предметы одежды, дошедшие до нас, сделаны всего несколько тысяч лет назад, но мы знаем, что люди обрели одежду значительно раньше: жители Сибири, перешедшие на Аляску по сухопутному Берингийскому перешейку 15 000 лет назад, в разгар последней ледниковой эпохи, наверняка были во что-то одеты. Да и если углубиться дальше в прошлое, трудно представить себе, чтобы те, кто колонизировал Европу 40 000 лет назад, обходились совсем без одежды: им же нужно было как-то согреться.

Надежная обувь

Самому древнему цельному башмаку около 5500 лет. Он обнаружен в пещере в Армении и сделан из цельного куска коровьей шкуры и кожаного шнура. Однако обувь наверняка изобрели гораздо раньше, и это подтверждается косвенными данными. В одной китайской пещере найдены кости пальца стопы возрастом 40 000 лет, свидетельствующие, что их владелец привык носить башмаки.

Археологи измерили плотность костей, изучили их форму и сравнили с костями американцев XX века, а также с костями эскимосов и индейцев позднего доисторического периода. Башмаки влияют на походку. Пальцы ног сгибаются гораздо меньше, поэтому и нагрузка на кости не такая сильная, что и приводит к красноречивым анатомическим различиям. У современных носителей обуви пальцы на ногах маленькие и хиленькие, а у босоногих индейцев — крепкие и крупные. Эскимосы, носившие обувь, находятся где-то посередине. Кости, найденные в Китае, больше напоминали эскимосские, а это значит, что их владелец регулярно носил башмаки.



Старый коричневый
башмак, стачанный
5500 лет назад

Есть косвенные археологические свидетельства, что одежду изобрели в глубокой древности. Одетые люди изображены на наскальных рисунках во Франции, созданных 15 000 лет назад, правда, подлинность их сомнительна. Древнейшим швейным иглам около 40 000 лет, а скребки для выделки шкур существовали уже полмиллиона лет назад, но и то и другое могло использоваться не для изготовления одежды. А что касается вопроса, когда наши предки стали безволосыми, тут надежных данных еще меньше.

К счастью, археология нам не нужна. Когда мы оголились и когда после этого оделись, подскажут неожиданные свидетели — вши. Для большинства видов млекопитающих вши — досадная правда жизни. Большинству приматов досаждают единственный, специализированный вид, хотя орангутаны и гиббоны почему-то избавлены от этой напасти. Но людям, с нашими островками волос и одеждой, посчастливилось иметь дело аж с тремя кровососами — головными, лобковыми и платяными вшами*. Приходится признать, что мы — самые вшивые из всех.

Зато вши знают все о том, как мы лишились волос. Видимо, раньше у нас тоже был единственный вид вшей, живший в волосах, простиравшихся от макушки до пят. То был предок современной головной вши — *Pediculus humanus*. Когда мы лишились большей части шерсти на теле, среда обитания вши сузилась. Зато открылись новые территории — лобковые волосы. Они жестче волос на голове и слишком толстые для нежных и деликатных головных вшей — те не могут за них цепляться. Этим воспользовался вид *Pthirus pubis*, лобковые вши. Они гораздо крупнее и крепче головных (недаром их прозвали “крабами”). Любят они селиться и в усах, бороде, бровях, волосах подмышками и на груди, а иногда и на голове.

Может показаться, что лобковые вши произошли от головных, но это не так: их ближайшие ныне живу-

щие родственники — вши горилл, *Pthirus gorillae*. В какой-то момент в прошлом этот вид перекинулся с горилл на людей. Как именно — вопрос скользкий. Однако генетические данные показывают, что эти виды вшей разошлись около 3,3 млн лет назад, а следовательно, уже тогда у наших предков волосы на голове и на лобке росли отдельно. Это невероятно давно — задолго до появления *Homo sapiens*. Мы всегда были безволосыми.

Путеводная нить

А как же одежда? Когда доисторические люди начали прикрывать наготу, они создали еще одну новую нишу для вшей. На сей раз головные вши успели первыми. Платяная вошь напоминает головную, только больше и крепче. Несомненно, они близкие родственницы.

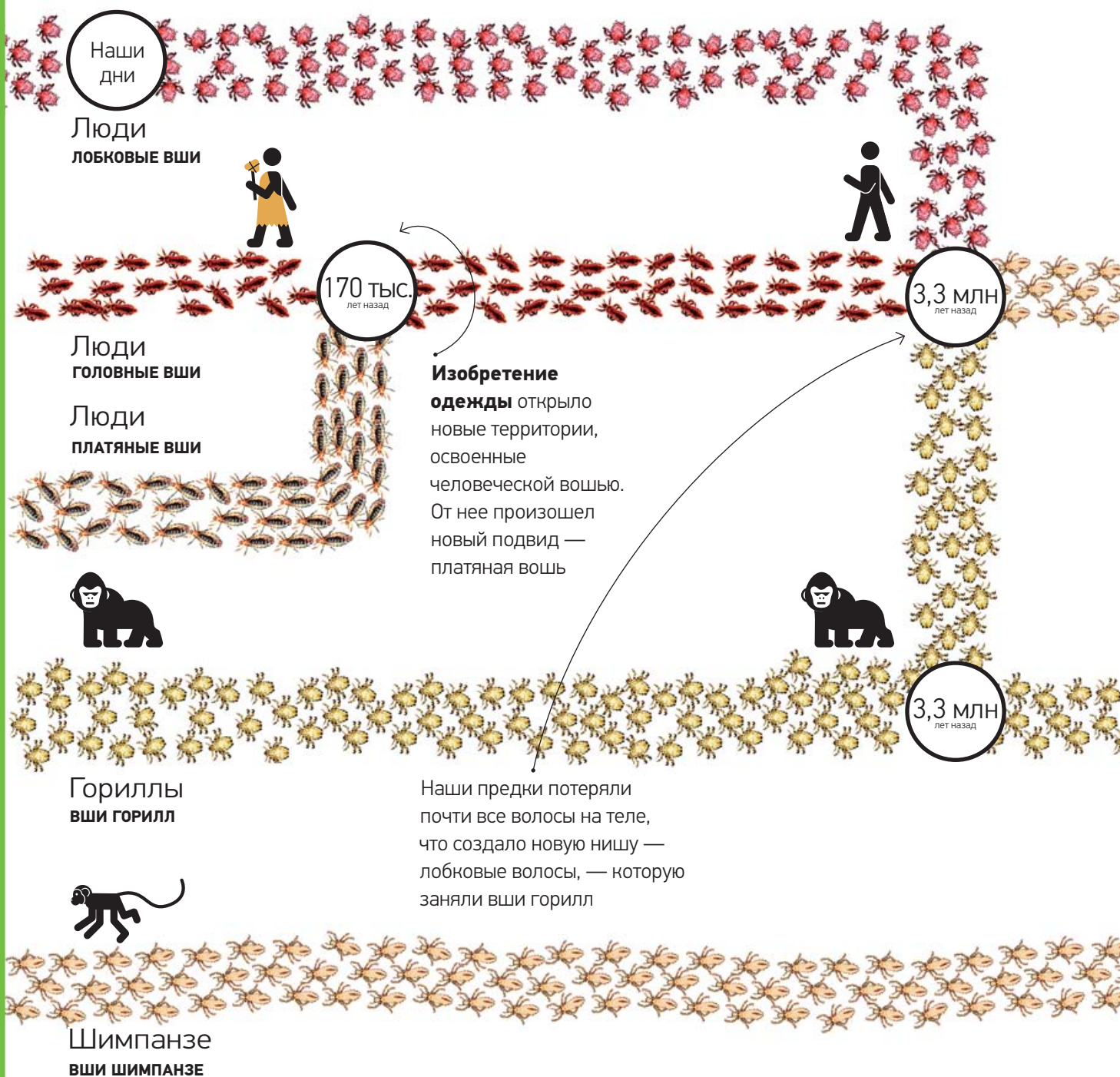
Но все же у них есть различия, позволяющие генетикам датировать момент расхождения. Недавний анализ показал, что общий предок головных и платяных вшей жил как минимум 83 000, а возможно, и 170 000 лет назад. Видимо, наши пращуры начали носить одежду еще до того, как мигрировали из Африки, чтобы захватить мир. Если так, возникает соблазн предположить, что одежда им в этом помогла.

Как именно выглядела первая одежда и из чего она была сделана, можно только догадываться. Но изобретение одежды совпало с пробуждением символической культуры, поэтому резонно предположить, что к функциональности вскоре прибавились и мода, и шик. Красивые меха, жаль, что вшей так много.

* Головные и платяные вши — два подвида одного вида, человеческой вши (*Pediculus humanus*).

О вшах и людях

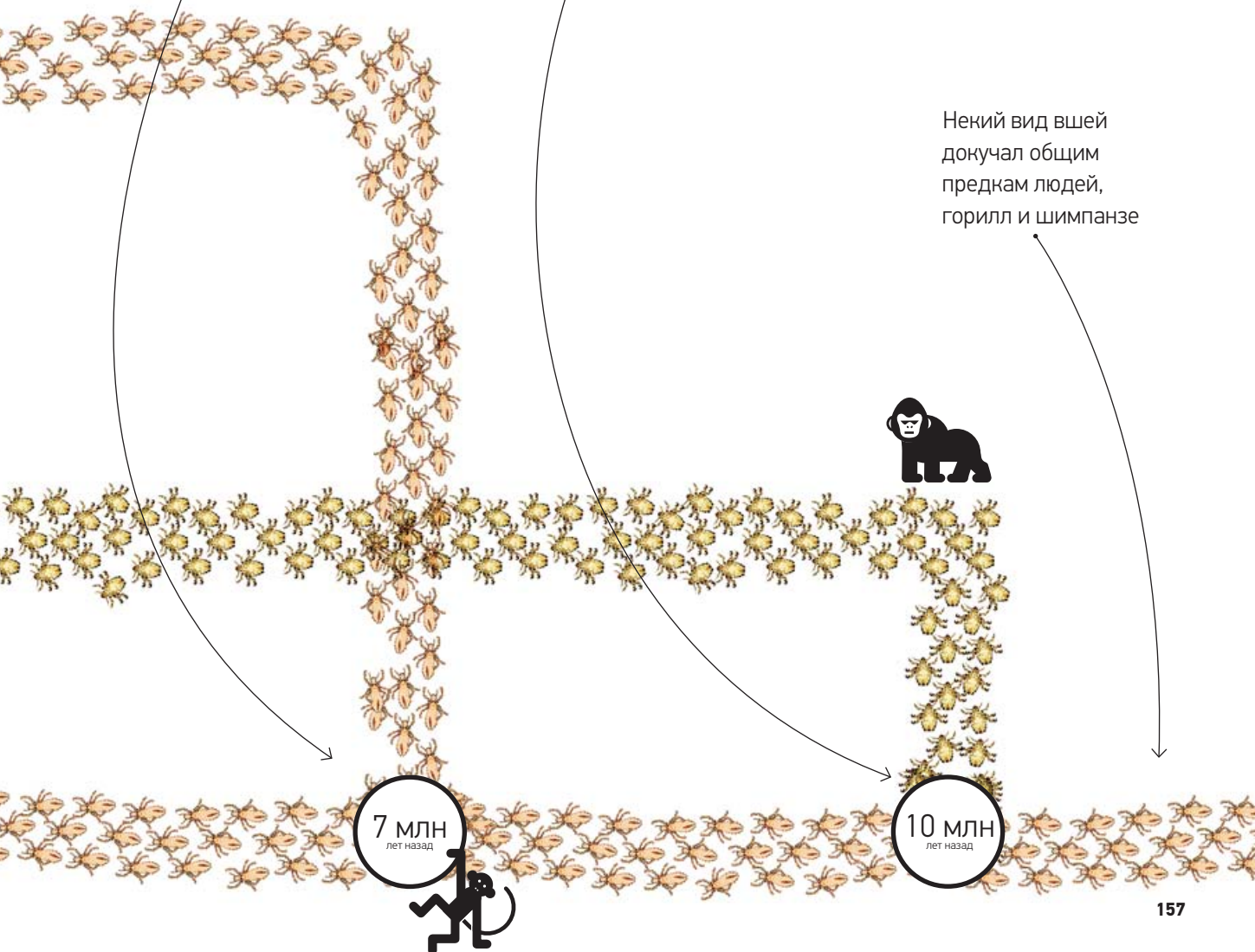
Эволюционная история вшей многое говорит о нашей собственной истории, например, когда мы потеряли шерсть на теле, начали носить одежду — и, возможно, слишком сблизилась с гориллой.



У шимпанзе также появился собственный вид вшей, когда линии шимпанзе и людей разделились

Когда линия горилл отделилась, вши на них тоже эволюционировали в отдельный вид, приспособленный к грубой шерсти

Некий вид вшей докучал общим предкам людей, горилл и шимпанзе



Как звучала первая музыка?

В глубинах конголезских джунглей живут самые музыкальные люди на планете. Это племя охотников-собирателей мбензеле, которые почти не покидают лес. Ни радио, ни телевидения у них нет, контакты с внешним миром минимальны, и все же их музыкальные композиции для голоса, хлопков и барабанов сравнивают с самой сложной симфонической музыкой за невероятную гармонию и полиритмию.

Мбензеле — едва ли не лучшее доказательство, что музыка — часть человеческой природы. Музыка есть во всех культурах, как язык и религия. Музыкальность — одна из черт, которые делают нас людьми, причем одна из самых труднообъяснимых.

Чарльз Дарвин описал музыкальность как одну из самых таинственных наших способностей. Он предположил, что вначале был музыкальный праязык — что-то вроде брачной песни, как у птиц, — который затем разделился на два разных умения: музыку и речь.

Другие ученые полагали, что музыка — это своего рода тренировка мозга, оттачивающая разные ментальные навыки, в том числе память и эмоциональность. Или “тортик для слуха”, который так нравится нам по чистой случайности — поскольку мы наделены другими умственными способностями, например распознаванием образов. К сожалению, эти гипотезы почти ничем не подтверждаются.

Обрести свой голос

Отчасти дело в том, что происхождение музыки затеряно в веках. Древнейшие дошедшие до нас музыкальные инструменты — это остатки костяных дудочек, обнаруженные в европейских пещерах, где были и наскальные рисунки. Этим дудочкам от 15 до 42 тысяч лет — именно в тот период наблюдался расцвет творчества.

Одна из самых древних дудочек, так называемая флейта из Дивье-Бабе, была найдена на территории нынешней Словении среди останков неандертальцев. Некоторые ученые считают, что те ее сделали и играли на ней. Это было бы интересно: если неандерталь-

цы были музыкальны, значит, и наш общий с ними предок тоже, что отодвигает момент возникновения музыки еще как минимум на полмиллиона лет в прошлое. Но доказательств нет, тем более ранняя музыка, скорее всего, просто пелась голосом.

Изучать глубинные корни музыкальности логично на животных. Правда, в целом здесь исследовать почти нечего, большинство животных к музыке безразличны. Обезьяны между музыкой и тишиной неизменно выбирают тишину, а кроме того, не отличают гармонию от какофонии. В этом смысле они напоминают людей, страдающих амузией — редким неврологическим расстройством, лишаящим человека обычного, инстинктивного восприятия музыки. Для таких

Звери — звезды дискотек

Многие животные умеют двигаться в ритме музыки. Пожалуй, главная знаменитость — большой желтохохлый канаду Снежок. В 2009 году по Сети стремительно разошелся ролик, где попугай зажигательно отплясывает под песню группы *Backstreet Boys*, идеально попадая в ритм. Когда ученые поискали в интернете подобные ролики, то обнаружили еще 14 разных животных с развитым чувством ритма, в том числе попугаев ара, азиатских слонов и молодого морского льва по кличке Ронан. Еще на полутысяче видео под музыку двигались другие животные — собаки, утки, совы, — правда, в ритм не попадали (впрочем, чувство ритма есть и не у всех людей).



несчастных музыка не более чем утомительный шум, а все ноты звучат примерно одинаково; кто-то даже не в состоянии отличить музыку от бульканья водопровода. Вероятно, у таких людей в мозге отсутствует система, делающая нас восприимчивыми к музыке, стало быть, музыкальность — черта исключительно человеческая.

Пение птиц

Однако царство животных не полностью лишено музыкального слуха. Многие птицы поют сложные мелодии и способны выучивать новые. Рисовки различают музыкальные стили: предпочитают мелодии Баха атональным сочинениям Шёнберга и любят Баха больше, чем тишину.

Но это не делает их музыкальными в полном смысле слова. У птичьих песен есть конкретная функция. Поют преимущественно самцы, и их задача — привлечь подругу и обозначить территорию. Мы же исполняем и слушаем музыку с самыми разными целями: да, секс, налаживание отношений и территориальные притязания входят в их число, но еще с помощью музыки мы меняем свой эмоциональный настрой, служим богам, вдохновляемся, сосредотачиваемся или просто получаем удовольствие.

Еще люди сочиняют новую музыку, изобретают новые стили и ищут новых музыкальных впечатлений. А певчие птицы, даже самые умелые, ограничиваются своим базовым репертуаром. В целом считается, что музыкальность — уникальная черта нашей эволюционной линии, но это не проливает света на происхождение музыки.

Однако есть одно свойство музыки, которое уходит в эволюционное прошлое еще глубже: ритм. В отличие от лада и гармонии, восприятие ритма одинаково во всех музыкальных культурах. Младенцы реагируют на ритм задолго до того, как начинают ценить гармонию. И к нему небезразличны многие другие животные.

Наши ближайшие ныне живущие родственники восприимчивы к ритму. Дикие шимпанзе бараба-

нят по хорошо резонирующим объектам, например по корням деревьев. А когда исследователи дали бонобо из зоопарка в Джексонвилле ударную установку, те быстро научились на ней играть.

Многие из “музыкальных” животных принадлежат к социальным видам, и некоторые ученые полагают, что это неспроста. Вероятно, между восприятием ритма и социальным поведением есть связь, имеющая отношение к координации деятельности. Ритм служит своеобразным социальным клеем. И бонобо, и шимпанзе живут большими группами, в которых отдельные особи должны оценивать чужие действия и реагировать на них. Возможно, заблаговременный просчет перемещений группы по времени и синхронизация своих действий с чужими укрепляют нейронные сети, участвующие в распознавании ритма.

Кулинарная рапсодия

Социальная координация, наверное, требовалась нашим предкам и для изготовления орудий, охоты, приготовления пищи. Со временем подобные занятия могли приобрести явный ритм, поскольку при работе под размеренные звуки легче согласовывать действия — вспомните матросские или другие рабочие песни.

Повторяющиеся ритмические движения, вероятно, тоже возникли для укрепления связей внутри группы, социальных уз, необходимых для выживания.

Если это так, наша музыкальность началась с чувства ритма. По прошествии тысячелетий она стала значительно утонченнее, чем у всех остальных животных. Как и почему это произошло, мы, вероятно, так никогда и не узнаем, но это не мешает нам получать удовольствие, никому больше не доступное. Результаты сканирования мозга показывают, что музыка активирует те же участки мозга, что и пища, секс и наркотики. Рок-н-ролл жив!

Чистейшая гармония

Первые две ноты из *Somewhere Over the Rainbow*

Пары нот вместе звучат красиво, если их частоты — зависящие от длин вибрирующих струн — относятся друг к другу как два целых числа. Эти математические соотношения иллюстрируются фигурами Лиссажу: чем сложнее узор, тем менее гармоничен звук.

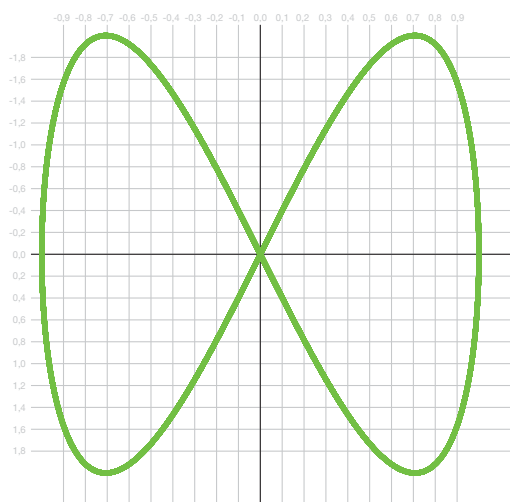
МАКСИМАЛЬНЫЙ
КОНСОНАНС

МАКСИМАЛЬНЫЙ
ДИССОНАНС



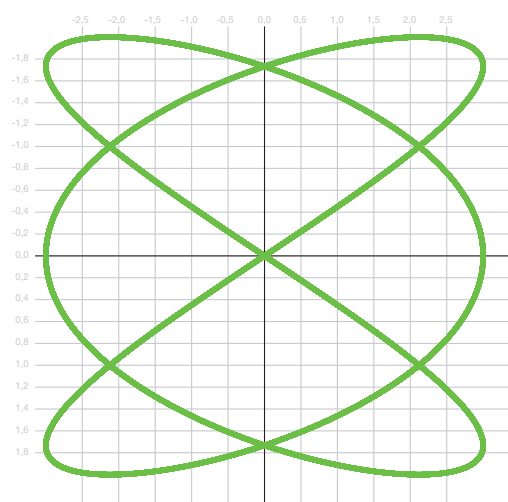
Октава

1:2 (например, $a = 1$, $b = 2$ (1:2))



Квинта

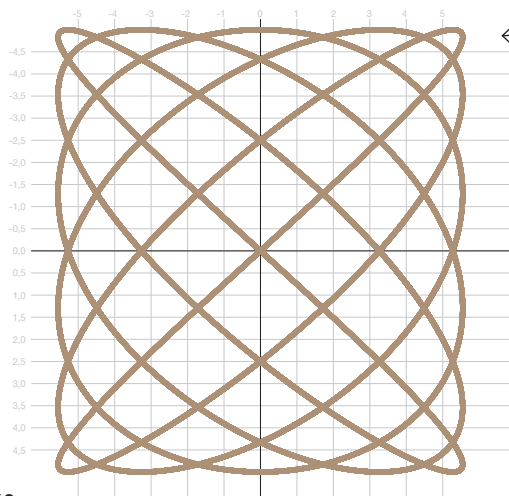
3:2



Первые две ноты "Зеленых рукавов"

Малая терция

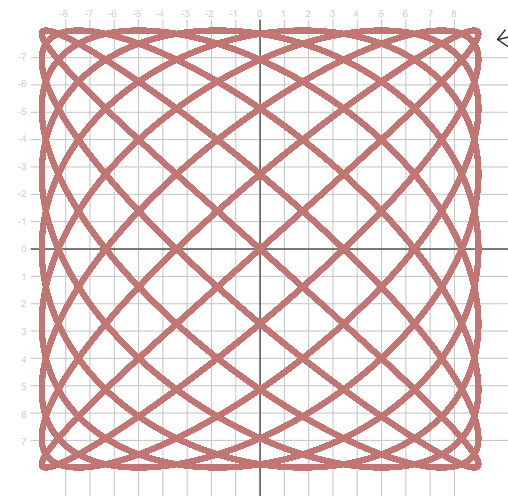
6:5



Большая секунда

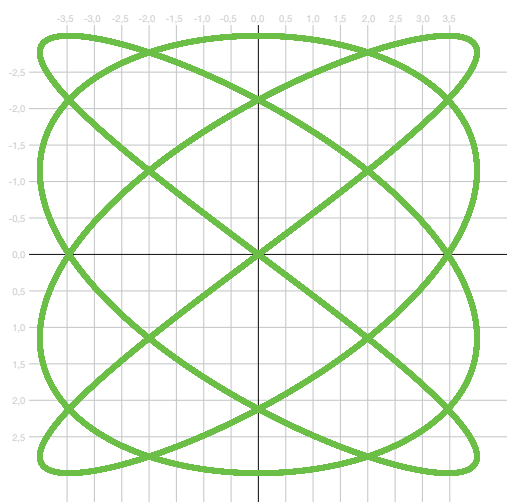
9:8

До и ре в "до-ре-ми"

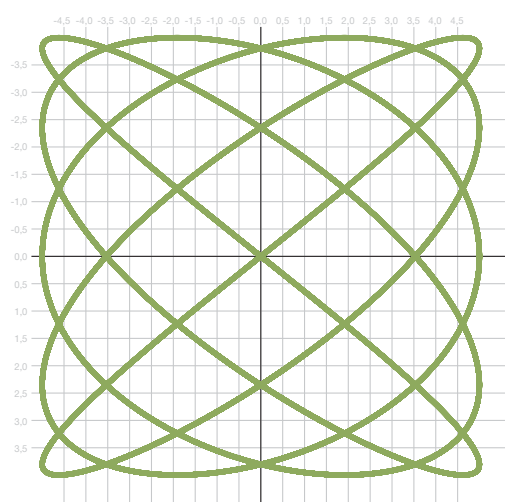
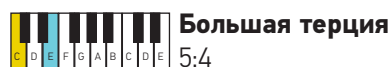


Переход от первого
ко второму слову
в *Twinkle Twinkle
Little Star*

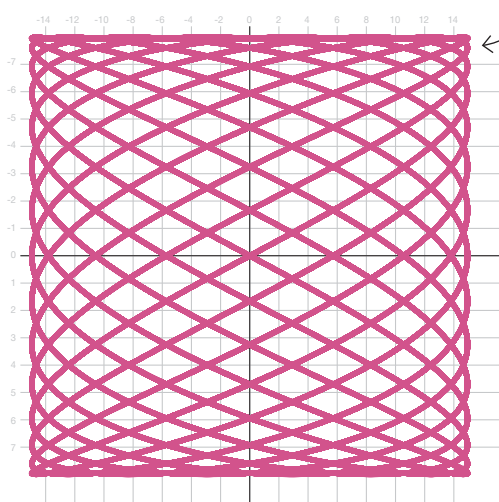
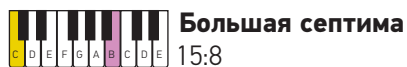
Первые две ноты
в *Auld Lang Syne*



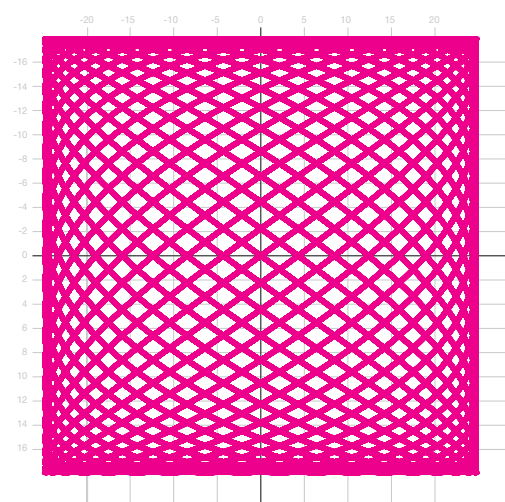
Первые две ноты
из *Kumbaya*



Первые две ноты припева *Take on Me*



Слышится во вступлении
Purple Haze



Кто изобрел туалетную бумагу?

1850-е годы были золотой декадой чистоты в быту.

Именно тогда родились и стиральная, и посудомоечная машина. Но ни то ни другое изобретение не было столь революционным, как творение Джозефа Гайетти из Нью-Йорка. В рекламе в журнале *Scientific American* он объявил, что это “величайшее, ни с чем не сопоставимое открытие” и “главное достижение нашего времени”. Далее мелким шрифтом шло пояснение, что имеется в виду: “Лекарственная бумага Гайетти”, первая туалетная бумага, поступившая в продажу в США.

Заявление Гайетти оказалось неожиданно провокационным. Сегодня рулон туалетной бумаги — предмет первой необходимости в каждом доме, но в 1850-х сама мысль, что кто-то заплатит звонкой монетой за “подтирку”, была встречена дружным издевательским хохотом. Чем плохи страницы, вырванные из газет, журналов и каталогов, или кукурузная шелуха, которые так прекрасно решали эту задачу и так мало стоили? Некоторые американские издатели даже делали у каталогов дырочку в уголке, словно мирились с фактом, что страницы будут висеть в уборной и использоваться как туалетная бумага.

Где солнце не светит

Особенно неприветливо встретили бумагу Гайетти медики. Как пишет Ричард Смайт, автор книги “Подтирка. Занимательная история туалетной бумаги”, их смущала претензия на то, что новая бумага якобы лечит геморрой, и вскоре страницы ведущих медицинских журналов запестрели их жалобами.

Однако Гайетти при всех своих громких заявлениях был не первым, кто изобрел туалетную бумагу. Китайцы додумались до этого на несколько сотен лет раньше. Бумага широко применялась в Китае со II века, и люди очень скоро перестали читать и начали подтираться. Даже император Хуньу, кровавый тиран, правивший в XIV веке, показал, в чем его слабое место, заказав для своих императорских покоев 15 000 листов экстрамягкой парфюмированной туалетной бумаги.

Судя по всему, китайцы первыми придумали и другой важнейший предмет личной гигиены — зубную щетку. Жевательные палочки для поддержания зубов в чистоте применялись во многих древних культурах, более того, все цивилизованные люди пользовались для зубной гигиены теми или иными инструментами, но именно щетки появились лишь в XV веке, в эпоху династии Мин. Их делали из грубой свиной щетины, с деревянной или костяной ручкой. Европейцы, побывавшие в Китае, привозили зубные щетки домой, и так это изобретение попало на Запад.

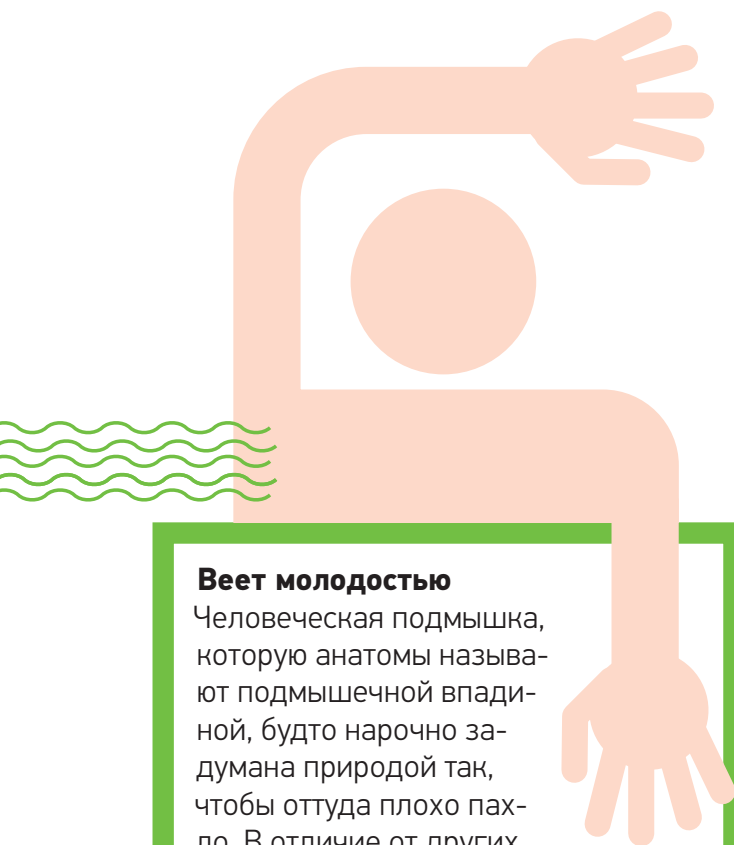
Зубную пасту придумали еще раньше. Древние египтяне, греки и римляне чистили зубы самыми разными субстанциями, хотя основными ингредиентами служили одни и те же простые абразивы: зола, яичная скорлупа, пемза, угольный порошок, древесная кора, соль, толченые кости или ракушки. Мыло — изобретенное в Вавилоне около 2800 года до нашей эры — было другим важным ингредиентом. Римляне добавляли еще ароматические вещества, чтобы бороться с дурным запахом изо рта. Первую мятную зубную пасту, по всей видимости, изобрели китайцы, причем задолго до появления зубной щетки.

Пучок листьев

Однако симпатией к туалетной бумаге китайцы никогда не заразили. Жители Британии довольствовались пучками листьев или клочками шерсти. Аристократы применяли лоскутки льняного полотна. Точнее, применяли за них другие: в руководстве для слуг XIV века дан совет “камергеру стула” в критический момент держать наготове “тряпицу для зада”.

С распространением печатной прессы в ход пошли ненужные страницы книг и брошюр. Как выразился писатель XVII века Томас Браун: “Того, кто написал много книг и имеет много детей, в некотором смысле можно назвать благодетелем общества, поскольку он снабжает его подтиркой и солдатами”.





Веет молодостью

Человеческая подмышка, которую анатомы называют подмышечной впадиной, будто нарочно задумана природой так, чтобы оттуда плохо пахло. В отличие от других участков кожи, которые делаются на сухие, влажные и сальные (жирные), подмышка одновременно и влажная, и сальная, поскольку там высока плотность потовых и сальных желез. Кроме того, там много апокриновых потовых (пахучих) желез, которые выделяют смесь жиров и белков. Влажная, богатая органическими веществами среда идеальна для бактерий: они колонизируют кожу, питаются кожным салом и другими питательными веществами и извергают зловонные отходы, которые и придают поту характерный резкий запах.

Гайетти был не единственным, кто пытался получить с туалетной бумаги прибыль. Но именно его продукт вызвал бурю. Гайетти утверждал, что листки его бумаги “тонкие, как банкнота, и плотные, как ватман”. Но медицинское сообщество особенно возмутилось его заявлением, будто типографская краска ядовита и вызывает геморрой, а его бумага как раз таки “лечит и предотвращает”. Все это неправда, что не помешало, однако, многим компаниям продвигать туалетную бумагу как лекарственное средство вплоть до 1930-х годов.

Вскоре медицинские журналы перешли в наступление. В *New Orleans Medical News and Hospital Gazette* писали: “Мистер Гайетти из Нью-Йорка обнаружил, что общественное сознание готово к любым разновидностям обмана”. *The Medical and Surgical Reporter* обвинял Гайетти в том, что тот злоупотребляет доверием публики: Гайетти, мол, собирается “спустить с покупателей последние штаны”. Редакцию журнала *The Lancet* беспокоили не широкие массы, а участь хирургов, которые неплохо зарабатывали на геморрое пациентов. “Их профессия потерпела поражение. Все, что нужно, — лишь простой листок бумаги со штампом «Гайетти»”.

Жемчужина в навозной куче

Хотя туалетная бумага и не лечила геморрой, публика оценила ее удобство по достоинству, и вскоре появилось множество аналогичных товаров. Однако ожидания потребителей, похоже, были не особенно высоки. В 1930-х годах фирма *Northern Tissue* умудрилась построить рекламную кампанию на том, что в ее бумаге “нет заноз”!

Сегодня в индустрии туалетной бумаги только в США крутится 3,5 млрд долларов в год, и средний потребитель расходует более 20 000 листов ежегодно. Прибавьте к этому 3 млрд долларов, уходящих на зубную пасту и ополаскиватели для рта, и станет ясно, что личная гигиена с обоих концов пищеварительного тракта — дело нешуточное.

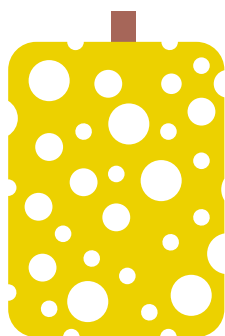
Стереть прошлое

Туалетную бумагу изобрели в средневековом Китае, но она не распространилась по миру. В качестве “подтирки” применяли что угодно — буквально все, что попадалось под руку.

ИМПЕРАТОРСКИЙ КИТАЙ

Бумага

Бумагу изобрели около 100 года нашей эры, и, согласно историческим источникам, макулатуру применяли в гигиенических целях уже к концу VI века. Промышленное производство туалетной бумаги было налажено в XIV веке. В документе 1393 года сказано, что для императорского двора династии Мин было изготовлено 720 000 гигантских листов туалетной бумаги — 60 на 90 см



ДРЕВНИЙ РИМ

Терсорий

Губка, пропитанная уксусом, вином или соленой водой, на конце палки

АЗИЯ. XIII ВЕК

Рука

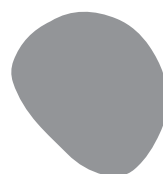
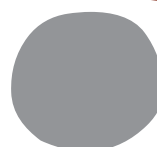
Во многих культурах было принято подтираться только левой рукой, а есть только правой



АРАВИЯ. IX ВЕК

Камешки

В изречениях пророка Мухаммеда упоминается “подтирание камнями”, после чего уточняется, что при этом надо делать нечетное число движений и держать камни только левой рукой



ВИКИНГИ

Овечья шерсть



СРЕДНЕВЕКОВАЯ БРИТАНИЯ

Хлопчатобумажная или льняная ткань

Аристократам подтираться помогали специально обученные слуги — “камергеры стула”



ПЕРВЫЕ АМЕРИКАНСКИЕ ПОСЕЛЕНЦЫ

Сушеная кукурузная шелуха

ЭСКИМОСЫ

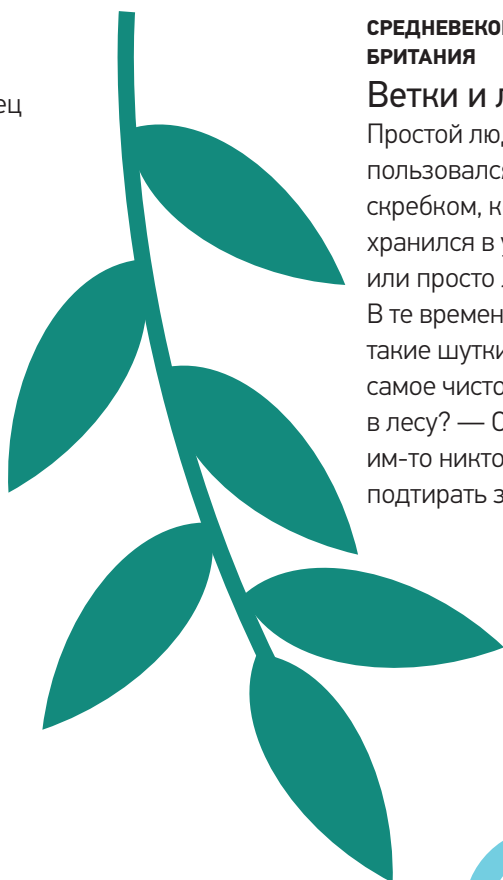
Летом — мох, зимой — снег



МОЛЯКИ НА КОРАБЛЯХ

Канат

Разлохмаченный конец корабельного каната, который держали в ведре с морской водой



СРЕДНЕВЕКОВАЯ БРИТАНИЯ

Ветки и листья

Простой люд пользовался особым скребком, который хранился в уборной, или просто листьями. В те времена были такие шутки: “Какое самое чистое дерево в лесу? — Остролист, им-то никто не станет подтирать зад!”



РЫБАКИ. XVIII ВЕК

Ракушки

АМЕРИКАНЦЫ. XIX ВЕК

Каталог *Sears Roebuck*

Каталоги часто издавали с дырочкой в верхнем левом углу, чтобы их проще было повесить в уборной

ЕВРОПЕЙЦЫ. XVIII ВЕК

Страницы книг, журналов и альманахов



ФРАНЦИЯ. XVII ВЕК

Изобретенное биде

В Италии с 1975 года установка биде в новой ванной стала обязательной

Глава 5



Знания

170 Письменность

178 Единицы мер и весов

174 Нуль

182 Счет времени

186 Политика

190 ХИМИЯ

194 Квантовая механика

Когда мы начали писать?



Если вам хочется записать все до единой мысли, какие только возникали у людей, вам понадобятся 26 абстрактных фигурок, несколько точек, черточек и закорючек и некоторое количество пробелов. Вот и все.

Письменность — одно из величайших изобретений в человеческой истории, а может быть, и величайшее, поскольку без письменности не было бы и истории. До появления письменности все мысли были преходящи — либо их передавали устно, либо они обречались на исчезновение. Письменность позволила запечатлевать их независимо от смертного человеческого мозга — и накапливать. Как писал лингвист Питер Дэниелс в своей книге «Системы письменности мира»: «Человечество определяется языком, а цивилизация — письменностью».

По меркам существования человека как вида письменность изобрели совсем недавно. Люди говорят на разных языках не меньше 100 000 лет, но зачатки письменности возникли лишь около 35 000 лет назад.

Эти первые значки найдены в европейских пещерах на знаменитых наскальных росписях времен палеолита. Там среди изображений животных есть 26 абстрактных символов, в том числе геометрические фигуры, зигзаги, стрелки и скопления точек, нарисованные в одном стиле. Они повторяются в 146 пещерах возрастом до 10 000 лет во Франции, а некоторые символы обнаружены и в других местах по всему миру.

Что пишут на заборе

Первоначальный смысл этих символов, если он вообще был, затерян в веках, но ученые видят в них дразнящие намеки на письменность. Некоторые знаки часто встречаются парами, что характерно для ранних систем письменности, где сочетания двух символов означали новые понятия. Некоторые, вероятно, отражали часть общей картины. Например, W-образные значки, обнаруженные в пещере Шове, видимо, обозначали бивни мамонта без тела. Эта особенность — синекдоха — часто встречается в примитивных систе-

мах письменности, где предметы и идеи обозначаются картинками.

Помимо пещерных символов первые известные нам пиктографические надписи относятся к эпохе неолита, времени взрывных культурных преобразований. Одна из них состоит из 16 символов, выгравированных на черепаших панцирях, которые были обнаружены в местах захоронений в Цзяху в Китае; этим панцирям около 8500 лет. А еще есть протописьмо культуры Винча (Дунайское протописьмо) — десятки повторяющихся символов на сотнях предметов, найденных по всей юго-восточной Европе. Обе системы символов похожи на письменность, но расшифровать их не удалось, поэтому точно сказать нельзя.

Первое настоящее письмо, способное передать всю многосложность устной речи, возникло в шумерских городах 5300 лет назад. Эти клинописные знаки вы-

Грамотный мозг

Чтение — одно из самых поразительных наших умений. В отличие от устной речи, которую человеческий мозг запрограммирован воспринимать от природы, на то, чтобы научиться читать, уходят годы осознанных усилий. Мозг нужно научить использовать когнитивные модули, которые возникли в ходе эволюции для других целей (например, для распознавания образов), чтобы превращать последовательности абстрактных символов в язык. Так же трудно и научиться писать. На это нужно столько времени и сил, что всеобщая грамотность — явление очень недавнее.



Даже сегодня 15 % населения планеты не умеет читать и писать

давливались на глиняных табличках тростниковой палочкой и исходно служили системой учета (например, выдачи пива рабочим) — необходимое изобретение для все больше усложнявшегося общества. Поначалу письмо состояло из пиктограмм — скажем, пиво обозначалось изображением кувшина, — но около 4600 лет назад символы стали обозначать слоги, поэтому с тех пор могли использоваться для записи речи. К примеру, “стрела” обозначалась словом “ти”, поэтому пиктограмма стрелы обозначала слог “ти” в словах вроде “тил” — “жизнь”. Такое письмо называется слоговым; подобные системы используются и в некоторых современных языках, в том числе в японском.

От А до Я

Примерно в тот же период возникли две другие системы письма — египетские иероглифы и письменность долины Инда на территории нынешних Индии и Пакистана. Иероглифы по большей части логографичны, то есть каждый символ обозначает целое слово. Однако в них содержатся и зачатки алфавита, когда символы соответствуют отдельным звукам.

Это лишь горстка из сотен различных систем письменности, возникавших и исчезающих вместе с расцветом и падением цивилизаций. Их разнообразие просто поражает. Помимо слогового, логографического и алфавитного письма существует также консонантное (абджады), где, как в арабском, нет гласных.

Одни системы письма предполагают чтение слева направо, другие — справа налево, третьи — и то и другое: запись, дойдя до конца строчки, поворачивает и продолжается уже в противоположном направлении. Такой способ письма называется чудесным словом “бустрофедон”, которое означает “как бык поворачивает”.

Латинский алфавит зародился около 4000 лет назад как письменность для записи речи в древнем Египте. Поначалу это была пиктографическая система: скажем, буква А произошла от перевернутого изображения бычьей головы, которая называлась “алеф”.

Эту письменность переняли и приспособили для своих нужд города-государства на побережье Средиземноморья, а распространили ее по региону финикийские купцы. Финикийский алфавит состоит из 22 букв; вероятно, это первая чисто алфавитная письменность.

Около 3000 лет назад его позаимствовали и адаптировали греки. Затем римляне позаимствовали его у греков, отбросив несколько букв и кое-что добавив. Сегодня латинским алфавитом пользуются около 5 миллиардов человек, и это самая распространенная система письменности из примерно 35, что бытуют сейчас в мире. Благодаря латинскому алфавиту и другим системам письма нам доступны мысли и переживания людей, которые жили и умерли столетия назад.

Однако многие древние записи, увы, так и остаются тайной за семью печатями: расшифровать их не удалось. Это и письменность долины Инда, и протоэламское письмо из Ирана, и линейное письмо А, которое оставила нам минойская цивилизация на Крите, и ронго-ронго с острова Пасхи. Более того, многие языки так и остались неписьменными. Сегодня на планете говорят примерно на 7000 языков, однако письменная традиция есть лишь у ничтожной доли из них.

Потерянные и обретенные

Некоторые системы письменности придумывали искусственно, чтобы заполнить пробел. В 1440-х годах была создана корейская азбука хангыль, а в 1820-х — письменность чероки. Последней, в 200 году, возникла письменность языка кодава, на нем говорят (и все больше пишут) 200 000 человек в Индии.

Чтобы письменность не вышла из употребления, нужно ее всячески поддерживать, поэтому список исчезнувших систем письма очень длинен. Но в целом письменностью пользуются чем дальше, тем больше, поскольку для связи все шире применяются компьютеры и мобильные телефоны. Историки будущего получат в свое распоряжение гораздо больше наших мыслей, хотя стоят ли они того, чтобы их читать, — это еще вопрос. ИМХО.

Первая письменность?

Французские пещеры славятся доисторическими наскальными рисунками. Однако в 146 местах, где росписи сделаны 35–10 тысяч лет назад, на стенах встречаются еще и 26 символов, напоминающих буквы. Мы не знаем, что они обозначали — если вообще что-то обозначали. Но может быть, это пиктограммы, символизирующие предметы.



Линия

70 % мест
35 000–10 000
лет назад



Точка

42 % мест
35 000–10 000
лет назад



Угол

42 % мест
35 000–10 000
лет назад



Овал

30 % мест
35 000–10 000
лет назад



Перо

25 % мест
Впервые появился
25 000 лет назад



Круг

20 % мест
35 000–10 000
лет назад



**Четырех-
угольник**

20 % мест
35 000–10 000
лет назад



Треугольник

20 % мест
35 000–10 000
лет назад



Веер

18 % мест
35 000–10 000
лет назад



**Полу-
окружность**

18 % мест
35 000–10 000
лет назад



Решетка

17 % мест
35 000–10 000
лет назад



Булава

15 % мест
35 000–10 000
лет назад



Присоска

15 % мест
35 000–10 000
лет назад



Царапины

15 % мест
35 000–10 000
лет назад



Рука-негатив

15 % мест
30 000–13 000
лет назад



Крест

13 % мест
35 000–10 000
лет назад



Крыша

10 % мест
25 000–13 000
лет назад



Птица

Менее 10 % мест
30 000–13 000
лет назад



Рука-позитив

7 % мест
30 000–13 000
лет назад



Змейка

7 % мест
30 000–13 000
лет назад



Гребень

5 % мест
Впервые появился
25 000 лет назад



Зигзаг

7 мест
20 000–13 000
лет назад



Сердечко

3 места
30 000 и 15 000
лет назад



Лестница

3 места
Впервые появился
25 000 лет назад



Спираль

2 места
25 000 и 15 000
лет назад



Почка

Редкий
35 000–13 000
лет назад

Некоторые символы обнаружены и в других местах, что заставляет задаться вопросом, не разработали ли ранние люди систему символьной коммуникации

Франция



Северная Америка



Австралия



Южная Америка



Испания



Южная Африка



Центральная Африка



Восточная Африка



Малайзия



Индия



Китай



Италия



Северная Африка



Борнео



Чехия



Бирма



Португалия



Новая Гвинея



Как мы открыли ничто?

У одного человека было семь коз. Трех он обменял на зерно, трех дал в приданое трем своим дочерям, а одна потерялась. Сколько коз у него осталось?

Никакого подвоха в этом вопросе нет. Однако, как ни странно, на протяжении почти всей истории человечества у нас не было математического ресурса, который позволил бы дать ответ. Есть доказательства того, что мы научились считать уже пять тысяч лет назад. Но, даже по самым смелым оценкам, математическое понятие ничего — нуль — не существует и полновыны этого срока.

История нуля — это история о счете и математике. Но это запутанная история о двух разных нулях: нуле как символе, обозначающем ничто, и нуле как числе, применимом в вычислениях и обладающем собственными математическими свойствами. Естественно думать, что это одно и то же. На самом деле нет.

Нуль как символ появился первым. Это тот самый нуль, который мы знаем по числам вроде 2019.

Чтобы уразуметь, что значит 2019, надо владеть понятием “позиционная система счисления”. К счастью, это несложно. Им владеет любой младшеклассник, знающий, что такое единицы, десятки, сотни и так далее. 9 в записи 2019 означает девять, 1 — десять, а 2 — две тысячи. Нуль играет важнейшую роль: он подсказывает, что в этом числе нет сотен. Если бы не он, мы легко спутали бы 2019 с 219 или 2190.

Первая позиционная система счисления применялась для расчета смены времен года и лет в Вавилоне начиная приблизительно с 1800 года до нашей эры. Она была шестидесятеричной, а не десятичной, как мы привыкли, поэтому гипотетический вавилонский младшеклассник изучал бы 3600-е, 60-е и единицы. Система работала неплохо, но у нее был один вопиющий недостаток: если на ту или иную позицию не нужно было ничего ставить, вавилоняне просто оставляли пробел. Это приводило к путанице между числами.

Около 300 года до нашей эры, вероятно, чтобы искоренить подобные ошибки, вавилоняне ввели для

обозначения пустой позиции новый символ: $\lambda\lambda$. Таким был первый в мире нуль. Прошло семьсот лет, и на другом конце планеты жрецы-астрономы майя изобрели нуль во второй раз.

Очевидно, что как метка-заполнитель в системе счисления нуль — понятие очень полезное. Но ни вавилоняне, ни майя не поняли, какую пользу принес бы нуль, если бы считался полноправным числом.

Да, нуль — не самое желанное дополнение к пантеону чисел. Его признание вызывает всевозможные понятийные новшества, при неосторожном обращении с которыми вся система может рухнуть. Если добавить нуль к чему-нибудь (или отнять), он, в отличие от всех остальных чисел, ничего не изменит. Но стоит умножить любое число на нуль — и оно само схлопнется в нуль. А уж что будет, если мы поделим число на нуль, лучше даже не задумываться.

Не смотри в пустоту

Древняя Греция, следующая цивилизация, решившая поэкспериментировать с этим понятием, отнеслась к нулю без особого энтузиазма. Древнегреческая математика строилась на представлении, что числа обозначают геометрические фигуры, а какой фигуре можно поставить в соответствие то, чего нет? Кроме того, по представлениям древних греков, планеты и звезды встроены в систему концентрических небесных сфер с Землей в центре, приведенных в движение “перводвигателем”. В такой космологии не было места пустоте, так что нуль был понятием богопротивным. Эту картину мира позже охотно переняла христианская философия.

Восточная философия, основанная на идеях вечных циклов сотворения и разрушения, подобных сомнений не знала. Следующая веха на пути нуля — это трактат “Брахма-спхута-сиддханта” об отношениях математики с физическим миром, написанный около 628 года нашей эры индийским астрономом Брахмагуптой.

Как обозначать ничто

Понятие нуля придумали в Индии 14 веков назад, однако математики того времени, судя по всему, как-то обходились без символа 0. В 662 году сирийский ученый Север Себохт писал, что великие индийские математики производят вычисления “при помощи девяти знаков” — предположительно, от 1 до 9. Первая дошедшая до нас запись числа 0 появилась 214 лет спустя в храме города Гвалияр на севере Индии — это округлый символ, в котором сложно узнать привычный нам ноль.



В этой записи речь идет об участке земли длиной в 270 хаст. Хаста — индийский эквивалент локтя

Брахмагупта был первым, кто относился к числам как к абстрактным количествам — вне связи с физической или геометрической реальностью. Это дало ему возможность поставить новые вопросы, например, что будет, если вычесть из меньшего числа большее. С геометрической точки зрения это нонсенс: какая площадь останется, если вычитаемая окажется

ся больше? Но как только числа стали абстрактными сущностями, открылись новые перспективы — мир отрицательных чисел.

Из ничего в герои

В итоге возникла концепция непрерывной числовой оси, уходящей в обе стороны далеко, насколько хватает глаз, с положительными и отрицательными числами. А в самой середине этой оси, на границе между положительными и отрицательными числами — шунья, пустота. Новое число вскоре объединилось с нулем-символом. Так появилась полностью абстрактная система представления чисел, которой пользуются теперь во всем мире и которая вскоре породила новый подход к математике — алгебру.

До Европы эта новинка добиралась долго. Лишь в 1202 году итальянский математик Фибоначчи детально разработал новую систему счета и показал, насколько она лучше счетных досок, абаксов, когда нужно проделывать сложные вычисления. Купцов и банкиров долго убеждать не пришлось, а вот у властей оказалось другое мнение. В 1299 году город Флоренция запретил ноль как число: возможность увеличить число в десять раз, просто приписав ноль на конце, была сочтена откровенным приглашением к мошенничеству.

Европейские математики начали постепенно избавляться от оков аристотелевской космологии только после коперниковской революции — разрушительного для хрустальных небесных сфер открытия, что Земля движется вокруг Солнца. И началось это лишь в XVI веке.

Итак, понимание сущности нуля стало катализатором последовавшей научной революции. Дальнейшие события показали, что ноль насущно необходим математике и всему, что на ней строится. Когда мы сегодня смотрим, как ноль тихонько сидит себе на положенном месте в числе, не верится, что ему удалось когда-то вызвать столько споров и сумятицы. Тот случай, когда мы имеем полное право сказать: много шума из ничего!

Герои...

ИНДИЯ ок. 600–660

Арифметика Брахмагупта

Первым сформулировал правила сложения, вычитания, умножения и деления с участием нуля.

Ноль плюс положительное число — положительное число

Ноль плюс отрицательное число — отрицательное число

Ноль плюс **ноль** — **ноль**

Ноль минус положительное число — отрицательное число

Ноль минус отрицательное число — положительное число

Ноль минус **ноль** — **ноль**

Любое число, умноженное на **ноль**, — **ноль**

Любое число, деленное на **ноль**, — **ноль**

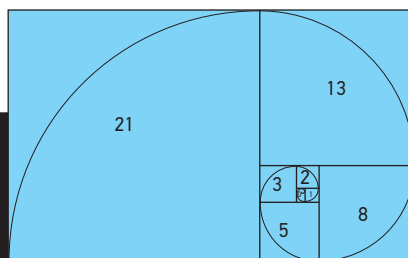
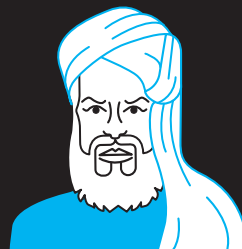
Если в разряде десятков нет никакого числа, нужно вписать туда кружок, чтобы “не сбивать ряды”. Этот кружок по-арабски назывался “сифр” — “пустота”. В конце концов сифр стал нулем

ПЕРСИЯ ок. 780–850

Алгебра Аль-Хорезми

Поспособствовал распространению индийской системы счисления, где ноль — кружок — помечал пустую позицию. Кроме того, разработал методы решения задач, которые мы называем “алгебраическими”.

.	0
١	1
٢	2
٣	3
٤	4
٥	5
٦	6
٧	7
٨	8
٩	9



Знаменитая последовательность Фибоначчи: каждый следующий член — сумма двух предыдущих



ИТАЛИЯ ок. 1170–1250

Вычисления Фибоначчи

Популяризировал индо-арабскую систему счисления в Европе, показав, как практически применять символ “ноль” в коммерции.

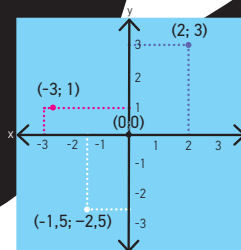


ФРАНЦИЯ 1596–1650

Аналитическая геометрия Рене Декарт

Создал систему координат, в которой пара чисел соответствует точке на плоскости, а уравнениям — кривые. Тем самым объединил геометрию и алгебру.

Центр декартовой системы координат — (0;0)



Теперь мы считаем, что это неверно



АНГЛИЯ 1642–1726

Математический анализ

Исаак Ньютон

Разработал новую область математики — математический анализ, — позволявшую описывать движение и изменения при помощи очень малых интервалов, стремящихся к нулю.

Ньютон хотел понять, почему планеты, вращающиеся вокруг звезды, движутся по эллиптическим орбитам



1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010

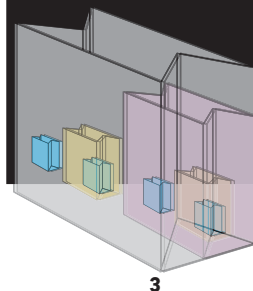
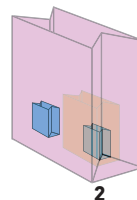
ГЕРМАНИЯ 1646–1716

Двоичная система счисления

Готфрид Лейбниц

Разработал математический анализ независимо от Ньютона и опубликовал свои результаты первым. Кроме того, изобрел двоичную систему счисления, где используются только цифры 1 и 0. На ней основана работа современных компьютеров.

В двоичной системе счисления на каждой позиции числа, начиная с крайней правой, вместо привычных для нас степеней десятки стоит количество единиц, двоек, четверок, восьмерок и так далее

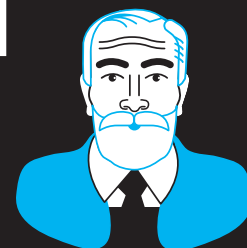


Его методы используются для того, чтобы выводить космические зонды и обсерватории на стабильные орбиты

ФРАНЦИЯ 1736–1813

Астрономия **Жозеф Луи Лагранж**

Рассчитал положение точек в пространстве, где гравитационное притяжение близлежащих объектов уравновешивается и суммарная сила равна нулю.



ГЕРМАНИЯ 1848–1925

Теория множеств **Готлоб Фреге**

Искал ответ на вопрос, как определять числа без объектов. Предложил начать с множества, не содержащего ничего: это пустое множество, или ноль.

Как нет ничего в пустом пакете, так и пустое множество не имеет элементов. Его можно применять для определения всех остальных чисел, формируя множества, содержащие пустое множество

Когда мы обрели меры вещей?

Чего не можешь измерить — над тем ты не властен.

Наше общество буквально пронизано этим духом. И так было всегда: во всех древних культурах изобретались системы измерения расстояния, массы, объема, площади и времени. История пестрит отжившими свое единицами измерения — бушелями, локтями, чейнами, рудами, аршинами, пядями и так далее.

Неудивительно, что метрология — наука точная. Любая система мер и весов должна быть основана на стандартных единицах, понятных и общепринятых. Вот почему такие системы нередко были связаны с телом человека: например, локоть — расстояние от локтя до кончика среднего пальца. Мы до сих пор пользуемся подобными единицами — скажем, футами.

Другой подход — ориентироваться на природные объекты, которые всюду примерно одинаковы: например, массу драгоценных камней измеряли в семенах рожкового дерева; от греческого слова, обозначающего “рог”, и произошли позднее “караты”.

Какое-то время этого было достаточно, но в конце концов стало понятно, что такие меры слишком уж неточны. Тогда эталоны единиц разных величин стали высекать в камне или гравировать на металле и хранить в правительственных зданиях, например в афинском Акрополе. Там можно было точно узнать, сколько это — дактиль (палец) или, скажем, кохлиарион (ложка).

Революция мер и весов

Современная метрология родилась в горниле Великой французской революции. Ее лидеры хотели выработать новое национальное самосознание и потому отвергали все наследие старой системы, включая сумбурную коллекцию мер и весов. В итоге сложилась упорядоченная, логичная метрическая система.

Первоначально в ней было всего две единицы — килограмм и метр. Килограмм определялся как масса литра воды при температуре таяния льда, что мгновенно привязало его к метру (литр — это куб со стороной 10 см). А метр — как одна десятиллионная часть расстояния от Северного полюса до экватора. Не-

удивительно, что точно измерить метр было непросто. Пришлось семь лет взбираться на колокольни от Дюнкерка до Барселоны, определяя расстояния между ними и отслеживая положение Полярной звезды.

В дальнейшем эталоны обеих единиц изготовили из металла: платиновый цилиндр массой ровно один килограмм и платиновый брусок длиной ровно метр.

То была самая точная и научная система в истории, но она по-прежнему зависела от переменных величин. Еще до 1875 года, когда метр сделали международным стандартом, многие сетовали, что это слишком неопределенная мера. Например, физик Джеймс Клерк Максвелл утверждал, что единицы, определяемые по расстояниям на Земле, принципиально нестабильны, ведь поверхность планеты постоянно меняется.

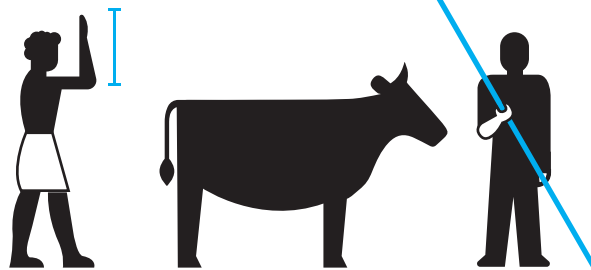
В 1870-х годах американский математик Чарльз Сандерс Пирс предложил блестящий выход из положения: определять метр на основе длины световой волны. Так родилась идея основывать единицы мер и весов на фундаментальных постоянных природы. Отсюда выросла современная научная система единиц физических величин, известная как система СИ.

Но это произошло далеко не сразу. Стражи мер и весов перешли к решительным действиям лишь

Пальцы, локти и палки

Локоть — расстояние от кончика среднего пальца до локтя.

Род (“прут”) — единица длины, равная 5,5 ярда и удобная для измерения площади. Один акр равен 160 квадратным родам.



Неуловимая единица

Самое нестрогое определение в системе СИ досталось амперу, единице измерения силы электрического тока: “сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 метр силу взаимодействия, равную 2×10^{-7} ньютона”. Понятно, не правда ли? Если нет, не огорчайтесь: все равно это невозможно измерить. Где, скажите на милость, взять проводники бесконечной длины?

в 1960 году. Они отправили платиновый брусок на свалку истории и заменили его метром, основанным на спектре излучения атома криптона-86. В 1983-м определение метра снова изменилось — на расстояние, которое свет проходит за $1/299792458$ секунды.

В 1960 году родилась и система СИ. Помимо метра, она задала международные стандарты шести других “основных единиц”: килограмма, секунды, кельвина, ампера, моля и канделы (единицы силы света). Эти основные единицы в разных сочетаниях дают все остальные — джоули, герцы, ватты, омы и прочие. Таких “производных единиц” в системе СИ около двадцати.

Однако проблемы метрологии на этом не кончились. Определения пяти из семи основных единиц по-прежнему оставляли желать лучшего. Скажем, секунду связывали с вращением Земли, а оно понемногу меняется. Эту проблему удалось урегулировать в 1967 году, однако остальные четыре оставались нерешенными. Если бы система СИ была человеком, можно было бы сказать, что у него лишний вес, температура, моль в шкафу и нет искры в глазах.

Все это совсем не шутки. Единицы измерения должны быть одинаковы для всех и где угодно. Отсутствие универсальной системы чревато катастрофами: так, НАСА в 1999 году из-за путаницы между метри-

ческой и английской системами мер потеряла спутник *Mars Climate Orbiter*, стоивший 125 млн долларов.

Самая весома проблема — килограмм, до сих пор определяемый физическим эталоном: цилиндром из платино-иридиевого сплава, отлитым в 1870-х годах*.

Примерно тогда же было изготовлено еще около 40 эталонов килограмма. Одни хранятся в штаб-квартире Международного бюро мер и весов в Севре близ Парижа, другие — в метрологических лабораториях по всему миру. Время от времени эталоны сверяют друг с другом. В 1949 году метрологи обнаружили, что масса эталонов за прошедшее время изменилась примерно на 50 микрограмм — это неприлично большая погрешность. В 1989 году проверку повторили, но проблема никуда не делась.

Вечные и неизменные

Проблема килограмма затронула и моль, при помощи которого химики измеряют количество вещества. Моль определяется как количество атомов в 0,012 килограмма углерода-12. Это же просто смешно!

Единица температуры кельвин тоже не очень-то служит поставленной цели. Ее приравнивают к $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды, в которой сосуществуют лед, пар и жидкость. Для большинства задач стодится и такое определение, но по техническим причинам оно затрудняет измерения очень низких и очень высоких температур. С ампером все еще хуже.

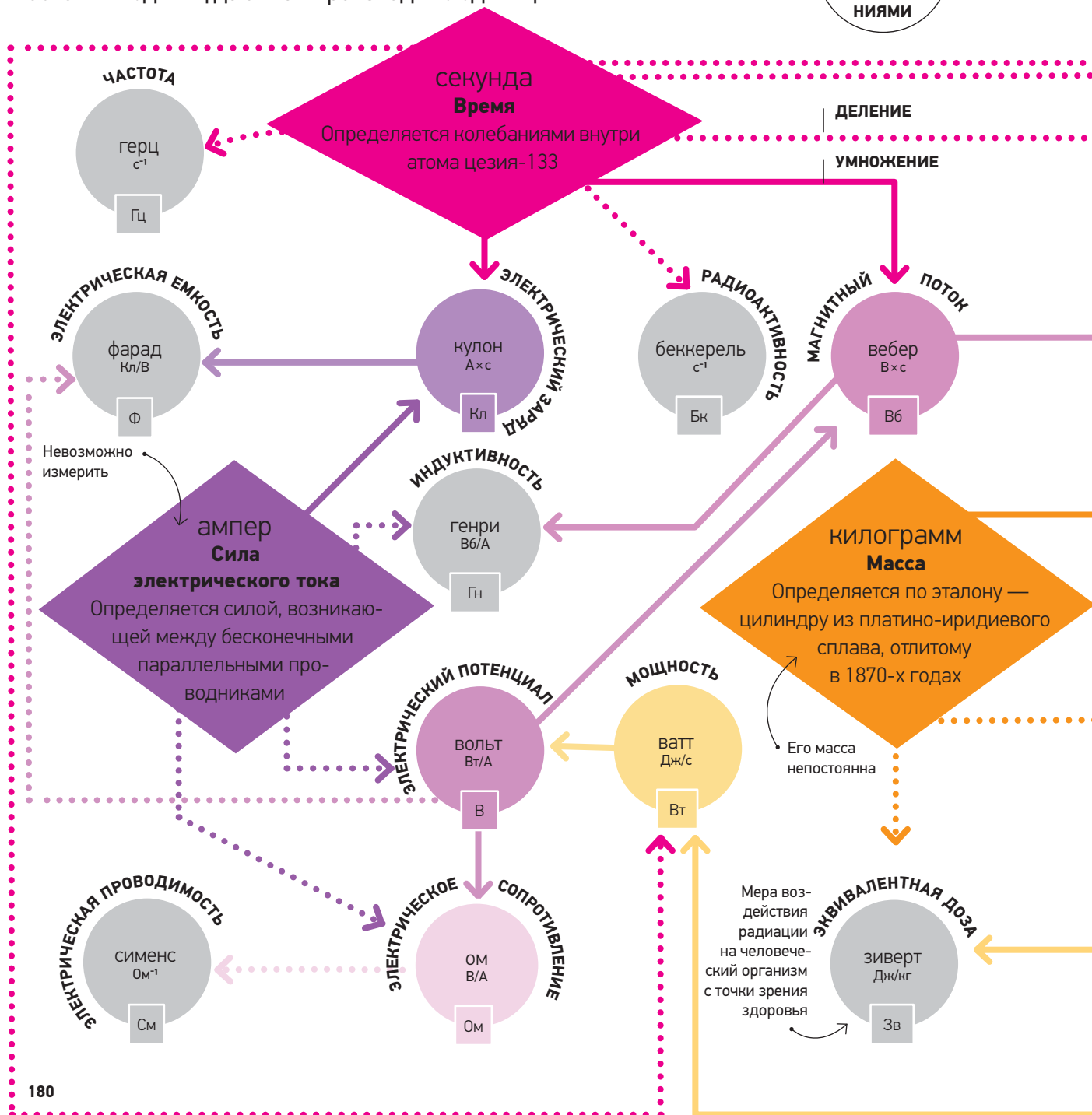
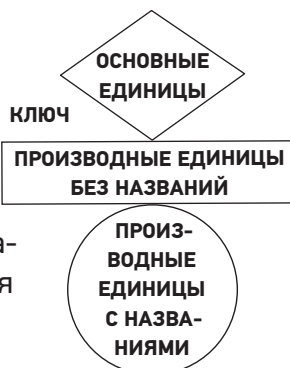
Метрологи прекрасно осведомлены об этих сложностях и стараются привязать все основные единицы к фундаментальным постоянным. Когда это удастся, мы впервые в истории обретем систему мер и весов, покоящуюся на незыблемых основаниях**.

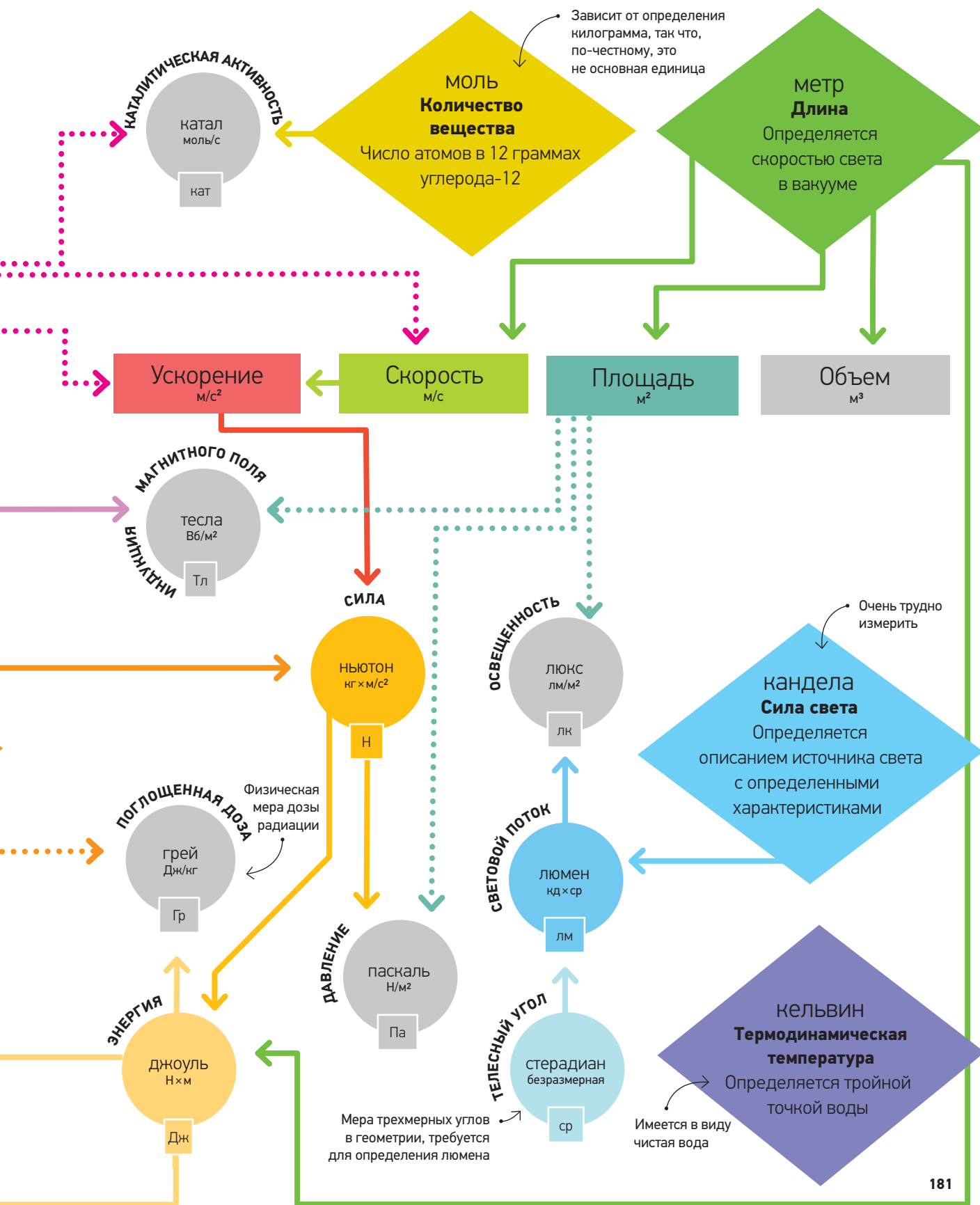
* В 2019 году эталон массы в Международной системе единиц (килограмм) был привязан к постоянной Планка.

** В 2019 году введена независимая от материальных объектов система, основанная на физических константах. Ура!

По единице для всего

Вся физическая реальность может быть количественно охарактеризована с помощью всего лишь семи основных единиц измерения. Сочетания основных единиц дают нам производные единицы.





Кто первым начал следить за временем?

Взгляните на секундную стрелку часов. Иногда кажется, будто она не монотонно движется по кругу, а на миг замирает — и снова приходит в движение. Иллюзия “замершего времени” возникает из-за особенности нашего зрения: когда глаза двигаются слишком быстро, оно отключается, а мозг заполняет пробелы тем, что, как считает, пропустил. Это наглядная иллюстрация наших проблем с измерением времени.

Время — явление, мягко говоря, неуловимое. Оно то летит, то бесконечно тянется, а иногда и вовсе будто останавливается. Мы воспринимаем его как неуловимый конвейер из множества “сейчас”, который тянется из прошлого в будущее, но не уверены, что он существует на самом деле: может, это какое-то фундаментальное свойство Вселенной, вроде массы или пространства, а может, иллюзия, создаваемая мозгом.

Но скользкость времени не помешала нам попытаться ухватить его, придумывая все более точные способы формализовать его и измерить.

Наши ранние предки не могли не замечать ощущения “сейчас” и предсказуемой смены дней, времен года и лет. Но на протяжении почти всего доисторического периода людям вполне хватало природных хронометров: рассветов и закатов, фаз Луны и так далее. Своего рода календарями могли быть и мегалитические памятники вроде Стоунхенджа — вероятно, они предсказывали смену времен года, но тут приходится довольствоваться лишь предположениями.

Прообразы циферблата

Первые известные нам попытки выстроить формальную систему счета времени были предприняты примерно 4000 лет назад древними египтянами, которым пришлось в голову разделить день на более мелкие единицы. Древние солнечные часы, обнаруженные в Долине Царей, подсказывают, что световой день делился на 12 равных частей, предположительно, чтобы отслеживать рабочее время строителей пирамид (им тоже, наверное, иногда казалось, что время тянется бесконечно, особенно в разгар лета). Такой “прото-

час” менялся в зависимости от продолжительности светового дня — в середине лета он длился на 16 со-временных минут дольше, чем в середине зимы. Вероятно, именно поэтому древние египтяне изобрели еще и водяные часы, которые измеряли время независимо от Солнца и делили день на 24 равные части.

Следующим важным нововведением стало подразделение часа на еще более мелкие единицы. Впереди планеты всей оказались вавилоняне, которые около 300 года до нашей эры разбили день на 60 периодов, каждый из них — еще на 60 частей и каждую часть — еще на 60. Так они получили единицы, соответствующие нашим 24 минутам, 24 секундам и 0,4 секунды.

Каждая секунда на счету

Система, которой мы сегодня пользуемся, была изобретена к концу I века нашей эры, когда персидский ученый-энциклопедист Аль-Бируни взял за основу египетскую концепцию двадцатичетырехчасового дня и дважды поделил 24 часа на 60, создав минуты и секунды (последние так называются, потому что являются результатом второго деления на 60).

Секунда и сегодня остается фундаментальной единицей времени. Веками она сохраняла связь с солнечным циклом, поскольку определялась как $1/86400$ часть суток. Но ученые постепенно осознали ту же проблему, с какой столкнулись древние египтяне. Продолжительность суток не всегда четко одна и та же. Гравитационное притяжение Луны и Солнца потихоньку замедляет вращение Земли, так что сто лет назад сутки были чуть короче, а еще через сто будут чуть длиннее. Нестабильность атмосферы и жидкого ядра Земли также означает, что вращение планеты может непредсказуемо замедляться или ускоряться.

На повседневную жизнь все это не влияет. Но поскольку от секунды зависит очень много других единиц измерения, нельзя, чтобы она была переменной. В конце концов ученые нашли выход из положения, по сути такой же, как у древних египтян, только более хитроумный, чем просто капающая вода.

В 1967 году после многолетних дискуссий Международный комитет мер и весов принял новое определение секунды. Отныне она стала называться атомной секундой и определяться числом колебаний внутри атома цезия. Традиционная связь между астрономией и временем была разорвана.

Но каждые несколько лет астрономия все же напоминает о своем непредсказуемом влиянии. Можно сколько угодно измерять ход времени атомными часами, но сутки удлиняются, пусть и неощутимо, а значит, атомное время потихоньку расходится с земным.

Координировать до последнего

Для человека погрешность пренебрежимо мала — две-три минуты в столетие, но для науки недопустима. Поэтому в 1972 году родилась система дополнительных секунд, или секунд координации. Астрономы отслеживают вращение Земли при помощи самого надежного инструмента, какой смогли найти (в миллиардах световых лет от нас), — квазаров. Когда изменение вращения Земли грозит тем, что земное время отклонится от атомного больше, чем на 0,9 секунды, квазары подсказывают, что пора добавить или отнять дополнительную секунду. Пока они требовали только добавлять секунды. В результате появилось UTC — всемирное координированное время.

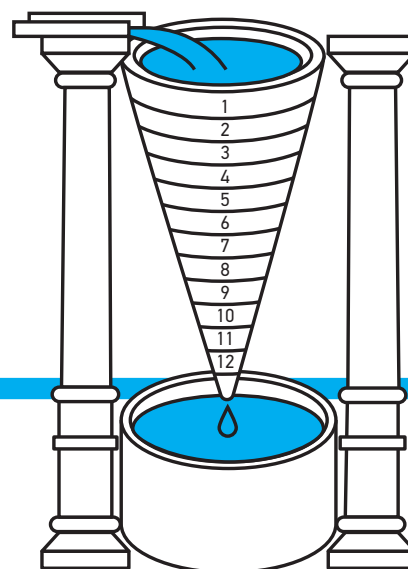
Желание измерять время все точнее нас не оставляет. Атомные часы потрясающе точны: погрешность первых надежных часов, изобретенных в 1955 году, составляла 1 секунду в 300 лет. С тех пор эту точность удалось многократно превзойти. В 2013 году американские ученые создали атомные часы, которые, если бы их запустили во времена “кембрийского взрыва”, 542 млн лет назад, к настоящему времени отстали бы или ушли вперед всего на полсекунды. А новейшие технологии сулят еще больше. Новое поколение часов — оптические — достигнуто скоро небывалого совершенства: работай они с момента Большого взрыва — 13,8 млрд лет! — и сегодня шли бы идеально точно.

Из глубины времен

Пожалуй, сложнее всего в этой затее со счетом времени было осознать, сколько же его. С позиции человеческой жизни уже тысячелетие трудно постижимо. А 13,8 миллиарда лет и вовсе в голове не укладываются. “Глубь времен” настолько противоречит здравому смыслу, что на ее открытие у нас ушло 4000 лет с момента изобретения счета времени.

До середины XVIII века считалось, что Вселенной всего несколько тысяч лет. Потом геологи постепенно осознали, что ошибались на несколько порядков. Им казалось, что исследуемые горные породы вечны и неизменны, но это было иллюзией. На самом деле страты, окаменелости и линии разлома свидетельствовали о невообразимо медленных изменениях, происходивших на протяжении головокружительно огромных периодов времени.

Первым устройством, которое освобождало счет времени от привязки к астрономии, были египетские водяные часы



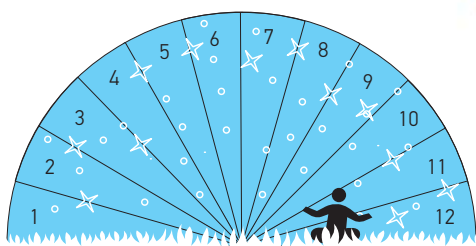
Волшебное число 12

Многие древние системы мер основывались на числе 12. Как правило, на смену двенадцатеричной системе приходила десятичная, однако счет времени по-прежнему строится на дюжине.

Схема пирамиды

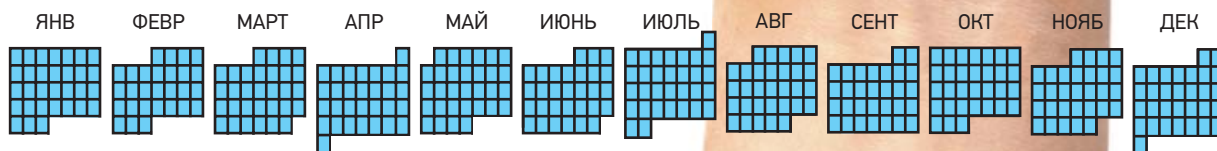
Первой цивилизацией, которая использовала двенадцатеричный счет времени, был, по-видимому, Древний Египет. Солнечные часы, обнаруженные в Долине Царей, показывают, что световой день делился на 12 равных частей.

Почему египтяне выбрали именно 12, не вполне понятно. Возможно, это число снизошло с небес: египетские астрономы делили ночное небо на 12 равных секторов.



А может, его подсказала анатомия человека. →

Или все дело в том, что год делится примерно на 12 лунных циклов.



На пальцах
Вероятно, основание 12 возникло потому, что на четырех пальцах одной руки 12 фаланг, которые можно пересчитать кончиком большого пальца...



12 дюймов
в футах



12 пенсов
в старом
шиллинге



12 тройских
унций в трой-
ском фунте



12 знаков
зодиака



12 полутонов
в октаве



36 дюймов
в ярде



36 галлонов
пива в барреле



Многие товары
продаются
дюжинами



А на пальцах другой
руки можно тогда
подсчитывать дюжины,
пока счет не дойдет
до 60 (5×12).

Такую систему широко применяют
в Азии, и она объясняет, почему
в системах мер и весов так
часто встречаются числа 12 и 60.
Счет на пальцах, вероятно, дал
и основание 10

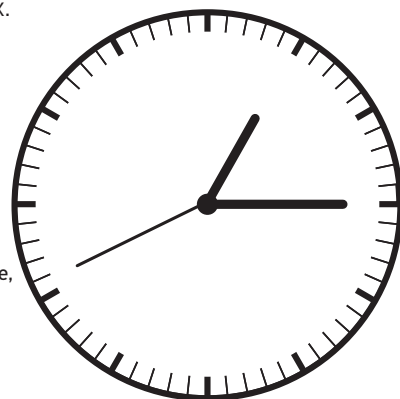
12 ... 24 ... 36 ... 48 ... 60 ...

Число 12 появляется в разнообразных
измерениях.

1×12
В году
12 месяцев

2×12
В сутках
24 часа

5×12
60 минут в часе,
60 секунд
в минуте



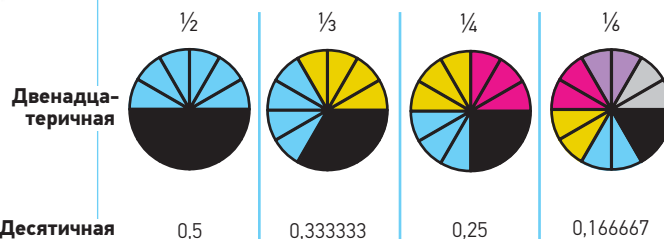
70-часовая неделя

Французские революцио-
неры попытались ввести
десятичное время: поде-
лили сутки на 10 часов
по 100 минут, а каждую
минуту на 100 секунд. Это
не прижилось.

$\times 1$
(12)

Чудесное число

12 делится нацело на 2, 3, 4 и 6, что
очень удобно в системах мер и весов,
где более крупные единицы часто
приходится разбивать на две, три или
четыре части.



Число 10 не так просто делить на части, при
этом получаются неудобные дроби вроде
"0 целых и 3 в периоде".

Когда мы начали спорить о политике?

Если вы когда-нибудь смотрели, как выясняют отношения соперничающие политики, и думали, что они как будто живут в разных мирах, вы, в общем-то, не ошибались. У политиков разногласия гораздо глубже идеологических — они биологические.

Люди — животные политические. Несмотря на современные ассоциации с профессиональными политиками и правительством, политика на самом деле не более чем вечный спор о том, как организовать общество и распределить власть и ресурсы. Этот спор идет тысячелетиями. Кочевым группам охотников-собирателей принимать такие решения было необходимо не меньше, чем нам.

В ранних обществах политика заключалась в основном в борьбе за власть между военачальниками. Но с приходом цивилизации борьба приняла более демократический характер. И тогда зародилось явление, впервые наблюдавшееся во Франции в последнее десятилетие XVIII века. В революционные времена французское общество раскололось по одной четкой линии. Одна сторона поддерживала монархию, церковь и прочие институты старого режима, другая — революцию. В законодательном собрании бюстители традиций сидели справа, а революционная фракция — слева.

Борьба за власть

В той или иной степени любая политика и до, и после Великой французской революции отражает все ту же фундаментальную разделительную линию. Политику можно понимать как борьбу между двумя конкурирующими импульсами — стремлением поддержать статус-кво или радикально изменить положение дел. Попробуйте вообразить современную политическую систему, которая не определяется борьбой между правыми и левыми, консерваторами и прогрессистами. Откуда берется это универсальное, судя по всему, разделение человеческого общества?

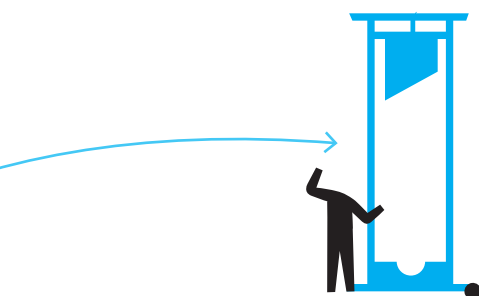
Принято считать, что политические пристрастия мы выбираем осознанно и рационально, на основании данных и доводов. Если у нас разные точки зре-

ния, то лишь потому, что мы приходим к разным выводам. Однако последние исследования показывают, что этим все не исчерпывается. Политика у нас в крови, а политические разногласия определяются глубинными биологическими причинами. Мало того: в целом мы не в силах их сознательно контролировать.

Исследования биологических корней политических убеждений начались в 1950-е годы, когда мир пытался понять, что такое тоталитаризм. В основном тот период запомнился формулировкой определения авторитарной личности. Однако противники теории возражали, что это применимо лишь к крошечной доле популяции, и интерес к теории заглох.

С этими водись, а с теми нет

Наши политические взгляды не определяются сознательным выбором. Психологические тесты, оценивающие бессознательные установки, то есть склонности, в которых мы не отдаем себе отчета, показывают это нагляднее всего: у приверженцев разных идеологий различаются и социальные предпочтения. Как правило, консерваторов сильнее, чем прогрессистов, тянет к людям высокого общественного положения и доминирующим общественным группам, например к белым и гетеросексуалам. А прогрессисты лучше ладят с представителями этнических и социальных меньшинств, хотя, важно отметить, тоже бессознательно тянутся к статусным группам, просто не так сильно.



В пылу споров о политике
недолго и голову потерять.
Как это показательно,
что “правыми” и “левыми”
политиков стали называть
во времена Великой
французской революции!

Но ученые что-то нащупали. Современные исследования показали, что личность и в самом деле влияет на политические воззрения. Когда психологи проникли в кабинеты и студенческие общежития, они обнаружили, что консерваторы и прогрессисты склонны по-разному организовывать пространство. Консерваторы ценят чистоту и традиционность и предпочитают вещи, помогающие поддерживать порядок. Комнаты прогрессистов сильнее захламлены, в них больше вещей, помогающих что-то исследовать.

Нравственный лабиринт

Ученые пришли к выводу, что внешние различия связаны с проявлением внутренних личностных черт: открытости опыту и добросовестности, двум качествам из “большой пятерки”, на которые, как известно, сильно влияет генетика.

Несколько исследований по этой теме показали, что у консерваторов больше потребность в “когнитивной завершенности” — превратить неопределенность в определенность, двусмысленность в однозначность.

Биологическая основа обнаружилась и в области моральных суждений. Прогрессисты считают, что страдания и неравенство аморальны, а консерваторов сильнее оскорбляют неуважение к власти и традициям и признаки сексуальной и духовной “нечистоты”. Оказалось, эти различия связаны с тем, легко ли пробудить в человеке отвращение.

Как правило, стимулы вроде запаха кишечных газов сильнее вызывают отвращение у консерваторов. Отвращение делает людей с любыми политическими пристрастиями более нетерпимыми к морально сомнительному поведению, но консерваторы реагируют резче. Вероятно, это объясняет разные точки зрения на однополые браки и нелегальную иммиграцию. Подобные нарушения порядка часто вызывают у консерваторов сильнейшее отторжение, поэтому они считают, что это морально недопустимо. Пробудить отвращение у либералов не так просто, потому они и не осуждают подобные явления столь сурово.

Различия выявлены даже в том, как люди видят мир, например, в их реакции испуга. У консерваторов сильнее выражен рефлекс испуга в ответ на внезапные громкие звуки: они чаще моргают и больше потеют. Кроме того, они сильнее реагируют на угрожающие изображения, смотрят на них чаще и дольше. Консерваторы чаще говорят, что считают мир местом опасным.

Начав поиск генетических корней таких различий, ученые вызвали массу критики и споров. И вот мы уже 25 лет знаем о высокой наследуемости политических взглядов. Однояйцевые близнецы гораздо чаще разделяют одинаковые политические убеждения, чем разнояйцевые, а значит, дело не только в общей среде, но и в общих генах.

Правые, левые и центристы

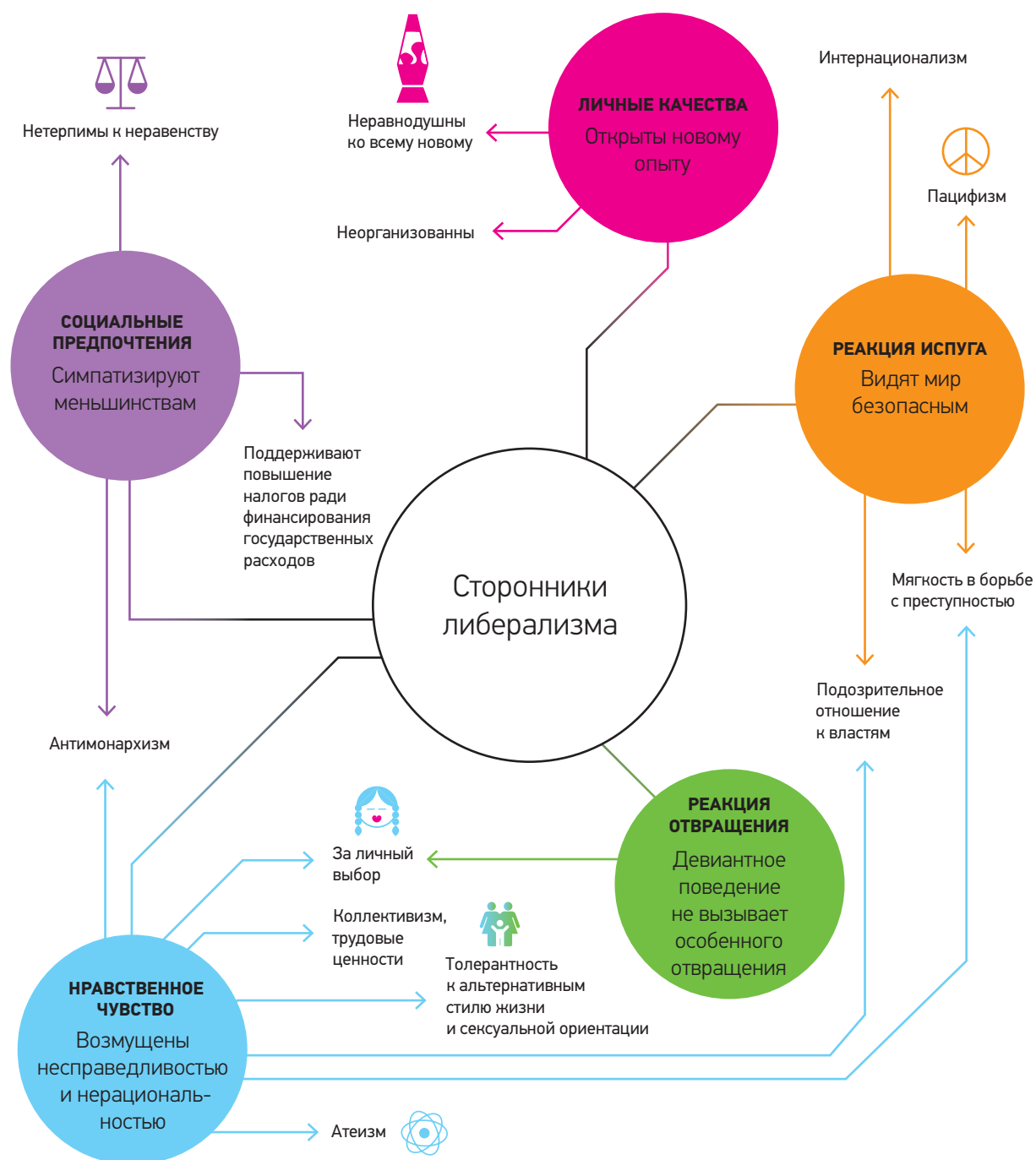
В последнее время генетики взялись искать конкретные гены, которые могут вносить свой вклад в идеологию. Никто, конечно, и не думает, что существуют отдельные “гены консерватизма” или “гены либерализма”, но внимание ученых привлек вариант 7R гена *DRD4*, отвечающего за дофаминовые рецепторы *D4*: этот вариант ассоциирован со склонностью к поискам новизны и с левым уклоном в политике.

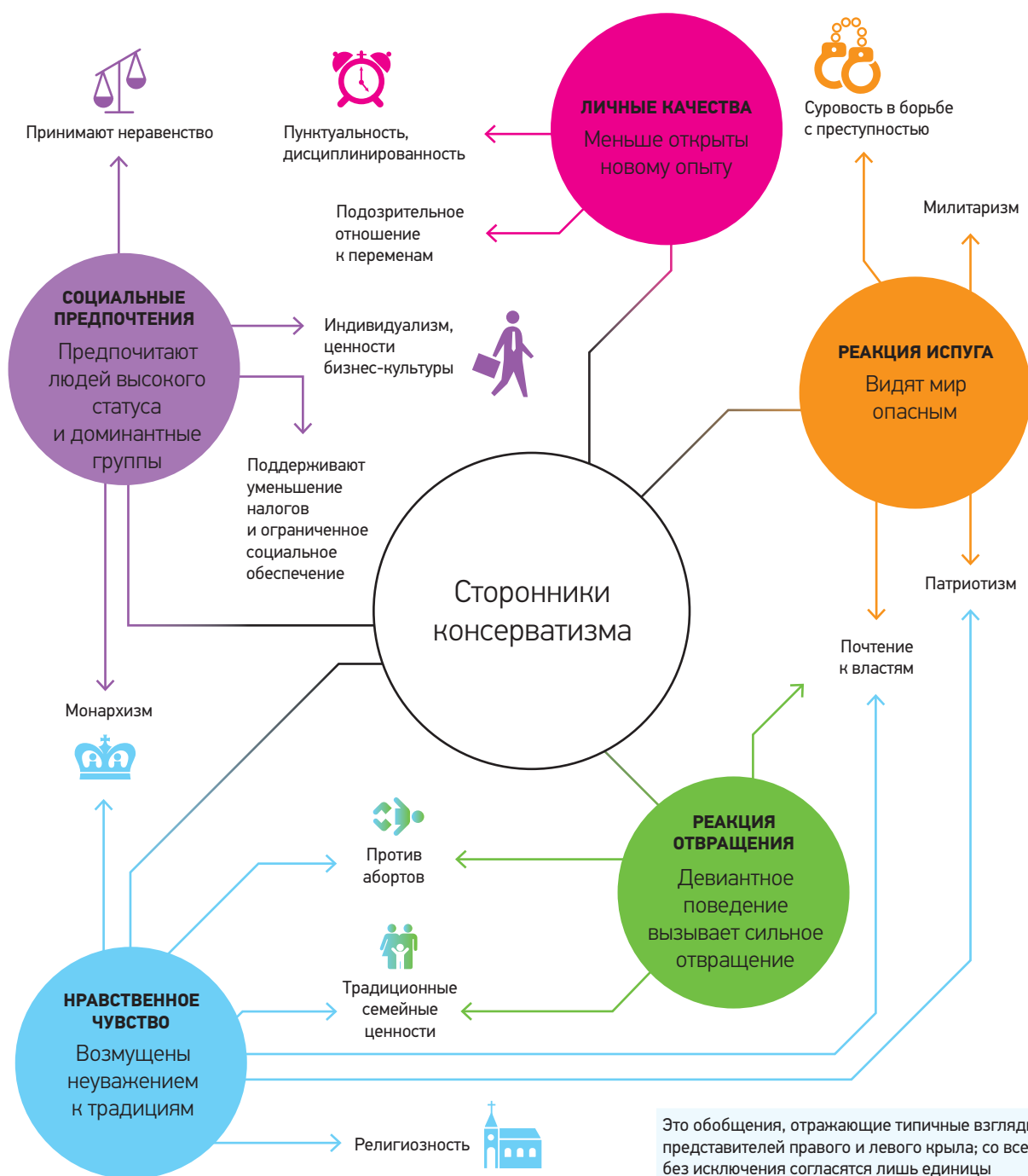
Исследователей критикуют за то, что они сводят все нюансы политических мнений к банальной дихотомии и выставляют консерватизм чем-то вроде расстройства личности. Реальный мир куда сложнее, и политические воззрения представляют собой непрерывный спектр, а в пределах грубых клише “левых” и “правых” представлены самые разные мнения. К тому же существуют и другие политические традиции, которые не вписываются в эту модель: достаточно вспомнить либертарианство.

Тем не менее накоплено много доказательств, что политикой движет не разница во мнениях, а скорее биологические различия. Поэтому не надо злиться на своих политических противников, их стоит пожалеть: они ведь тупо, совершенно, очевидно неправы просто от природы.

Мозг левых, мозг правых

Вероятно, вы думаете, будто сами выбираете свои политические взгляды, но на самом деле это они выбирают вас. Биологические предубеждения заставляют большинство людей инстинктивно отдавать предпочтение левым или правым.





Это обобщения, отражающие типичные взгляды представителей правого и левого крыла; со всем без исключения согласятся лишь единицы



Когда алхимия стала наукой?

Сыроделы, наверное, обиделись, зато весь остальной мир возликовал. 17 февраля 1869 года химик Дмитрий Менделеев собирался ехать на сыроваренную фабрику в Санкт-Петербурге, чтобы проконсультировать тамошнее руководство. Однако он отменил поездку, весь день просидел дома и только что-то лихорадочно писал. К вечеру родилась одна из самых успешных научных теорий в истории человечества — периодическая таблица химических элементов.

Озарение Менделеева стало кульминацией многовековых усилий понять механизмы превращения веществ и научиться этими механизмами управлять. Что происходит, когда горит свеча? Почему щепотка соли исчезает при размешивании в воде? Можно ли превратить свинец в золото? Теперь мы понимаем, что эти вопросы относятся к царству химии, у которой сложилась репутация науки довольно скучной и чопорной. Однако ее зарождение было далеко не таким.

Первые шаги сделали древнегреческие философы. Аристотель утверждал, что все состоит из четырех стихий — земли, воды, воздуха и огня. Свойства разных веществ зависели от того, в каких пропорциях смешаны эти стихии. Например, считалось, что металл состоит из воды и земли, но, если его нагреть, часть земли превращается в огонь.

Металлы и красители

Аристотель умер в 322 году до нашей эры, через десять лет после того, как Александр Македонский покорил Египет и основал новую столицу — Александрию. Некоторые ремесленники, перенявшие философию Аристотеля, стали изучать с этой точки зрения металлургию и красильное дело, назвав свое занятие “хюмейя” — “смешивание”. Затем традицию переняли арабские ученые, которые называли ее “аль-химья”. Их знания впоследствии дошли до средневековой Европы, где всевозможные маги окружили их мистицизмом и стали величать алхимией или просто химией.

Главной целью алхимиков был философский камень — вещество, которое превращает неблагоприят-

ные металлы в золото и серебро, лечит все болезни и открывает дорогу к бессмертию. Кроме того, алхимики были ремесленниками, применявшими свои умения в работе с разными материалами для создания лекарств, стекла и взрывчатых веществ.

Однако алхимия не была наукой. Поворотный момент настал в 1661 году, когда философ Роберт Бойль опубликовал фундаментальный труд “Скептический химик”, в котором примерил к алхимии только что сформулированный научный метод. Бойль писал, что нельзя голословно утверждать, будто вещество состоит из четырех стихий: это следует доказать в ходе воспроизводимых экспериментов.

Укрощение стихий

Такие эксперименты провел французский аристократ Антуан Лавуазье. Он принял вызов Бойля и стал искать элементы, определив их как то, что невозможно далее расщепить. В 1789 году он опубликовал список из 33 пунктов, многие из которых и в самом деле элементы в современном смысле слова. Вскоре ученые обнаружили еще много других. Распространилось представление, что у каждого элемента свой уникальный атом, а также что элементы сочетаются друг с другом и образуют сложные вещества.

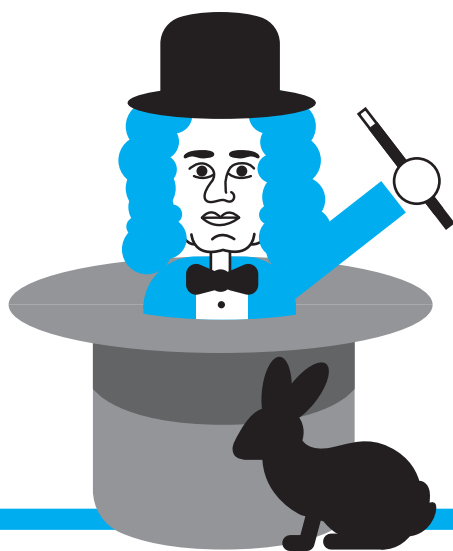
Во времени Менделеева было известно уже 63 элемента. Его открытие состояло в том, что он разбил элементы на группы по атомному весу и тем самым выявил некоторые закономерности в их свойствах. Например, группа 1 целиком состоит из мягких металлов, вступающих в бурную реакцию с водой. В группу 7 входят газы фтор, хлор и бром, которые существуют в виде двухатомных молекул. Но и это еще не все. Внутри каждой группы химическая реактивность элементов меняется в зависимости от массы атомов. В группе 1 чем тяжелее атом, тем больше реактивность. А в группе 7 все наоборот.

Периодическая таблица — это единая теория химии. Она не просто объясняет наблюдения, но и позволяет делать предсказания. Там, где не находилось

Ньютонова магия

Средневековые европейские алхимики были не только мистиками, среди них попадались и уважаемые ученые. А самым уважаемым из всех был Исаак Ньютон. В 1680-х годах он составил словарь алхимических терминов — *Index Chemicus*.

Трудно представить себе, чтобы великий ученый соблазнился всеми этими фокусами-покусами, но в то время еще не было четкой грани между наукой и магией. Тем не менее ко времени смерти Ньютона — а скончался он в 1727 году — алхимию уже начали считать лженаукой. Ньютон оставил целую библиотеку неопубликованных статей и заметок, и многие из них касались алхимии. Когда Томас Пеллет, член Королевского общества, разобрал их после смерти ученого, то решил воздержаться от публикации, особенно пометив все эти материалы: “Непригодные для печати”.



элемента с соответствующими свойствами, Менделеев отважно оставлял пустую клеточку, утверждая, что будет открыт новый элемент, который ее заполнит. И оказался прав. Например, у него оставалась пустая клеточка прямо под кремнием. Менделеев назвал этот элемент “экакремний”, а спустя 15 лет его открыл немецкий химик Клеменс Винклер и назвал германием.

Современная алхимия

Совсем скоро был пойман и главный виновник всех этих закономерностей — электрон. Его открыли в 1896 году, однако важнейшие эксперименты были проведены 10 лет спустя Гансом Гейгером и Эрнестом Марсденом. Они направили на золотую фольгу поток ядер гелия. На удивление, многие ядра прошли по прямой. Это позволило заключить, что атомы золота в основном состоят из пустоты. Ученые пришли к выводу, который затем был подтвержден, что электроны вращаются по орбитам вокруг ядра, а в промежутках остается много пустого места.

Орбиты электронов и объясняют химические и физические свойства элементов. Например, реактивность зависит от того, насколько легко атому отдать или приобрести электрон.

Однако электрон — это в некотором смысле палка о двух концах. При всех закономерностях, что он обеспечивает, химики понимают связанные с ним эффекты лишь приблизительно. Ведь на самом деле электроны — это квантовые объекты с диковинными свойствами: например, они будто бы могут находиться в двух местах одновременно.

Когда квантовая революция набирала обороты, ученые начали подробно изучать и атомное ядро. Одно из важнейших открытий состояло в том, что элементы и в самом деле могут “превращаться” друг в друга в ходе ядерных реакций — раньше считалось, что законы химии это запрещают. Слово на букву “а” никто, конечно, не упоминал, но в 1951 году химик Гленн Сиборг взял недрагоценный металл висмут и превратил его в золото.

Элементарно...

...дорогой Менделеев. “Опыт системы элементов”, статья о котором вышла в 1869 году, оказался на удивление точным.

Элементы упорядочены **ПО ВЕРТИКАЛИ ↓**
по возрастанию атомного веса и **ПО ГОРИЗОНТАЛИ →**
по сходству химических свойств.

	H 1 Водород			Ti 50 Титан	Zr 90 Цирконий	? 180 —
				V 51 Ванадий	Nb 94 Ниобий	Ta 182 Тантал
				Cr 52 Хром	Mo 96 Молибден	W 186 Вольфрам
				Mn 55 Марганец	Rh 104,4 Родий	Pt 197,4 Платина
				Fe 56 Железо	Ru 104,4 Рутений	Ir 198 Иридий
				Ni/Co 59 Никель/Кобальт	Pd 106,6 Палладий	Os 199 Осмий
				Cu 63,4 Медь	Ag 108 Серебро	Hg 200 Ртуть
Щелочноземельные металлы	Be 9,4 Бериллий	Mg 24 Магний		Zn 65,2 Цинк	Cd 112 Кадмий	Здесь должна быть ртуть
Подгруппа бора	B 11 Бор	Al 27,4 Алюминий	? 68 Экаалюминий		Ur 116 Уран	Au 197? Золото
Подгруппа углерода	C 12 Углерод	Si 28 Кремний	? 70 Экакремний		Sn 118 Олово	Теперь просто U
Подгруппа азота	N 14 Азот	P 31 Фосфор		As 75 Мышьяк	Sb 122 Сурьма	Bi 210? Висмут
Подгруппа кислорода	O 16 Кислород	S 32 Сера		Se 79,4 Селен	Te 128? Теллур	Открыт в 1875 году и назван галлием
Галогены	F 19 Фтор	Cl 35,5 Хлор		Br 80 Бром	I 127 Йод	
Щелочные металлы	Li 7 Литий	Na 23 Натрий		K 39 Калий	Rb 85,4 Рубидий	Cs 133 Цезий
						Tl 204 Таллий
		Щелочноземельные металлы		Ca 40 Кальций	Sr 87,6 Стронций	Ba 137 Барий
						Pb 207 Свинец

Открыт в 1886 году и назван германием

Проблемные элементы, которым Менделеев не смог найти места

Открыт в 1879 году и назван скандием	? 45 Экабор	Ce 92 Церий
	?Er 56 Эрбий	La 94 Лантан
Теперь просто Y	?Yt 60 Иттрий	Di 95 Дидим
	?In 75,6 Индий	Th 118? Торий

Атомные веса так близки, что Менделеев не мог их разделить

Оказался не отдельным элементом, а смесью двух других — празеодима и неодима

Вопросительные знаки Менделеев использовал для обозначения неизвестных элементов, открытие которых (верно) предсказал. Этот элемент был открыт в 1922 году и назван гафнием

← Таблица, которую составил русский химик Дмитрий Менделеев в 1869 году, включив в нее 63 элемента, известных на тот момент. Примечательно, что 52 из них он расположил верно или почти верно, а ошибся только с 4 (плюс 7, с которыми он не знал, что делать).

Периодическая таблица элементов в наши дни

В современной периодической таблице элементы тоже упорядочены по атомной массе и химическим свойствам, но сгруппированы по вертикали, а не по горизонтали. В нее входит 118 элементов, 43 из которых во времена Менделеева еще не были известны (выделены белым).

а не по горизонтали. В нее входит 118 элементов, 43 из которых во времена Менделеева еще не были известны (выделены белым).

Щелочные металлы

Щелочно-земельные металлы

Атомный номер

1

H

3 Li	4 Be	Переходные металлы																5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn						
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og						

Подгруппа бора

Подгруппа углерода

Подгруппа азота

Подгруппа кислорода

Галогены

Инертные газы

Лантаноиды	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
Актиноиды	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr

Менделевий, названный в честь Менделеева в 1955 году

Как мы открыли, что реальность такая странная?

В 1874 году, когда семнадцатилетний вундеркинд Макс Планк заявил своему университетскому преподавателю, что хочет посвятить себя физике, тот сказал: «В этой области уже почти все открыто, осталось лишь заполнить несколько дырок».

В некотором смысле профессор был прав, просто дырки оказались кроличьими норами, которые даже сам Льюис Кэрролл счел бы безумными. Не прошло и нескольких лет, как попытки заполнить их привели к переосмыслению Вселенной — революционному, но совершенно не укладывающемуся в голове. И первым, кто нырнул в эти кроличьи норы — пусть даже и не совсем по своей воле, — был Планк.

Сегодня квантовая механика — наше самое удачное описание реальности. Оно позволяет нам понять все — от атомов до звезд. А еще оно показало нам, что реальность фундаментально и глубоко загадочна, а может быть, и в принципе непостижима.

Озарение

Революция, как и положено, началась с электрической лампочки. В 1894 году Планка, тогда уже университетского профессора в Берлине, попросили провести кое-какую техническую работу с новым изобретением Томаса Эдисона. Электрические компании хотели выжать максимум белого света из минимума энергии — и Планк начал изучать связь между температурой нити накаливания и цветом ее излучения.

Это заставило ученого заняться известной головоломкой — так называемой проблемой излучения абсолютно черного тела, которая описывает соотношение между температурой объекта, например куска металла, и цветом испускаемого света (абсолютно черное тело — это гипотетическое физическое тело, которое и поглощает все падающее на него электромагнитное излучение, и может само его испускать). Экспериментальные измерения выявили серьезное несоответствие, которое физика не могла объяснить: как ни нагревай абсолютно черное тело, оно практически не излучает ультрафиолетового света, хотя тео-

рия предсказывает обратное. Этот парадокс получил название «ультрафиолетовая катастрофа».

В декабре 1900 года 42-летний Планк выступил перед Немецким физическим обществом с докладом, предложив решение проблемы: излучаемая энергия — не непрерывная величина, которая может существовать в любых количествах, а дискретная, существующая отдельными пакетами. Неделимую порцию энергии Планк назвал квантом. В то время ученый еще не понимал, что падает в кроличью нору, откуда не выбраться. Но этот вывод, названный им «актом отчаяния», вдохновил молодое поколение физиков, которым не терпелось забраться в нору поглубже.

Одним из них был никому тогда не известный 25-летний Альберт Эйнштейн. Он пытался разобраться в фотоэлектрическом эффекте — явлении, при котором многие металлы при облучении светом испускают электроны, чья энергия зависит от частоты падающего света, но не интенсивности. И именно планковских квантов Эйнштейну и не хватало. Он понял, что фотоэффект можно объяснить, только если свет тоже квантуется. Но если так, о свете больше нельзя было рассуждать в терминах классической физики — как о волне, распространяющейся в пространстве. Выходило, что свет состоит из потока частиц, каждая из которых несет один-единственный квант энергии.

Ни то ни другое

Физикам непросто было примириться с этой идеей, ведь налицо были неопровержимые доказательства, что свет — волна. В частности, если пропустить свет через две щели, получится интерференционный узор — как от двух волн, встречающихся на поверхности пруда. Был только один выход из положения: отмахнуться от доводов здравого смысла и принять тот факт, что свет — одновременно и волна, и частица.

К 1920-м годам стало очевидно, что корпускулярно-волновой дуализм всюду. От этого физики старой школы просто места себе не находили. Но худшее было еще впереди.

Кот в ящике

В 1920-е годы самым популярным способом примирения со странностями квантового мира стала копенгагенская интерпретация квантовой механики, но ее следствия нравились далеко не всем. Внимание к абсурдности этого толкования привлек Эрвин Шрёдингер, проделав знаменитый, но зачастую понимаемый неправильно мысленный эксперимент. Представьте себе кота, который заперт в ящике с колбочкой яда, имеющей пятидесятипроцентные шансы разбиться. Согласно квантовой механике, пока никто не заглянет внутрь, кот одновременно и жив, и мертв.

В 1927 году немецкий теоретик Вернер Гейзенберг осознал, что следствия корпускулярно-волнового дуализма накладывают принципиальные ограничения на то, сколько информации мы вообще можем получить о мире. Например, чем точнее мы измерим местонахождение частицы, тем меньше будем знать о ее импульсе. Частицы в квантовом мире — не бильярдные шары, у них словно бы нет отдельно импульса и отдельно координаты, они обладают смесью этих двух свойств, и отделить одно от другого невозможно.

Принцип неопределенности Гейзенберга остается одним из самых контринтуитивных предсказаний квантовой теории. И чем дальше разрабатывались идеи Гейзенберга, тем сильнее оказывались они оторванными от повседневной реальности.

Театр абсурда

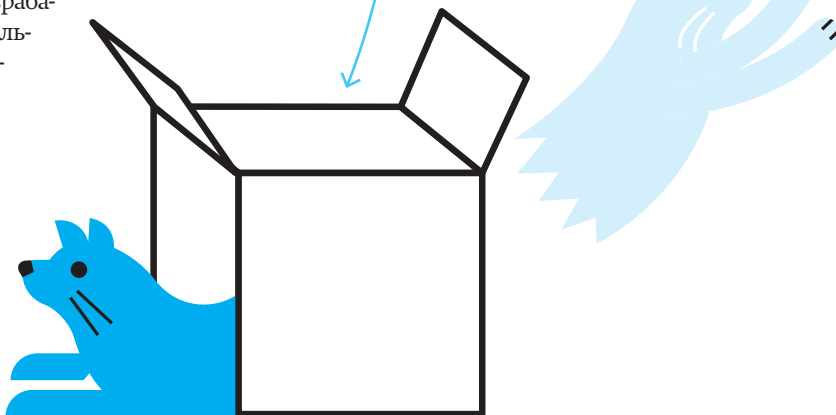
Многим казалось, что труды австрийского соперника Гейзенберга Эрвина Шрёдингера более удобоваримы. Он тоже считал, что невозможно приписать частице определенное положение в пространстве. Лучшее, на что мы можем надеяться, — это при-

писать набор вероятностей всем ее возможным положениям. По такой логике частица окажется в конкретном месте только тогда, когда кто-то возьмет на себя труд “посмотреть” на нее.

Эта концепция суперпозиции состояний, схлопывающейся в одно конкретное состояние только при наблюдении, и стала основным догматом копенгагенской интерпретации квантовой механики, которую сформулировали Гейзенберг и Нильс Бор. А еще она привела к другому важному, но уже совершенно фантастическому понятию квантовой запутанности — суперпозиции состояний двух частиц, находящихся на большом расстоянии друг от друга.

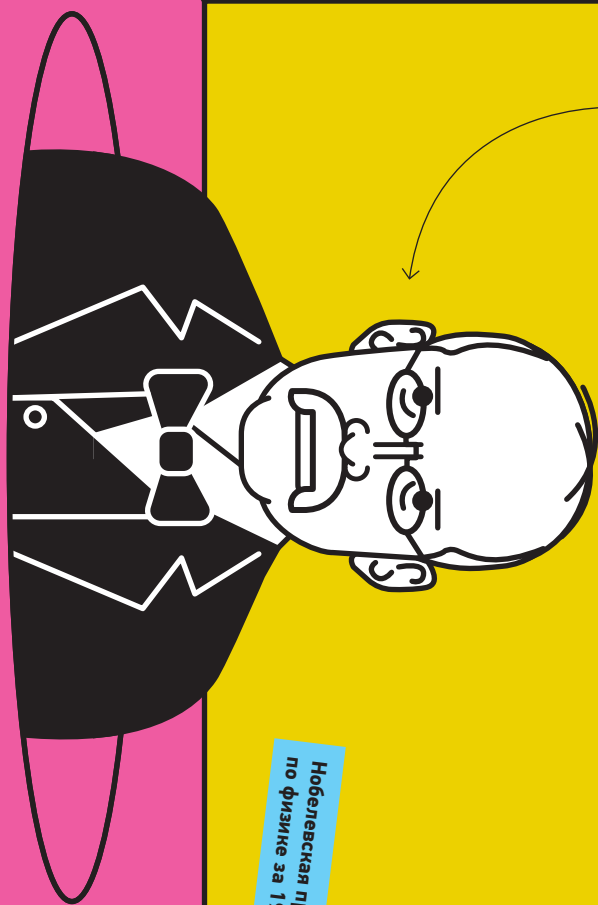
Все эти нелепицы тяжким бременем ложились на плечи первопроходцев квантовой теории. По словам самого Бора, “тот, кто не впадает в оторопь, столкнувшись с квантовой теорией, скорее всего, ничего в ней не понял”.

Однако все блестяще подтвердилось. Новая эра экспериментов доказала состоятельность даже самых немислимых предсказаний. Но хотя мы очень сильно продвинулись в понимании квантовой картины мира, она ставит нас в тупик ничуть не меньше прежнего. В ней тоже есть пробелы, только их, возможно, так и не удастся заполнить.



Вниз по кроличьей норе

В начале XX века основатели квантовой механики переписали законы реальности, открыв такие странности, что сами так и не смогли с ними смириться.



1900

Макс Планк

случайно начинает квантовую революцию, предположив, что энергия существует только в виде неделимых порций — квантов. Но он и сам в это не верил, для него это был лишь математический фокус, позволяющий объяснить некоторые непонятные результаты экспериментов.

“Я первоначально не думал много об этом”.

Нобелевская премия
по физике за 1918 год

1905

Альберт Эйнштейн


с успехом применяет идеи Планка к свету, и квантовая теория начинает обретать контуры. Но Эйнштейн так и не поверил в ее реальность.

“Квантовая механика внушает большое уважение.

Но внутренний голос говорит мне, что это все же не то”.



Нобелевская премия
по физике за 1921 год



Нобелевская премия
по физике за 1922 год

1913
Нильс Бор

применяет квантовую теорию к атомам. Позднее размышляет над ее философскими следствиями.

“Тот, кто не впадает в оторопь, столкнувшись с квантовой теорией, скорее всего, ничего в ней не понял”.

1927
Вернер Гейзенберг

осознает, что квантовая теория накладывает принципиальные ограничения на наши познания о мире, и формулирует свой знаменитый принцип неопределенности.

“Действительно ли природа может быть такой абсурдной, какой она предстает перед нами в этих атомных экспериментах?”

1926

Эрвин Шрёдингер

публикует свое знаменитое уравнение, доказывающее, что реальность странна на фундаментальном уровне.

“Она мне не нравится, и мне жаль, что я имел к ней какое-то отношение”.

Нобелевская премия
по физике за 1933 год

Нобелевская премия
по физике за 1932 год

Глава 6





Изобретения

202 Колесо

210 Полет

206 Радио

214 Клавиатура QWERTY

218 Компьютеры

242 Ракеты

238 Интернет

234 Антибиотики

222 Рентгеновские лучи

230 Ядерное оружие

226 Случайные открытия

Почему колесо изобретали так долго?

Урук, 5500 лет назад. Шумерский город представляет собой роскошное зрелище — мир еще не видел такого большого и богатого человеческого поселения. И это именно город: десятки тысяч жителей, большие здания, городские стены, рынки и удаленные от центра жилые районы.

Все это мы прочитали по руинам города. Но бросается в глаза отсутствие в нем одного из важнейших атрибутов современного города — колеса.

Трудно представить себе современный город, который функционировал бы без автомобилей, такси, автобусов, грузовиков, велосипедов и мотоциклов, что перевозят туда-сюда людей и грузы. Однако Урук, похоже, не был городом на колесах. Единственные свидетельства того, что колеса все же были, — несколько процарапанных рисунков на глиняных табличках неясной датировки, отдаленно напоминающие четырехколесные повозки. А вот изображений устройств, похожих на волокуши, сохранилось много, так что, видимо, Урук приводился в движение транспортными средствами, которые тащили по земле.

Но если в Шумере и правда не было колес или они встречались редко, то это довольно странно. Ведь колесо кажется приспособлением до невозможности очевидным, простым в изготовлении, невероятно полезным, к тому же время для его изобретения тогда уже пришло. Гончарный круг был давно изобретен. Улицы города делали достаточно ровными и гладкими, чтобы по ним можно было протащить волокушу, — так что они идеально подходили и для колес. Шумеры давно приручили ослів, волов и других вьючных животных, которых можно было бы впрягать в повозки, а по всему региону раскинулась сложная торговая сеть. Обработать металл научились почти повсеместно. В самом деле, это же был не каменный век какой-нибудь!

Не исключено, что при раскопках мы просто еще не нашли остатков урукских повозок и телег. Может быть, первые колесные экипажи делались из дерева и веревок, которые плохо сохраняются. Так или иначе, древнейшие однозначные изображения колесно-

го транспорта в Шумере появились только через тысячу лет — на резной деревянной шкатулке с узором из четырехколесных тележек, запряженных ослами. Напрашивается вывод, что двигателем мира Урука было все-таки не колесо.

Но вот что еще удивительнее: в те времена, когда высокочивилизованные шумеры явно не додумались до совершеннейшей очевидности, другие народы, отнесенные отсталые, уже всюду разъезжали на колесах. В немецкой коммуне Флинтбек в погребении, которому 5500 лет, археологи обнаружили пару параллельных извилистых борозд — явно следы тележки с плохо закрепленными колесами. Представители той же культуры — культуры воронкообразных кубков — изготавливали горшки, украшенные орнаментом из чего-то очень похожего на четырехколесные повозки.

Первые физические остатки настоящего колеса тоже обнаружены в отсталой Европе — в 2002 году в болоте на территории нынешней Словении. Колесо из Люблянских болот — это деревянное колесо с осью, изготовленное примерно 5150 лет назад. К чему оно было приделано, неизвестно, возможно, к ручной тележке. Еще восточнее, в степях на территории современной Украины, в пятитысячелетних захоронениях были найдены и колеса, и целые повозки.

О чем говорят языки

Мы не знаем, откуда взялись древние европейские колеса — прикатили из других краев или были изобретены независимо. Но есть и другая линия доказательств, что колесо в Европе появилось очень давно. Следы далекого прошлого сохраняются и в языке, не только в костях и ДНК. Как биологи реконструируют общего предка двух видов по общим генам и физическим особенностям, так и лингвисты реконструируют исчезнувшие языки. Например, английское слово *name* происходит от латинского *nomen*, которое дало нам и французское *nom*, и испанское *nombre*.

Древо современных европейских языков показывает, что у большинства из них (и у некоторых неев-

А почему нет колес у животных?

Эволюция придумала массу элегантных решений задачи о движении: птицы летают, головоногие перемещаются реактивным способом, гекконы взбираются на отвесные стены, а у блох “пружинные” лапки. Но ни у кого из животных нет колес. Почему? Причина в том, что эволюция работает пошагово и недально-видна: она изобретает только то, что полезно здесь и сейчас. Каждый шаг к полету или реактивному движению улучшал положение дел. Но поэтапно приблизиться к колесу невозможно: оно полезно только в завершенном виде. Не говоря уже о том, что нельзя создать конечность, способную свободно вращаться, ведь к ней должны подсоединяться нервы и кровеносные сосуды.

ропейских языков) общее происхождение — теперь уже мертвый язык, названный праиндоевропейским.

Он, вероятно, возник где-то в западной Азии, а в Европу попал с переселенцами.

В словаре праиндоевропейского языка, воссозданном лингвистами, есть пять слов, имеющих отношение к колесу. Два означают буквально “колесо”, одно — “ось”, одно — “оглобля” и еще одно (глагол) — саму перевозку на транспортном средстве. Раз о колесе так много говорили, значит, оно играло важную роль в жизни людей.

На праиндоевропейском языке говорили около 5500 лет назад, а значит, к моменту изготовления люблянского экземпляра колесо как таковое изобрели уже давным-давно. Более того, среди тех, кто го-

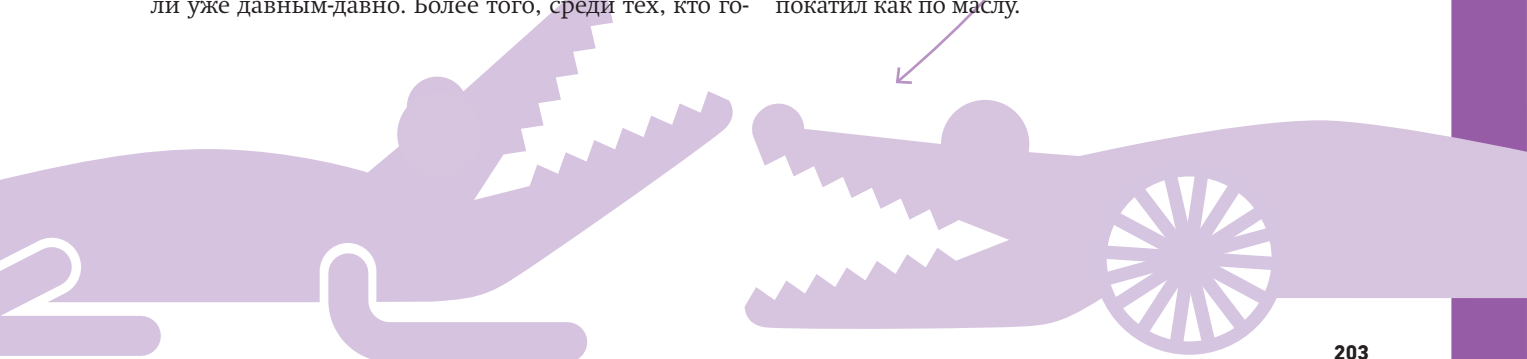
ворил на этом языке, были и представители ямной культуры — те самые, в чьих погребениях на территории Украины находят остатки четырехколесных повозок.

Генетические данные говорят о том, что около 4500 лет назад ямная культура распространилась на запад, в Центральную Европу, и там встретилась с некоторыми доминировавшими на континенте культурами позднего неолита и бронзового века, включая культуру боевых топоров, представители которой жили на территории от Северного моря до Центральной России.

Жизнь на колесах

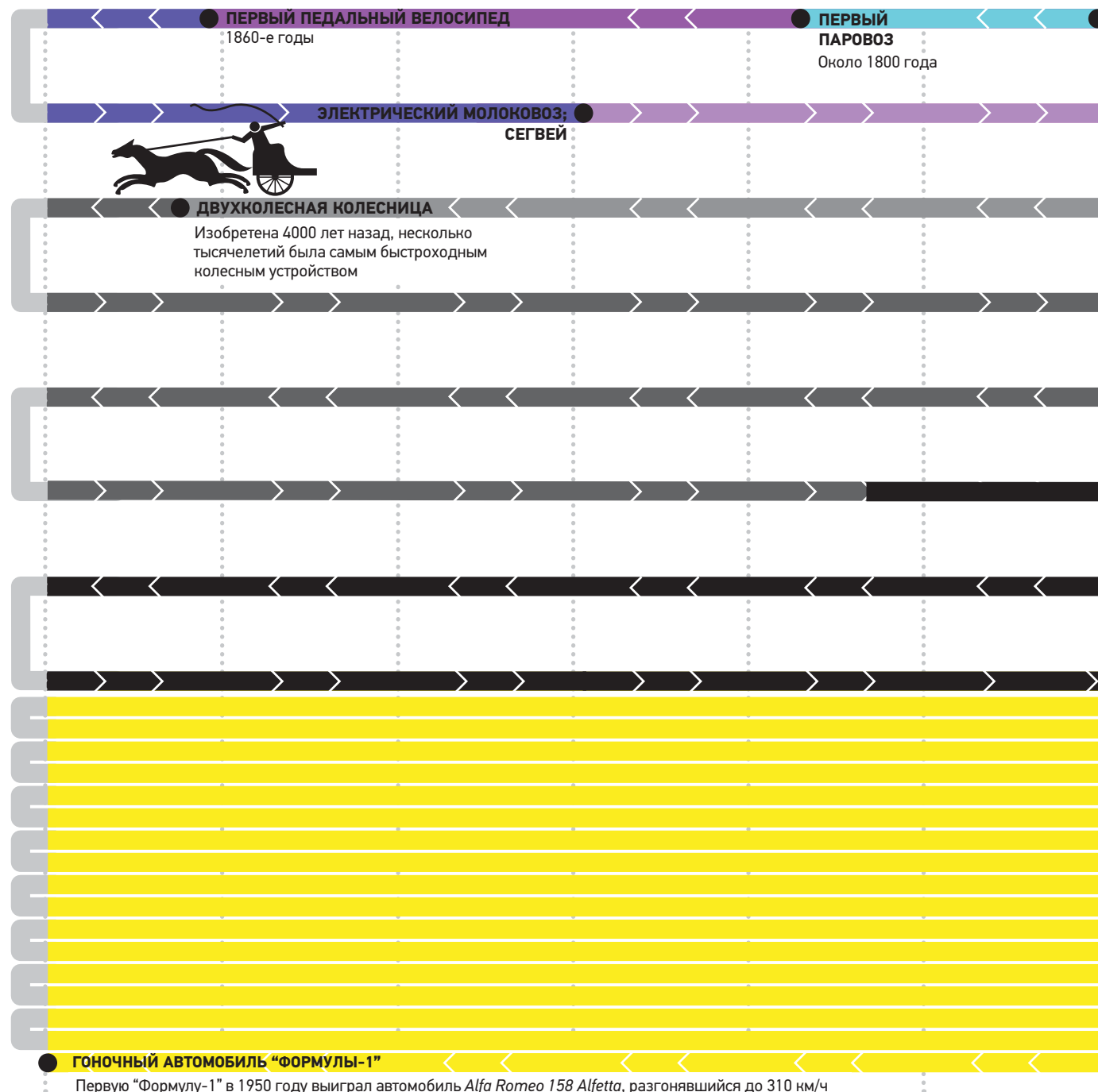
Представители ямной культуры были скотоводами. Вплоть до 5500 лет назад их поселения располагались в речных долинах родных мест — только там было вдоволь воды, без которой не могли обойтись ни люди, ни скот. Но их появление в Европе подтверждает гипотезу, согласно которой они овладели технологией изготовления повозок. Повозки позволяли брать с собой еду и воду куда угодно, и археологические данные свидетельствуют, что представители ямной культуры захватывали обширные территории.

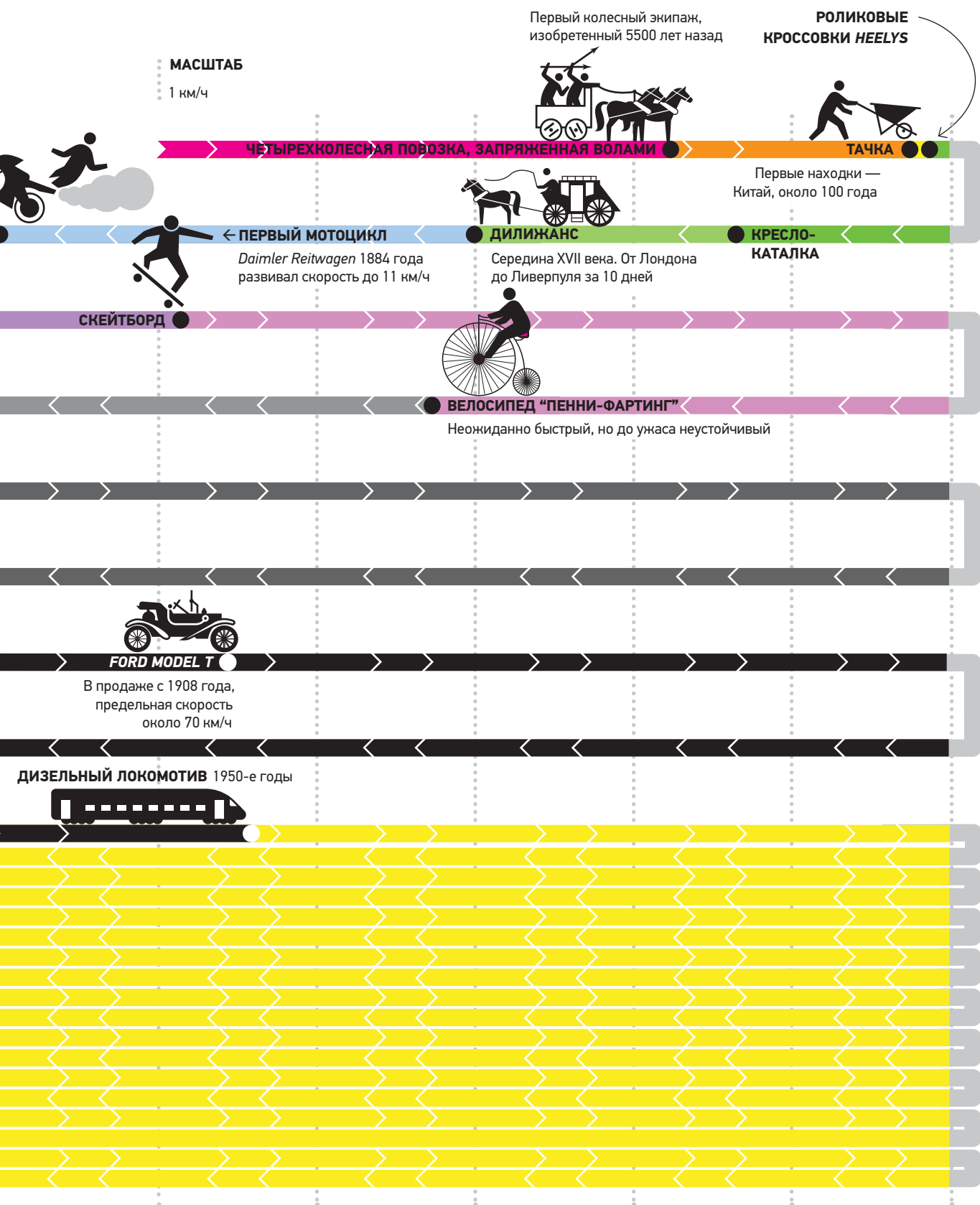
Колесо распространялось стремительно. Уже около 4500 лет назад появились легкие маневренные двухколесные колесницы, которые вскоре нашли применение в военном деле. Кроме того, колесо вдохновляло и на мирные изобретения — водяные мельницы, шестеренки, прялки. На это ушло некоторое время, но как только изобрели колесо, технический прогресс покатил как по маслу.



Есть колеса — значит, едем

Но далеко ли уедем? Давайте устроим соревнования между революционными колесными транспортными средствами прошлого и поглядим, какое расстояние каждое из них преодолеет за час.





Когда мы начали переговариваться по радио?

Италия, Понтеккьо, декабрь 1895 года. Молодой итальянский аристократ будит матушку ни свет ни заря, чтобы продемонстрировать свое творение. Гульельмо Маркони отстукивает сообщение азбукой Морзе на устройстве, которое втайне от всех собрал на чердаке их виллы близ Болоньи. На другом конце комнаты звонок вызывает переданные знаки. Беспроводное сообщение налажено.

Современному человеку, знакомому с телевидением, сотовой связью и беспроводным интернетом, это достижение может казаться достаточно скромным. Но когда Маркони изобрел устройство, передающее сигналы по воздуху, а не по кабелю, это стало одним из самых важных технологических прорывов XX века. Настолько перспективным, что свои права на него пытались заявить и многие другие изобретатели, причем их притязания зачастую были оправданны.

Принято и понято

Ключом к успеху Маркони стало объединение двух старых изобретений для создания нового. Первым был передатчик, собранный из лабораторного оборудования, которое применял немецкий физик Генрих Герц, чтобы доказать возможность создания электромагнитных волн. Вторым — когерер, приемник, изобретенный французским физиком Эдуардом Бранли, чтобы регистрировать природный электромагнетизм, возникающий, например, при разряде молнии.

Вскоре после эксперимента на чердаке Маркони уже рассылал сигналы на большие расстояния под открытым небом. В 1896 году он переехал в Лондон и подал заявку на патент на свое изобретение, еще через год основал компанию “Беспроводной телеграф и сигнализация”, которая создала первые международные каналы радиосвязи и заложила основу для коммерческого радиовещания. В 1909 году Маркони получил Нобелевскую премию по физике за “вклад в развитие беспроводной телеграфии”.

Считается, что именно Маркони изобрел радио, но на самом деле он лишь поймал волну инноваций,

умудрившись снять с них все сливки. Он был не первым инженером, который понял, что беспроводная передача возможна, и даже не единственным, кто над ней работал. Распорядись судьба чуть-чуть иначе, и в учебниках истории писали бы совсем другое.

В частности, незаслуженно обойден славой немецкий физик Карл Фердинанд Браун, получивший Нобелевскую премию вместе с Маркони, хотя они не сотрудничали. Брауну принадлежит много изобретений, на которые Маркони потом опирался, впрочем, признавая, что “позаимствовал” кое-какие его идеи.

Серьезным соперником Маркони был и эксцентричный гений Никола Тесла. В 1893 году, за два года до того, как Маркони испытал свое устройство на чердаке, Тесла прочитал публичную лекцию в Институте Франклина в Филадельфии, где теоретически разъяснил, как создать беспроводные передатчик и приемник, и об этой

Мы в эфире?

Коммерсанты быстро сообразили, что изобретение Маркони для беспроводной передачи информации азбукой Морзе очень перспективно для массового рынка. 2 ноября 1920 года в Восточном Питсбурге в Пенсильвании вышла в эфир первая коммерческая радиостанция — KDKA. Диктор передал результаты президентских выборов, прошедших в тот день, а потом обратился к слушателям с просьбой: “Мы будем очень благодарны, если кто-нибудь, кто слышит эту передачу, свяжется с нами, поскольку нам не терпится узнать, далеко ли доходит сигнал и как он принимается”.



Один из первых коммерческих радиоприемников *Siemens D-Zug*, поступивший в продажу в 1924 году

лекции много писали. Но на том этапе у него не было нужного оборудования. Тесла назвал беспроводную передачу информации “трудной электротехнической задачей, которую когда-нибудь наверняка удастся решить”. Тесла попытался сделать это сам и в 1897 году даже подал заявку на патент, но Маркони его обошел.

Когда тебе в спину дышит один подлинный гений, это еще куда ни шло, но когда их двое, дело приобретает нешуточный оборот. Примерно тогда же, когда Маркони возился на своем чердаке, блистательный новозеландец Эрнест Резерфорд вовсю вел исследования в Кентерберийском колледже в Крайстчерче. Однако Маркони повезло. В 1895 году Резерфорд переехал в Кембридж, чтобы продолжить работу, но вынужден был переключиться на другую задачу: его лаборатория внезапно решила сосредоточить все усилия на только что открытом рентгеновском излучении.

Опередить время

Тесла и Резерфорд вошли в историю за иные заслуги, однако других соперников Маркони по большей части забыли. Среди них и английский физик Оливер Лодж, имевший, пожалуй, самые веские основания оспаривать первенство Маркони. В августе 1894 года Лодж осуществил беспроводную передачу сообщения азбукой Морзе из Кларендонской лаборатории Оксфордского университета в тамошний музей метрах в шестидесяти. Примечательно, что его оборудование было очень похоже на “изобретенное” Маркони, хотя знаменитый итальянец отрицал, что знал о нем.

Вероятно, Лодж пал жертвой собственной скромности: он назвал свое изобретение “весьма незрелой формой радиотелеграфии” и не пытался запатентовать до 1897 года, когда Маркони уже заявил свои права на интеллектуальную собственность.

Но, пожалуй, самые дерзкие притязания на пальму первенства были высказаны через восемь лет после смерти Маркони. 7 мая 1945 года в Большом театре в Москве большой аудитории из выдающихся ученых

сообщили, что отныне в этот день будет отмечаться День радио в честь русского физика Александра Попова, работавшего в Техническом училище Морского ведомства под Санкт-Петербургом. Собравшимся объяснили, что пятьдесят лет назад Попов осуществил самую первую радиопередачу на заседании Русского физико-химического общества.

Пропагандистская машина

По словам советского инженера Виктора Габеля, в 1925 году опубликовавшего статью о том заседании в журнале *Wireless World*, Попов продемонстрировал беспроводную передачу слов “Генрих Герц” азбукой Морзе. Произошло это до получения Маркони патента, что делает Попова официальным изобретателем радио.

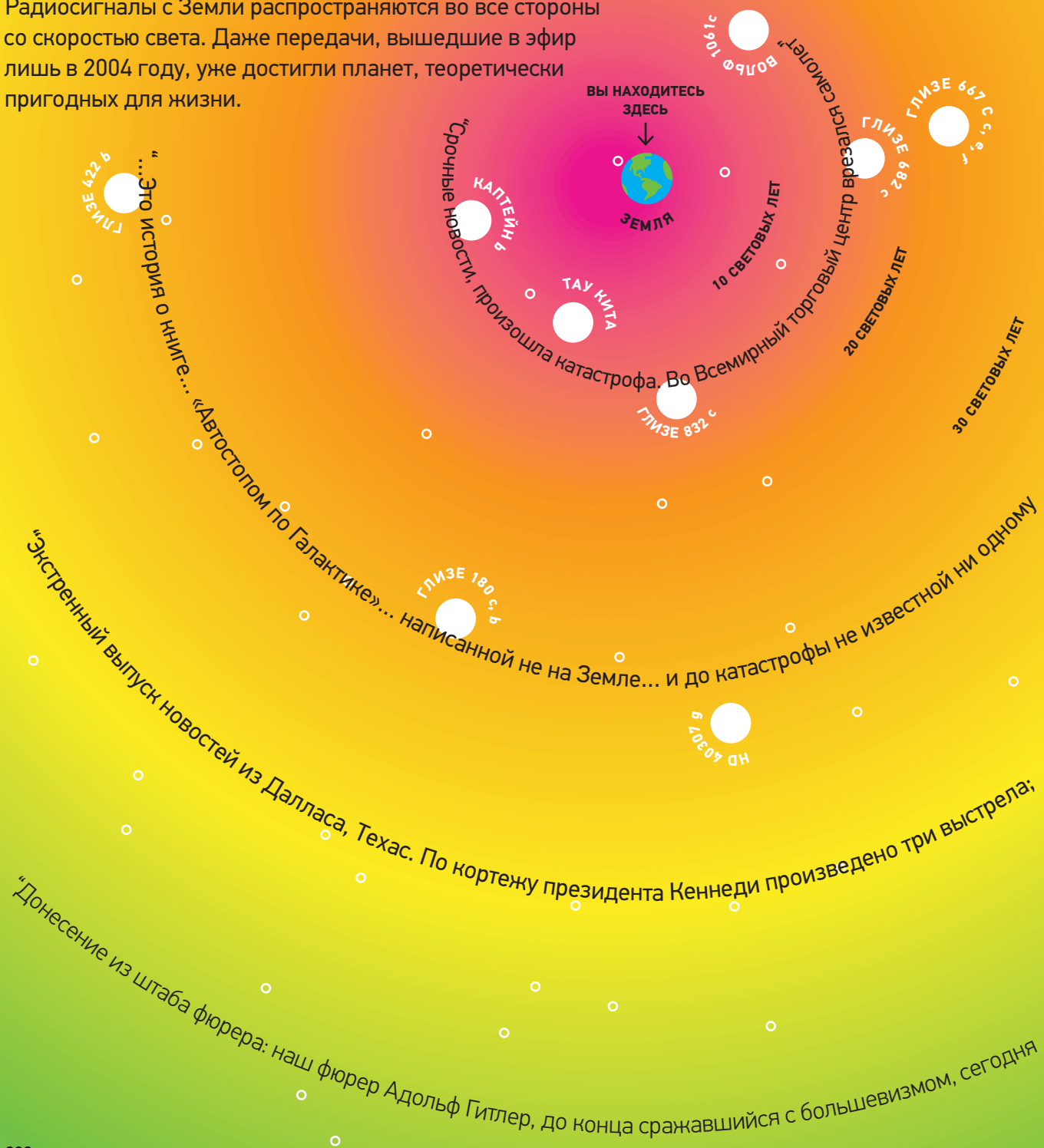
Если только передача произошла на самом деле. Кроме Габеля, о том заседании никто не писал, и издатель журнала отнесся к его статье скептически. Сам Попов никогда не притязал на приоритет и, похоже, вообще не считал Маркони соперником. В 1902 году они познакомились и стали близкими друзьями.

Однако советское государство с лихвой компенсировало скромность Попова, вероятно, подстегиваемое еще и тем, что Маркони был членом итальянской фашистской партии. Когда в 1925 году вышла статья в *Wireless World*, советская пропагандистская машина заработала на полную мощность. Наука и техника в СССР в тот период далеко отставали от западных, но Сталин хотел скрыть это от общественности. Утверждалось, что не только радио, но и телевидение, и аэропланы изобрели русские ученые. Пропаганда работала прекрасно: в советском учебнике 1963 года по основам радиотехники Маркони даже не упоминался.

Кто бы ни изобрел радио, беспроводная телеграфия, несомненно, определила облик современного мира. Телевизионные трансляции начались в 1928 году, радар помог победить Германию во Второй мировой войне, а главное изобретение современности — смартфон — произошло от рации.

До самых звезд

Радиосигналы с Земли распространяются во все стороны со скоростью света. Даже передачи, вышедшие в эфир лишь в 2004 году, уже достигли планет, теоретически пригодных для жизни.



Землянину. Тем не менее это замечательно
40 световых лет

ГЛИЗЕ 163 c

50 световых лет

президент находится в двухдневной поездке по Техасу. Мы будем...

60 световых лет

70 световых лет

отдал свою жизнь за Германию в штаб-квартире в рейхсканцелярии..."
"В это невозможно поверить, но странные существа, приземлившиеся сегодня в Нью-Джерси, — авангард захватнической армии марсиан"

80 световых лет

90 световых лет

первая коммерческая радиопередача
100 световых лет

"Мы будем очень благодарны, если кто-нибудь, кто слышит эту передачу, свяжется с нами, поскольку нам не терпится узнать, далеко ли..."

110 световых лет

QZ-18 b

Марconi передает сообщение — букву "с" азбукой Морзе —
из Нью-Йорка в Ньюфаундленд
Точка, точка, точка...

Кто стал первым человеком в воздухе?



Если вам когда-нибудь доведется проезжать через Чард, городок в английском графстве Сомерсет, то вы, вероятно, удивитесь надписям “Добро пожаловать на родину моторной авиации”. Не верится? Тогда наведайтесь в центр города. Там на главной улице стоит бронзовая модель первого в мире аэроплана.

Каждому городу нужен свой повод для гордости — но разве право называться родиной авиации не принадлежит местечку Китти-Хок в Северной Каролине, где братья Райт исполнили наконец многовековую мечту человечества о полете?

И да и нет. Конечно, Китти-Хок занимает видное место в истории авиации, однако и Чард тоже. В июне 1848 года изобретатель Джон Стрингфеллоу совершил невозможное: его аэроплан с паровым двигателем пролетел вдоль заброшенной кружевной фабрики в центре города.

Так что Стрингфеллоу едва не заслужил бессмертие — с одной оговоркой: сам он в воздух не поднялся. Его аэроплан мы назвали бы дроном. И лишь когда Орвилл Райт в 1903 году в Китти-Хок пролетел около 37 метров, пробыв в воздухе 12 секунд, человечество наконец уподобилось птицам и обрело моторные летательные аппараты тяжелее воздуха.

История полета пестрит досадными неудачами и полузабытыми первопроходцами. Однако, как охотно признавали Орвилл и Уилбур, все промахи проложили путь для их триумфа. Одним из самых авторитетных первопроходцев был английский ученый Джордж Кэйли, который вполне мог обойти своего современника Стрингфеллоу и отправить человека в воздух на аэроплане за целых полвека до братьев Райт, если бы тогда уже создали нужный мотор.

В дни юности Кэйли считалось, в том числе и учеными, что не просто невозможно летать, как птица, — глупо даже пытаться. Это отнюдь не обескуражило Кэйли, хотя современники считали, что он не в себе. В 1799 году он опубликовал проект аэроплана, а также первое описание аэродинамических сил, которые действуют на крыло и делают полет воз-

можным. Его труд “О воздушной навигации” в трех частях, вышедший в свет в 1809–1810 годах, был встречен скептически.

Кэйли это не остановило. Он провел серию экспериментов, чтобы подтвердить свои расчеты, и убедился, что решил задачу управляемого полета. Он конструировал все более сложные летательные аппараты, и вершиной его мастерства стал полномасштаб-

Мы оторвались от земли!

Люди издревле мечтали летать — и в октябре 1783 года это им наконец удалось. Мы не вполне уверены, кто был первым: то ли Жак-Этьенн Монгольфье, то ли его коллега Пилатр де Розье. Кто-то из них забрался в корзину воздушного шара, наполненного горячим воздухом, и взмыл в небо недалеко от Парижа.

Это был сенсационный прорыв, но и некоторое разочарование тоже. Да, люди всегда мечтали летать, но как птицы. Болтаться в корзине безмоторного летательного аппарата легче воздуха — немножко не то. Через месяц де Розье совершил первый свободный полет на воздушном шаре: 25 минут медленно плыл над Парижем. В 1785 году он завоевал еще одну пальму первенства в воздухоплавании — стал первым, кто погиб в результате авиакатастрофы: его воздушный шар взорвался и рухнул с неба недалеко от Кале.

Первая авиакатастрофа со смертельным исходом произошла в 1785 году: воздушный шар Пилатра де Ронжю упал в реку

ный планер, на котором его внук Джордж в 1853 году перелетел неглубокую долину близ Скарборо в графстве Йоркшир.

Летит как птица

У планера были неподвижные крылья и примитивный хвост, а также руль позади. Кэйли понял, что хвост очень важен для полета птицы, а значит, без него не обойтись и летательной машине. Не хватало только двигателя — устройства, на разработку которого Кэйли тщетно потратил много лет. Но, будучи оптимистом, он решил, что пока хватит и планера.

Братья Райт говорили, что своим успехом обязаны влиянию еще двух пионеров авиации. Одним из них был немец Отто Лилиенталь, который строил планеры с крыльями, сильно выгнутыми сверху, как у птиц. Подъемная сила была такая, о какой экспериментаторы и не мечтали. Лилиенталь выполнил много полетов на планерах из разных стартовых точек, в том числе и с искусственного холма высотой 15 метров возле собственного дома в предместьях Берлина. Однако за свои эксперименты он заплатил жизнью: в 1896 году его планер потерял устойчивость и упал, а изобретатель сломал себе шею.

Вторым был американский астроном Сэмюел Лэнгли. В 1896 году он построил модель летательного аппарата с небольшим паровым двигателем. Она пролетела больше километра, пока не кончилось топливо. Но Лэнгли так никогда и не сумел построить достаточно большой аппарат, чтобы поднять в воздух пилота, поскольку полноразмерные паровые двигатели были слишком тяжелыми. Будущим авиаторам пришлось дожидаться прорыва в автомобилестроении — изобретения бензинового двигателя внутреннего сгорания.

К октябрю 1903 года Лэнгли оставил попытки построить аэроплан с паровым двигателем и попытался запустить с крыши плавучего дома на реке Потомак в Вашингтоне летательный аппарат, работавший на бензине. Эксперимент закончился полным провалом, в основном потому, что Лэнгли не уделил должного

внимания управлению аппаратом в воздухе. Вскоре после этого взлетел аэроплан братьев Райт с бензиновым двигателем. Райты, в отличие от Лэнгли, основательно продумали управление своим аппаратом, изучив опыт предшественников и, естественно, птиц.

Одним из самых удачных изобретений Райтов был способ контролировать крен летательного аппарата — поворот вокруг оси, проходящей через фюзеляж от носа к хвосту. Они решили, что нужно не заставлять пилота своими движениями перемещать центр тяжести, как было у Лилиенталя на его обреченном на гибель планере, а сконструировать крылья так, чтобы пилот мог управлять их ориентацией и мгновенно увеличивать подъемную силу с нужной стороны аэроплана.

Унеси меня к звездам

Это был важный шаг вперед, поскольку прежде изобретателям не удавалось управлять летательным аппаратом без риска катастрофической потери подъемной силы. Кроме того, у «Флайера» братьев Райт спереди крепилась подвижная аэродинамическая поверхность — руль высоты, — которая контролировала подъем и опускание носа, а сзади — руль направления, контролирующий рыскание, то есть движение из стороны в сторону. В совокупности это позволило управлять движением аэроплана по всем трем осям — критический фактор, однако же никто из их выдающихся предшественников не уделил этому должного внимания.

Краткий полет Орвилла до сих пор считается одним из величайших достижений в истории техники. Прошло всего 66 лет — и НАСА высадило людей на Луну, а пассажиры ежедневно поднимались на борт лайнеров, чтобы перелететь на другой конец земли. В наши дни летать так привычно, так утомительно и так малопривлекательно, что легко забыть, как сильно стремились в небеса наши предки. Для них полет на каком-нибудь лоукостере был бы самым настоящим чудом.



Мир становится маленьким

Туда, куда сто лет назад пришлось бы добираться на поезде или на корабле много дней или даже месяцев, сегодня можно долететь самолетом в считанные часы.

900
800
700
600
500
400
300
200
100
(ПРИМЕРНО 40 ДНЕЙ)

НОВОЗЕЛАНДСКАЯ ПАРОХОДНАЯ КОМПАНИЯ

● ВЕЛЛИНГТОН 984

ПОЛУОСТРОВНАЯ И ВОСТОЧНАЯ ПАРОХОДНАЯ КОМПАНИЯ

● ГОНКОНГ 1056

● МЕЛЬБУРН 840 ЧАСОВ ОТ ЛОНДОНА

РИО-ДЕ-ЖАНЕЙРО 672

БУЭНОС-АЙРЕС 840

КЕЙПТАУН 432

БОМБЕЙ 432

СИНГАПУР 624

ПОРТ-САИД 312

СЕНТ-ТОМАС (ВИРГИНСКИЕ ОСТРОВА) 336

МАЛЬТА 216

ГИБРАЛТАР 120

НЬЮ-ЙОРК 120

САН-ФРАНСИСКО 216
Паровозы доезжали из Нью-Йорка в Сан-Франциско всего за 83 часа. До появления железной дороги этот путь занимал около полутора месяцев морем вокруг мыса Горн. После открытия Панамского канала в 1914 году время пути по морю резко сократилось

ТЕНЕРИФЕ 120

ЛИССАБОН 96

ПАРИЖ 8

ЛОНДОН

"Норд-экспресс", пущенный в 1896 году, соединил Париж и Санкт-Петербург по железной дороге

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 48

● ЙОКОГАМА 480

В конце 1890-х годов почта из Йокогамы в Лондон доходила по морю и поездами всего за 20 дней — а это почти 10 000 км

ПЕРУАНСКАЯ АМАЗОНИЯ 1464

ПАРОХОДНАЯ КОМПАНИЯ БУТА



1900

Месяц пути из Лондона

**ПЕРУАНСКАЯ
АМАЗОНИЯ 21**

МЕЛЬБУРН 22
Полет из Лондона
в Мельбурн и обратно
способствует глобальному
потеплению в эквиваленте
16,8 тонны CO₂ на каждого
пассажира

**ЙОКОГАМА 12 ЧАСОВ
ОТ ЛОНДОНА**

РИО-ДЕ-ЖАНЕЙРО 14

БУЭНОС-АЙРЕС 16

УДАЛЕННОСТЬ ОТ ЛОНДОНА В ЧАСАХ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 3,5

ПАРИЖ 1,5
ЛОНДОН 2

ТЕНЕРИФЕ 5

ЛИССАБОН 3

КЕЙПТАУН 11

ГИБРАЛТАР 3

ПОРТ-САИД 8

МАЛЬТА 4

БОМБЕЙ 9

В 1919 году был открыт
первый регулярный
коммерческий авиарейс —
ежедневные перелеты
между аэродромами
Хаунслоу-Хит в Лондоне
и Ле-Бурже в Париже

ГОНКОНГ 12

СИНГАПУР 13
Самый дальний беспосадочный
перелет из Лондона

ВЕЛЛИНГТОН 26



НЬЮ-ЙОРК 8

“Конкорд” долетал туда
за 3,5 часа. Из-за смены
часовых поясов пассажиры
прибывали еще до времени
отправления

САН-ФРАНСИСКО 11



2016

День пути из Лондона

**СЕНТ-ТОМАС
(ВИРГИНСКИЕ
ОСТРОВА) 21**

Почему мы до сих пор печатаем на клавиатуре QWERTY?

Научно-технический прогресс часто дарит нашему языку новые слова: вспомним хотя бы “телевидение”, “ксерокс” и “айпод”. Но слово QWERTY выбивается из общего ряда своим уникальным происхождением.

Клавиатура применяется повсюду в мире миллиардами людей ежедневно, но мы редко о ней задумываемся. А ведь при всей своей привычности и заурядности это штука очень странная. Почему, собственно, буквы на ней расположены именно в таком порядке?

Непростые отношения цивилизованного мира с клавиатурой QWERTY зародились в 1866 году в маленькой мастерской в Милуоки. Кристофер Лэтем Шоулз, издатель, начал работать там над изобретением, на котором рассчитывал разбогатеть: над машинкой, автоматически нумерующей страницы в книге.

К Шоулзу присоединился его друг-изобретатель Карлос Глидден. В июле 1867 года ему на глаза попалось краткое описание “пишущей машины” в журнале *Scientific American*. Видимо, эта заметка побудила друзей изменить курс и создать “устройство, при помощи которого... человек может печатать собственные мысли вдвое быстрее, чем записывать от руки”.

Пианино или пишущая машинка?

Через год у них было три патента. Однако распознать в их творении пишущую машинку нам было бы трудно. Она больше походила на пианино — с белыми и черными клавишами, по одной на каждую букву.

Машинку то и дело заедало, строчки получались неровные, однако Шоулз именно на ней печатал обращения к потенциальным инвесторам. Один из них, Джеймс Денсмор, тут же не глядя купил четвертую долю в патентах. Но когда он приехал в Милуоки посмотреть, во что вложил свои деньги, устройство его не особенно впечатлило, он даже назвал его “бессмысленным”. Впрочем, веры в общую идею Денсмор не утратил и призвал Шоулза продолжать работу.

Что было потом, не вполне ясно. В 1872 году Шоулз подал еще одну заявку на патент, где видно, что от фортепианной клавиатуры он отказался, заменив

ее несколькими рядами круглых клавиш, но в каком порядке на них стояли буквы, не уточнялось.

Затем — можно сказать, внезапно — появилась раскладка QWERTY (почти). В августе 1872 года *Scientific American* опубликовал хвалебную статью о “Пишущей машинке Шоулза”. На иллюстрации была четырехрядная клавиатура, и второй ряд начинался с QWERTY.

Становление QWERTY

Денсмор продемонстрировал пишущую машинку инженерам из компании “Э. Ремингтон и сыновья”. Эта нью-йоркская компания производила оружие, но решила заняться и бытовой техникой. Ремингтон подписал контракт на производство пишущих машинок и создал прототип с раскладкой QWERTUIOPY.

Видимо, Шоулз потребовал, чтобы Y вернули на законное место между T и U. Ремингтон согласился, и так наконец появилась раскладка QWERTY. В 1874 году Ремингтон выпустил в продажу “Пишущую машинку № 1”, и она быстро стала первой печатной машинкой в мире, добившейся коммерческого успеха.

К 1890 году в США использовалось уже более ста тысяч машинок с клавиатурой QWERTY. Очевидно, что в QWERTY постепенно превратилась первоначальная раскладка, предложенная в начале 1870-х годов. Но откуда взялось такое расположение букв?

Одна из версий: его придумали нарочно для того, чтобы “замедлить скорость печати”, иначе механизм постоянно заклинивало (недостаток всех первых моделей). Якобы пары букв, часто встречающиеся в текстах, постарались на клавиатуре разнести.

Но это не может быть правдой. На клавиатуре стоят бок о бок E и R — вторая по частотности пара букв в английском языке. T и H, самая распространенная пара, — тоже близкие соседи. Статистический анализ, проведенный в 1949 году, показал, что на клавиатуре QWERTY близких пар на самом деле больше, чем на клавиатуре со случайной раскладкой.

Согласно другому мифу, такая раскладка позволяла продавцам производить впечатление на покупателей,

Самые быстрые пальцы на Западе

Изобретатели пишущей машинки хотели создать “устройство, при помощи которого... человек может печатать собственные мысли вдвое быстрее, чем записывать от руки”. Этой цели они достигли. Мало кому удастся писать быстрее 30 слов в минуту, а даже те, кто плоховато печатает, могут больше. Но вот поставить рекорд не удалось. Даже самая профессиональная машинопись не обгоняет стенографию.

Запись от руки



Двухпальцевая печать



Профессиональная печать



Мировой рекорд по скорости печати (на раскладке Дворака)



Стенография



Слов в минуту

молниеносно печатая на клавишах верхнего ряда TYPE WRITER QUOTE. Идея, безусловно, красивая — и вполне возможно, что эти буквы действительно оказались рядом неслучайно, — но доказательств у нас нет.

Вероятно, более правдоподобная версия, хотя и прозаическая, состоит в том, что QWERTY — просто полупроизвольная перестановка исходной фортепианной клавиатуры.

Как было на самом деле, мы, скорее всего, никогда не узнаем. Через сто лет после того, как Шоулз придумал окончательную версию раскладки, специалист по прикладной психологии Джен Нойес из Бристольского университета опубликовала пространственный анализ, по результатам которого заключила: “Похоже... за расположением букв в раскладке QWERTY не стоит никакой очевидной причины”.

Хуже не придумаешь

Одно несомненно: когда создавалась раскладка QWERTY, никто и не думал о слепой печати. Как пишет Нойес, “изначально клавиатура QWERTY предназначалась для двухпальцевого метода, а не для слепого десятипальцевого”. Слепой метод изобрели позднее.

Это объясняет широкоизвестные практические недостатки QWERTY. В 1930-е годы, когда пишущие машинки и печатание на них завоевали популярность, исследователи засомневались в удобстве такой рас-

кладки. Один непримиримый критик QWERTY, педагог-психолог Август Дворак (дальний родственник композитора Дворжака), собрал команду инженеров, чтобы протестировать 250 вариантов раскладок, и пришел к выводу, что QWERTY — один из самых плохих.

Однако у Дворака были скрытые мотивы. В 1936 году он запатентовал альтернативную раскладку под названием “Упрощенная клавиатура Дворака”. Он уверял, что его клавиатуру проще освоить, на ней быстрее печатать, а руки меньше устают. Но она так и не стала популярной. Вообще, с тех пор как клавиатура QWERTY де-факто стала стандартом, она обошла десятки, если не сотни, якобы более удачных конкурентов. Она плавно перебралась с механических пишущих машинок на компьютеры, а теперь и на сенсорные экраны и царит всюду, где принят латинский алфавит.

И несмотря на сомнительную репутацию, она не так уж плоха: исследование 1975 года показало, что профессиональная машинистка печатает на ней со скоростью более 90% от теоретического максимума.

На самом же деле мы упорно держимся за раскладку QWERTY по инерции. Только представьте себе, во что обойдется разработка, тестирование и производство альтернативной клавиатуры — а затем еще и переучивание миллиардов людей. Покуда есть необходимость вводить буквы в разные устройства, QWERTY останется с нами.

Алфавитная мешанина

Загадочная расстановка букв на клавиатуре QWERTY — результат многолетних экспериментов.



Изобретатель Кристофер Лэтем Шоулз получил первые патенты на "пишущую машину"

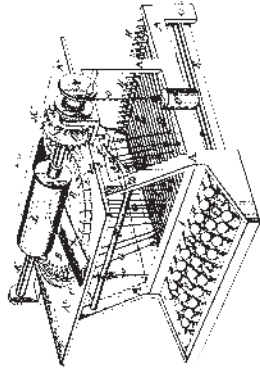
1868

Фортепианная клавиатура

Клавиатура как у пианино, с двумя рядами букв, расположенных по алфавиту, и цифр.



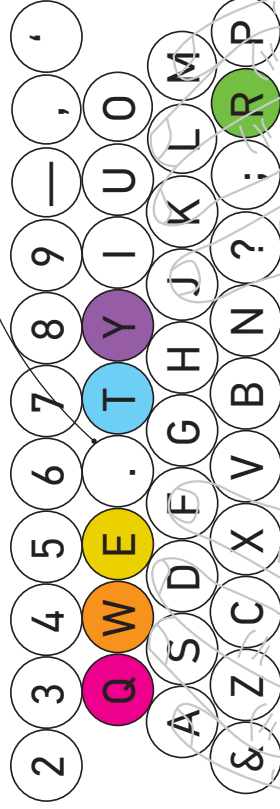
Ранее в том же году был выдан другой патент: круглые клавиши расположены в три ряда, но неясно, как расставлены буквы



1872

Четыре ряда — хорошо, два — плохо

Судя по статье в *Scientific American*, новая раскладка клавиатуры начинает напоминать QWERTY.



Бытует один миф, согласно которому клавиши располагались именно таким образом, чтобы самые распространенные пары букв были на клавиатуре разнесены. Делалось это якобы для того, чтобы механизм не заедало. Самая распространенная пара в английском языке — *TH*

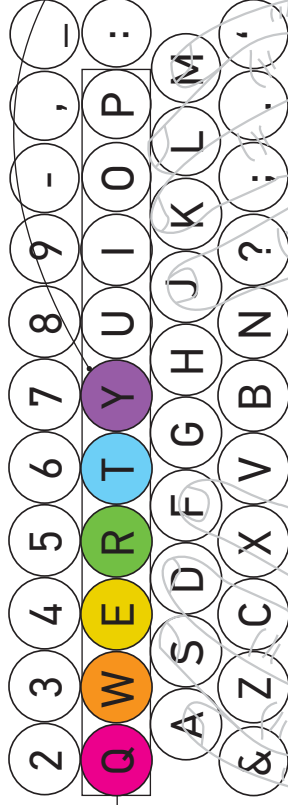
Почему Шоулз сначала поставил точку именно здесь, неизвестно. Вскоре она переместилась в правый конец нижнего ряда

1873

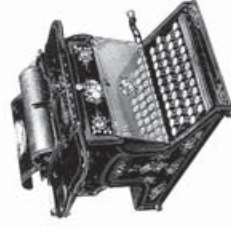
Первый вариант QWERTY

Компания Ремингтона покупает права на производство пишущих машинок и изготавливает прототип.

Впервые появляется раскладка, очень похожая на современную.



На одном лишь верхнем ряду клавиатуры QWERTY можно напечатать совсем немного английских слов. Одно из них — *typewriter*, “пишущая машинка”. Вряд ли это случайность

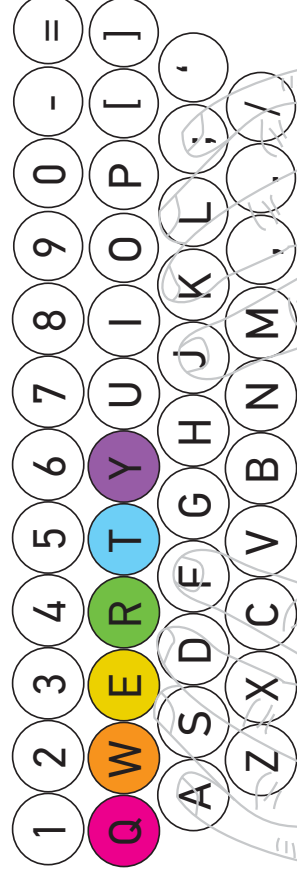


Ремингтон хотел поместить букву Y в правый конец верхнего ряда, но Шоулз настоял на том, чтобы она осталась рядом с T

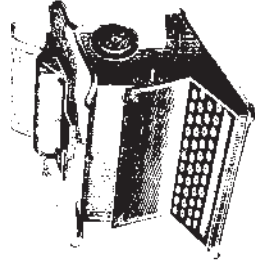
1878

Настоящая QWERTY

Раскладку снова подправляют — видимо, только для того, чтобы обойти патенты Шоулза.



Раскладку QWERTY придумали до слепого метода, а сейчас ее постоянно критикуют и называют едва ли не самой неудобной для того, чтобы печатать быстро, не глядя на клавиши



Как мы заставили электронику производить расчеты?

Если бы вы произнесли слово *computer* лет семьдесят назад, собеседник подумал бы не о машине, стоящей на столе, а о человеке, сидящем за столом с карандашом и бумагой. В те дни “компьютерами” — вычислителями — были люди, обычно женщины, производившие трудоемкие вычисления, чтобы удовлетворить всеобщую потребность в результатах промежуточных числовых расчетов.

Плодами их трудов были сборники математических таблиц — незаменимый инструмент того времени. Если ученому, инженеру, судоводителю, банкиру или актуарию нужно было проделать сложные расчеты, они доставали свои таблицы.

Пожалуй, история не знала книг скучнее — телефонный справочник и то увлекательнее, но математика Чарльза Бэббиджа это ничуть не тревожило. Человек состоятельный, он мог себе позволить заниматься самыми разными областями науки. А еще он коллекционировал опубликованные математические таблицы и беспощадно выискивал в них ошибки.

А таблицы при всей своей полезности пестрели опечатками. Один современник Бэббиджа обнаружил, что в сорока случайно выбранных сборниках таблиц содержится 3700 замеченных ошибок. Это сильно беспокоило Бэббиджа, ведь таблицы играли важнейшую роль в набиравшей ход промышленной революции.

Однажды вечером в 1821 году Бэббидж и его друг Джон Гершель решили развлечься — встретились, чтобы поискать вместе ошибки. И нашли очень много. Впоследствии Бэббидж написал: “В какой-то момент этих несоответствий накопилось так много, что я воскликнул: «Господи, вот бы эти расчеты проделывала паровая машина!»”. И тут Бэббиджа осенило: надо создать автоматическую вычислительную машину!

Бэббидж быстро придумал, как сконструировать такое устройство, которое назвал разностной машиной. Она должна будет проделывать те же расчеты, что и человек-вычислитель, только без ошибок.

Разностная машина получила такое название, поскольку принцип ее работы был основан на матема-

тическом методе конечных разностей. Очень удобно, что он требует только операции сложения.

В 1837 году Бэббидж, работая над прототипом разностной машины, уже начал размышлять о вычислительном устройстве с большими возможностями. Разностная машина могла только складывать, но Бэббидж понял, что возможно создать универсальную машину, которая умела бы складывать, вычитать, умножать и делить, выполняя действия в заданном оператором порядке. Бэббидж назвал ее аналитической машиной.

Спрашивай что хочешь

Аналитическую машину часто называют первым в мире компьютером. И это не преувеличение: она обладала многими ключевыми элементами современных компьютеров, включая центральный процессор и память. Но главное — машина умела работать с любыми теоретически вычислимыми математическими функциями. На языке информатики это называется “полнотой по Тьюрингу”.

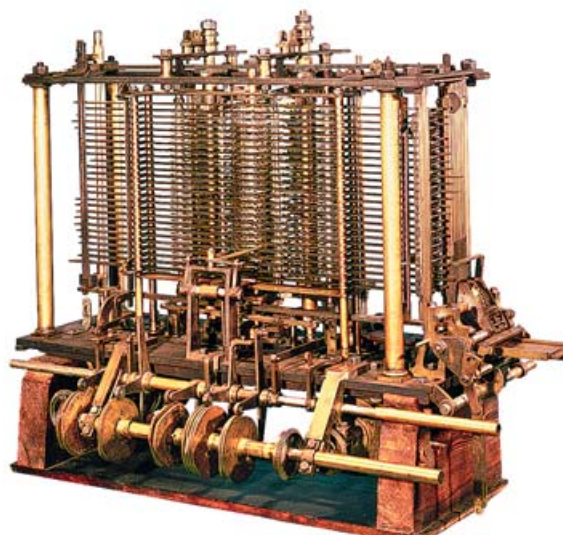
То есть машина была бы полна по Тьюрингу, если бы Бэббидж ее создал. Он работал над ней до конца своих дней, но в 1871 году, когда изобретатель скончался, была готова только ее часть. Пожалуй, неудивительно: полномасштабная аналитическая машина была бы размером с локомотив.

Чтобы воплотить эти идеи в жизнь, понадобился другой математический гений. В 1936 году Алан Тьюринг, тогда еще аспирант 24-х лет, написал статью, заложившую основы современной компьютерной техники.

Он не собирался строить реальную машину, его цель была другой — решить мудреную “проблему разрешимости”, которую сформулировал в 1928 году Давид Гильберт. Гильберт хотел узнать, все ли математические утверждения можно проверить, или же среди них есть “неразрешимые”. Для утверждения наподобие $2 + 2 = 4$ это тривиально, но с более сложными все гораздо заковыристей.

Если бы вся математика была разрешима, можно было бы построить машину, которая давала бы опре-

Часть механического компьютера Чарльза Бэббиджа, созданная к 1871 году



деленный ответ — да/нет — на любое математическое утверждение. Тогда ответы на все важные вопросы математики были бы найдены.

Чтобы решить эту задачу, Тьюрингу надо было сначала продумать концепцию машины, способной на такие подвиги. Он провел один из самых важных мысленных экспериментов в истории науки и представил себе машину, способную считывать символы, напечатанные на бесконечной бумажной ленте. Прочитав символ, машина должна решить, что делать дальше, в соответствии с набором запрограммированных правил: стереть символ и/или напечатать новый, сдвинуть ленту на одну позицию вправо или

влево либо остановиться. Руководствуясь заданными правилами, такая “машина Тьюринга” могла бы решать математические задачи. Но поскольку у каждой конкретной машины свои неизменные внутренние правила, ее нельзя применить для ответа на общий вопрос Гильберта.

Универсальная машина

И тут Тьюринга осенило: можно задать внутренние правила на самой бумажной ленте! Такое устройство можно запрограммировать для выполнения действий любой мыслимой машины Тьюринга. Так была задумана “универсальная машина Тьюринга”, способная выполнять любую последовательность математических и логических операций. Иначе говоря, компьютер.

Теперь стало довольно просто разобраться, что вычислимо, а что нет, а значит, решить проблему Гильберта. Тьюринг показал, что существуют задачи, которые не решит даже его универсальная машина.

Это были не такие уж и плохие новости. Не прошло и пяти лет, как теоретическое устройство Тьюринга стало реальностью: в 1941 году в Берлине создали первый полный по Тьюрингу компьютер — Z3. Германское правительство почему-то не сообразило, что компьютер можно применить в военных целях, но британцы этой ошибки не повторили. Тьюринг продолжил работу в Блетчли-Парк над компьютерами “Колосс”, сыгравшими судьбоносную роль в расшифровке перехваченных нацистских сообщений.

Со времен тех исполинов, занимавших целую комнату, компьютеры несколько преобразились. Но по своей сути это по-прежнему всего лишь физическое воплощение концепций Бэббиджа и Тьюринга.

Компьютер говорит “нет”

Одна из математических проблем, которые, как показал Алан Тьюринг, не могут быть разрешены компьютером, — это самоотносимая проблема остановки, поиск ответа на вопрос “Остановится ли эта программа?”. Ни один компьютер не может заранее это определить, не запустив программу. Даже если будет производить вычисления триллион лет, он не сможет точно сказать, достигим ли результат в принципе. Так Тьюринг доказал, что не существует процедуры, позволяющей определить, истинно или ложно данное математическое утверждение. Поэтому надежда разрешить все-все математические задачи рухнула, оставив по себе облачко логической пыли.

Быстрее, еще быстрее

В 1965 году сооснователь *Intel* Гордон Мур заметил, что количество транзисторов на интегральной схеме удваивается каждые два года. Он предсказал, что этот экспоненциальный рост будет продолжаться не меньше десяти лет. Его прогноз получил название “закон Мура”. И актуален до сих пор.

Транзистор — фундаментальный “кирпичик” современных компьютеров

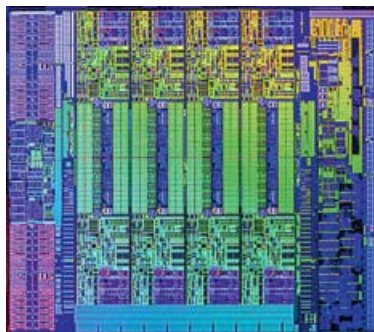
Закон Мура — не закон природы, а самоисполняющееся пророчество, которое подталкивает прогресс в компьютерной индустрии

Интегральная схема — это набор транзисторов и других микроэлектронных компонентов на кремниевой подложке

1971
Intel 4004

2016
Intel Core i7-5960X

В натуральную величину



Миллионы инструкций в секунду

Первый центральный процессор на одной микросхеме

Высококачественная микросхема в современных персональных компьютерах

2300 транзисторов

2,6 миллиарда транзисторов

0,092 MIPS | 200 \$ | 0,43 \$
быстродействие | стоимость | стоимость транзистора

238 310 MIPS | 999 \$ | 0,000000038 \$
быстродействие | стоимость | стоимость транзистора

В 1971 году микросхема с 2,6 млрд транзисторов была бы размером с теннисный корт



Если бы закону Мура подчинялась и другая техника, то машины разгонялись бы



“Мерседес-Бенц 280 SE” 1971 года

Предельная скорость 200 км/ч | Расход топлива 17,1 мили на галлон | Стоимость 6485 \$

до 500 миллионов км/ч, пробегали бы

на одном галлоне 20 миллионов миль

и стоили бы меньше цента. Самолеты

“Боинг-727” 1971 года

Скорость 870 км/ч | Стоимость 4,25 млн \$



летали бы со скоростью больше

2 миллиардов км/ч и стоили бы два доллара.

А на виниловой пластинке хранилось бы

82 года музыки.



**12-дюймовая виниловая
пластинка в 1971 году**
45 минут музыки

Кто первым обрел рентгеновское зрение?

Для такого скромного и замкнутого человека, как Вильгельм Рентген, зима 1895 года стала, должно быть, ошеломляющей. Все началось с того, что Рентген испугался, не сошел ли с ума, а закончилось тем, что он стал самым знаменитым ученым в мире.

Вот уже 11 лет Рентген работал в провинциальном университете Вюрцбурга. Среди коллег он слыл достойным физиком, но не отмеченным печатью гениальности. Он определенно не искал славы. То, что он невольно попал под ее лучи, — вина совсем других таинственных лучей, которые засияли в его лаборатории одним ноябрьским вечером 1895 года.

Странное сияние

Рентген проводил тогда опыты с трубкой Крукса — прообразом катодных электронно-лучевых трубок, что проецировали изображение на экраны старых телевизоров. Трубка Крукса — это стеклянная камера с электродами на обоих концах, из которой откачан воздух. Если подать на электроды достаточно высокое напряжение, стекло напротив катода начинает светиться. Теперь мы знаем, что этот эффект вызывается катодными лучами — электронами, разогнанными электрическим полем, которые бомбардируют атомы стекла.

Но свет, увиденный Рентгеном, был вовсе не в трубке. Он засиял в нескольких метрах от нее, у дальней стены лаборатории, на кусочке картона, покрытом флуоресцентным веществом. Катодные лучи не могли так далеко добраться.

Рентген начал экспериментировать. Он поместил вакуумную трубку за лист черного картона, чтобы преградить путь видимому свету, но экран по-прежнему светился. Несколько следующих недель ученый практически не вылезал из лаборатории, пытаясь найти источник свечения. “Я никому не рассказывал о своей работе, — писал он впоследствии. — Только предупредил жену: занимаюсь чем-то таким, что если люди об этом прослышат, то скажут, что Рентген спятил”.

К Рождеству он убедился, что в своем уме. Внутри трубки вырабатывался какой-то неизвестный пре-

жде тип излучения. Рентген назвал его Х-лучами. Ясно было одно: они проходят не только сквозь картон, но и сквозь дерево и человеческую плоть. Но не через кости: как-то раз Рентген провел рукой между трубкой и экраном и на миг увидел собственный скелет.

Рентген написал статью о своем открытии, которая была опубликована в журнале местного научного общества 28 декабря 1895 года, но сенсации не случилось. Однако ученый понимал, что обнаружил нечто очень важное, поэтому в первый день 1896 года разослал экземпляры своей статьи физикам по всей Европе. В двенадцати из этих писем было вложение, свидетельствующее о скрытом таланте ученого к саморекламе: снимок руки жены, Анны-Берты, на котором прекрасно видно ее кости и обручальное кольцо.

Дальше события развивались стремительно. Одним из тех, кто получил письмо с первым в истории рентгеновским снимком, был Франц Экснер, студенческий приятель Рентгена, а тогда профессор физики в Венском университете. Экснер был человек компанейский, и в обширный круг его знакомств входил издатель самой популярной венской газеты *Die Presse*.

Передовицы

5 января 1896 года газета вышла под заголовком *Eine sensationelle Entdeckung* (“Сенсационное открытие”). Вероятно, отчасти дело было в том, что в затишье после Рождества у газетчиков вечно не хватает новостей, но и сенсацию они почуяли безошибочно, хотя от восторга написали фамилию Рентгена с ошибкой.

“В научных кругах Вены известие об открытии, сделанном, как говорят, профессором Роутгеном из Вюрцбурга, вызвало горячий интерес, — так началась статья. — Если информация об открытии подтвердится... перед нами эпохальный результат в области точных наук, который открывает замечательные перспективы и в физике, и в медицине”. Сюжет *Die Presse* подхватили газеты по всему миру, и Х-лучи стали первым научным открытием, превратившимся в газетную сенсацию международного масштаба.

Х-лучи на продажу

В первой статье о рентгеновских лучах точно предсказывалось, какой будет основная сфера их применения: они позволяют заглянуть внутрь человеческого тела. И миру не пришлось долго ждать, когда Х-лучи оправдают возложенные на них надежды. За это тоже нужно в первую очередь благодарить Рентгена: он не хотел делать деньги на своем открытии, говоря, что оно “принадлежит всему миру и не должно находиться в чьих-то одних руках по всякого рода патентам и лицензиям”. Всего через 20 дней после публикации исходной статьи одна берлинская фирма уже предлагала врачам приобрести “трубки Рентгена”.

А вот на то, чтобы понять, что же представляют собой Х-лучи, потребовалось гораздо больше времени. Только в 1905 году была открыта поляризация рентгеновского излучения, а в 1912-м — преломление. Оба открытия указывали на то, что рентгеновские лучи — это просто разновидность электромагнитного излучения, как свет, только с очень маленькой длиной волны, которая позволяет им беспрепятственно проходить сквозь многие материалы.

К тому времени Рентген уже получил первую в истории Нобелевскую премию по физике (в 1901 году). Он постеснялся прийти на церемонию, а денежную часть награды подарил своему университету.

Рентген умер в 1923 году от рака, хотя вряд ли пал жертвой собственных научных изысканий, поскольку был осторожен и не подвергался облучению подолгу. После смерти его личный научный архив был уничтожен согласно последней воле ученого.

Сегодня мало кому из нас удастся прожить жизнь, ни разу не пропустив через себя рентгеновские лучи, будь то в больнице или в аэропорту. Существуют особые телескопы, которые улавливают рентгеновские лучи и показывают нам изображения самых бурных процессов во Вселенной, в том числе столкновений галактик или гибели звезд в черных дырах. Так что Х-лучи позволяют нам видеть дальше.

Х-человек поневоле

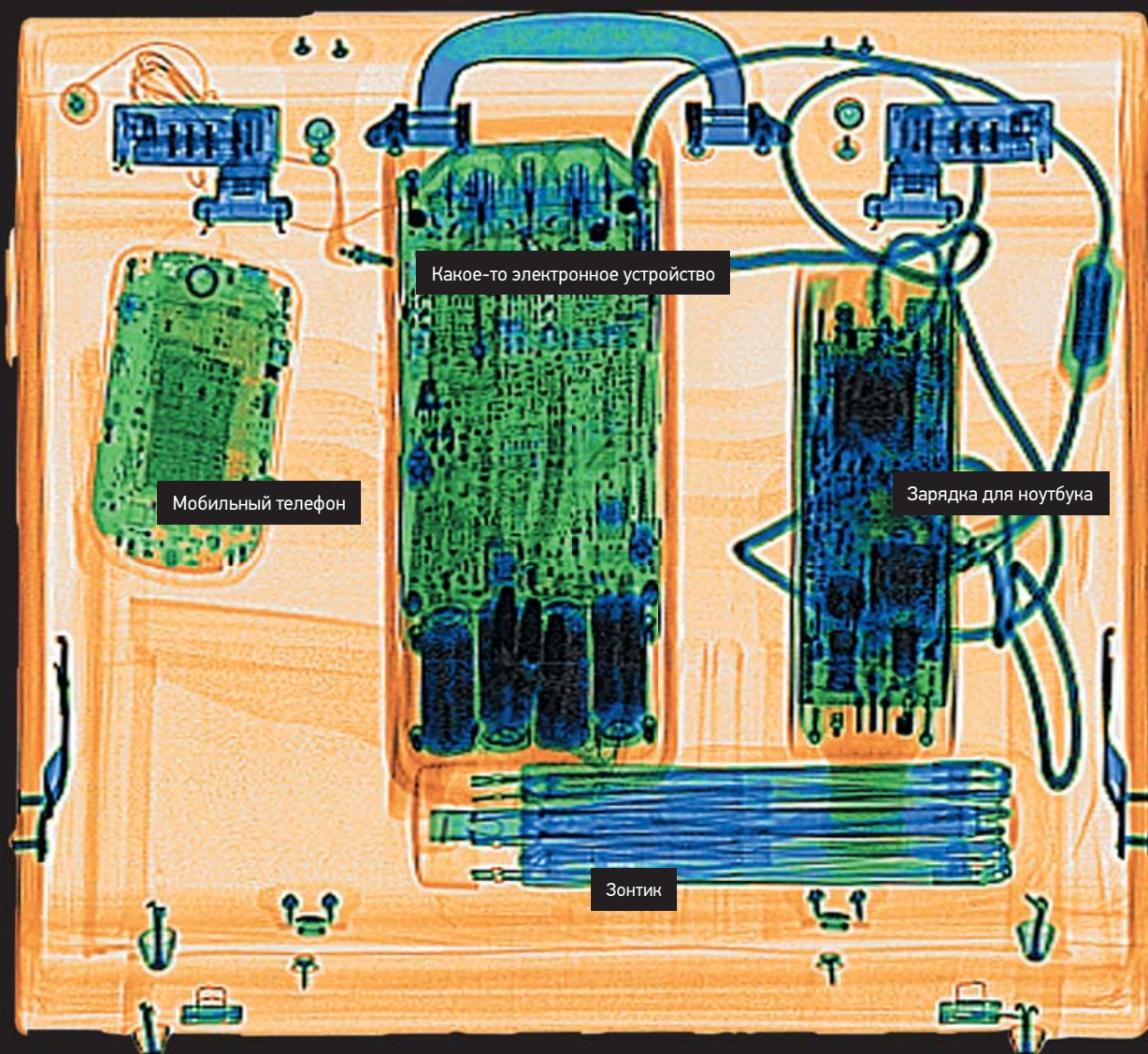
Вильгельм Рентген не стремился стать научной знаменитостью, но Физико-медицинское общество Вюрцбурга вовсю старалось разрекламировать его самого и его лучи. Через месяц после открытия оно устроило роскошное празднество в честь Рентгена, на котором президент общества под гром оваций предложил впредь называть Х-лучи “рентгеновскими”. Рентген с присущей ему скромностью предпочитал первоначальное название, как и весь англоязычный мир. Однако и в немецком, и в большинстве других европейских языков принято называть это излучение в честь первооткрывателя. Забавно, что *Google*-переводчик сегодня переводит *Herr Röntgen* как *Mr. X-ray*.



Первый в мире рентгеновский снимок — рука миссис X

Что таится внутри

Рентгеновские лучи позволяют службе безопасности аэропорта заглядывать внутрь багажа. Однако большинство сканеров в аэропортах всего не выявляют.



Источник в сканере испускает рентгеновские лучи, которые проходят сквозь большинство материалов, кроме относительно плотных, например металлов. Такие плотные объекты могут прятать за собой другие предметы.

Материалы низкой плотности — бумага, дерево, ткань, пищевые продукты, пластик — на экране выглядят **оранжевыми**.

Плотные материалы, например металл или стекло, выглядят **зелеными**, **синими** или **черными** (в зависимости от плотности).

Рентгеновский сканер обратного рассеяния дает результаты надежнее. Он улавливает отраженные обратно рентгеновские лучи, позволяя рассмотреть предметы, которые не выявляет стандартное сканирование.



В 2008 году рентгеновские сканеры обратного рассеяния начали применять и при досмотре людей, однако в 2013 году от этой практики отказались, поскольку многие жаловались, что изображения получаются слишком откровенными

При чем здесь везение?

Часто говорят, что необходимость — мать изобретательства. Но иногда получается наоборот.

В 1968 году Спенсер Сильвер из американской химической компании “3М” разрабатывал суперпрочный клей. С поставленной задачей он не справился: клей получился слабенький. Зато с интересными особенностями. Предметы приклеивались друг к другу, но и легко отделялись обратно. При этом липких следов не оставалось, а клей сохранял свои свойства.

Сильвер назвал это “решением без проблемы”, так и не сумев придумать, какую проблему мог бы решить такой клей. Он рассказал о своем изобретении всей фирме: вдруг кто-то придумает, на что оно годится. В 1974 году на одном из совещаний Сильвера побывал его коллега Артур Фрай. Фрай пел в церковном хоре, и его раздражало, что из сборника гимнов постоянно выпадают бумажные закладки. Он сообразил, что можно временно приклеивать их субстанцией Сильвера, не боясь повредить страницы. Так родилась идея многоразовых стикеров.

Влипли так влипли

Фирма “3М” выпустила в продажу самоклеящуюся бумагу для записок *Press 'n Peel* в 1977 году, но та не имела особого успеха. В 1980-м под новым брендом *Post-it notes* стикеры тут же завоевали популярность. Характерный цвет тоже совершенно случаен. В лаборатории Фрая просто нашлась уйма желтой макулатуры, с которой и стали экспериментировать.

Стикеры иногда называют классическим примером изобретения, вырвавшего успех из зубов неудачи. Но это далеко не единственный случай. К области неожиданностей с липкими веществами относится и суперклей, который в 1942 году случайно получили сотрудники химического подразделения “Истмен-Кодак” в Рочестере (штат Нью-Йорк). Они разрабатывали прозрачную пластмассу для оптических прицелов. В один прекрасный день они занялись классом химических веществ под названием “цианоакрилаты”, которые полимеризуются в присутствии воды. Однако от исследо-

ваний пришлось сразу же отказаться, поскольку выяснилось, что эти химикаты накрепко ко всему пристают.

Решено было цианоакрилаты не применять, однако в 1951 году сотрудники “Истмен-Кодак” открыли их заново и поняли, что перед ними великолепная основа для клея. Тогдашние клеи по большей части требовали после нанесения каких-то дополнительных манипуляций, иначе они не схватывались: сдавливания, нагревания или просто времени. А цианоакрилат обходился без всего этого, достаточно было контакта с влагой из воздуха (или на пальцах).

Компания выпустила клей в продажу в 1958 году, но, к сожалению, снабдила неприлипчивым названием “Истмен №910”. Тогда она продала бренд компании “Локтайт”, которая тоже не особенно отличилась: клей продавался как “Локтайт Квик Сет 404”. Слово “суперклея” вошло в обиход позже.

Среди химических веществ, попавших из грязи в князи, был и тетрафторэтилен. Одним субботним утром в апреле 1938 года химик Рой Планкетт безуспеш-

Случайности неизбежны

Стикеры, суперклея, микроволновки и тефлон — вот самые знаменитые примеры открытий, ставших неожиданным побочным продуктом совершенно других проектов. И этот перечень далеко не полон. Когда Джейкоб Голденберг из Аризонской школы бизнеса в Израиле проанализировал историю двухсот важных изобретений, он обнаружил, что примерно половина из них были созданы до того, как им нашлось применение. Частенько изобретательность — мать необходимости, а не наоборот.

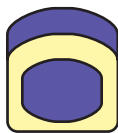
но работал в своей лаборатории в фирме “Дюпон” в Нью-Джерси над новым хлад-агентом. Начал он с исследований необычного газа тетрафторэтилена — соединения углерода и фтора. Этого газа был целый баллон, только почему-то не получалось его оттуда извлечь. В итоге Планкетт распилил баллон пополам и обнаружил внутри белое воскообразное вещество. Химик понял, что молекулы газа прореагировали друг с другом и образовали полимер, а катализатором выступила сталь со стенок баллона.

На сковородку

Оказалось, что у политетрафторэтилена (ПТФЭ) есть некоторые полезные свойства. Прежде всего, связь углерода с фтором необычайно прочна, а следовательно, полимер ни с чем не вступает в реакции. Это подсказало первую сферу его применения. Ученым, работавшим в Манхэттенском проекте, нужно было как-то хранить фтор, использовавшийся для обогащения урана. Фтор крайне реактивен, но политетрафторэтилен до того химически инертен, что не поддавался даже на его провокации, поэтому полимером покрыли изнутри все трубы, клапаны и краны.

Кроме того, химики вскоре обнаружили, что политетрафторэтилен, который к тому времени уже зарегистрировали под торговой маркой “тефлон”, отталкивает воду и жир, что превращало его в идеальное антипригарное покрытие для сковородок. Еще он защищал скафандры астронавтов, а сегодня тефлоном покрывают сердечные клапаны, потому что иммунная система его не отторгает.

К счастливым случайностям военной поры относятся и микроволновая печь. В 1945 году Перси Спенсер, инженер из американской оборонной компании “Рэйтеон”, работал над радаром, вторым по важности военным проектом после Манхэттенского, и вдруг за-



Вазелин получили из так называемой парафиновой пробки (мутных отложений, образующихся при бурении нефтяных скважин)



Сукралоза разрабатывалась как инсектицид



Виагра изначально была сердечным препаратом, но у него оказались неожиданные побочные эффекты

метил, что шоколадка у него в кармане растаяла прямо в обертке.

Спенсер заподозрил, что виной тому основной компонент радара — магнетрон, генерирующий микроволновое излучение. Тогда он наскоро собрал экспериментальную печку и принялся стряпать: приготовил попкорн, а затем сварил яйцо, которое взорвалось прямо в лицо его коллеге.

Оказалось, что микроволновое излучение, генерируемое магнетроном радара, обладает длиной волны, идеально подходящей для того, чтобы заставить молекулы воды бешено вибрировать — а значит, нагревать пищу. Два года спустя “Рэйтеон” начал продавать микроволновые печи, в которых стояли точно такие же магнетроны, что и в радиолокационных передатчиках. Эти печки, *Radarange*, были гораздо мощнее нынешних: картошка в них запекалась за две минуты. “Прошло много лет, прежде чем все сообразили, что для того, чтобы подогреть еду, не нужны магнетроны радарного качества”, — говорил впоследствии внук Спенсера Род.

Эпоха пластмасс

Но, пожалуй, к самым масштабным последствиям привел зигзаг удачи Лео Бакеланда, химика бельгийского происхождения из Нью-Йорка. В 1907 году в мире возник дефицит шеллака — смолы, выделяемой насекомыми и используемой для обработки древесины. Бакеланд попытался создать синтетическую смолу из фенола и формальдегида, но получил какой-то вязкий бурый ком. Однако ученый обнаружил, что, если придать этому веществу форму, а потом нагреть, получится прочный материал. Так он изобрел первую в мире термореактивную пластмассу. Скромно назвав ее бакелитом, он стал на ней зарабатывать. Может, необходимость и не мать изобретательности, но фортуна явно благоволит подготовленным.

Дзынь!

Микроволновые печи стали случайным побочным результатом разработки радаров во время Второй мировой войны.

Одним из главных разработчиков радаров на стороне союзников был американский физик Перси Спенсер. В 1945 году он работал над радаром в оборонной компании "Рэйтеон".

В один прекрасный день он взял с собой шоколадку в кармане. А когда достал, обнаружил, что она растаяла.

Спенсер понял: он ведь стоял перед магнетроном, той самой частью радара, которая генерирует микроволновое излучение.

Он отправил помощника за кукурузными зернами и рассыпал их возле магнетрона.

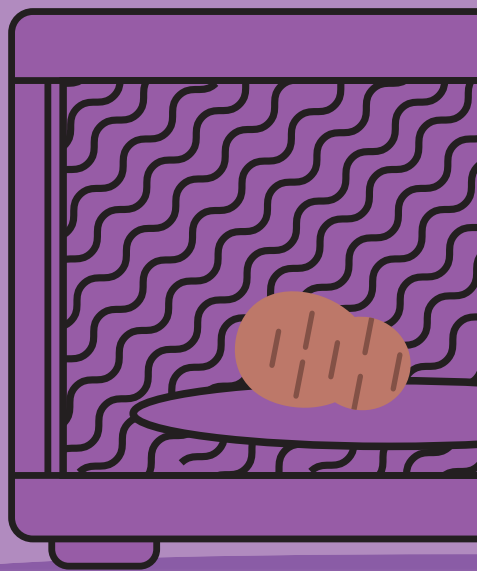
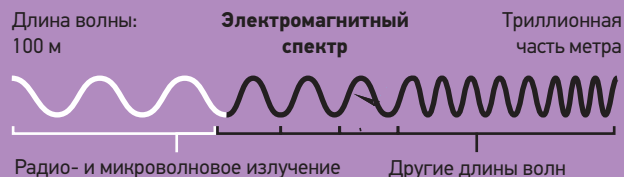
Зерна
начали
лопаться!

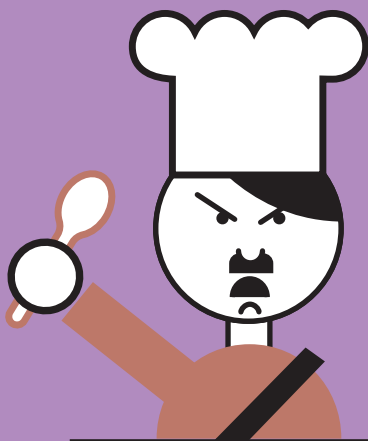
Тогда он
сварил
яйцо.

Энергия микроволнового излучения заставляет молекулы воды в пище вибрировать быстрее — что и происходит при обычном приготовлении еды.

Молекулы воды

Радары работают в радио- или микроволновом диапазоне



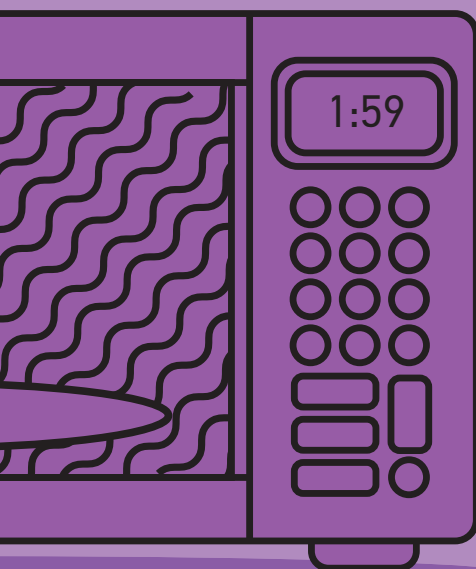


Компании “Рэйтеон” нужны были новые продукты для экономики мирного времени. Спенсер убедил руководство вложить средства в проект по превращению радаров в бытовую технику.

Первая микроволновая печь была почти два метра высотой и массой больше 250 килограммов



Она была впятеро мощнее современной микроволновки: в ней можно было запечь картошку за 2 минуты. В компании это называли “готовкой по секундомеру”



В 1947 году фирма “Рэйтеон” выпустила в продажу модель *Radarange*. Она стоила 3000 долларов (это примерно 30 000 нынешних долларов).

Затея провалилась...



Компания совершила ошибку, используя дорогие генераторы микроволнового излучения — радарного качества.

В 1965 году она предприняла вторую попытку. И предложила покупателям печки с более дешевыми магнетронами всего за 500 долларов. К концу 1970-х продажи микроволновых печей обогнали продажи обычных духовок.



Как мы стали разрушителями миров?

Лео Силард стоял у пешеходного перехода в Лондоне, у Рассел-сквер, когда его осенила идея. Это было 12 сентября 1933 года. Пройдет без малого 12 лет, и США сбросят на Хиросиму атомную бомбу. Погибнет около 135 000 человек.

Путь от мысли Силарда до ее смертоносного воплощения — одна из самых примечательных глав в истории науки и техники. Действующие лица этой драмы — люди сплошь незаурядные, многие из которых бежали от фашизма, и сама идея бомбы казалась им безнравственной, однако еще сильнее их страшила перспектива, что нацистская Германия создаст бомбу первой.

Сам Лео Силард был евреем и родился в Венгрии. Он бежал из Германии в Великобританию через два месяца после того, как Адольф Гитлер стал канцлером. Силард очутился в стране, которая в те годы была авангардом ядерной физики. Джеймс Чедвик только что открыл нейтрон, а кембриджские физики вскоре “расщепили атом”. Бомбардируя ядро лития протонами, они разделили его на два ядра гелия, попутно подтвердив гениальную мысль Эйнштейна об эквивалентности массы и энергии: $E = mc^2$.

Этот важный эксперимент и натолкнул Силарда на его блестящую мысль. Ученый заключил, что если удастся найти атом, который при бомбардировке ней-

тронами сам испускает два или больше нейтронов, то в ходе самоподдерживающейся цепной реакции даже небольшая масса вещества, состоящего из таких атомов, высвободит огромное количество энергии.

Силард стал работать над этим, но без особых успехов. Прорыв произошел лишь в 1938 году — по иронии судьбы, в Берлине, столице нацистов, где немецкие физики Отто Ган и Фриц Штрассман бомбардировали атомы урана нейтронами. Проанализировав осколки деления, они с изумлением обнаружили следы значительно более легкого элемента — бария.

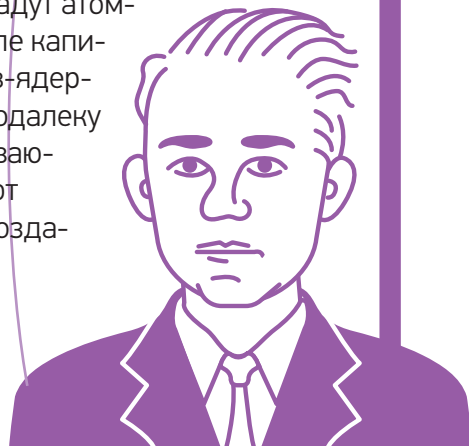
Цепная реакция

Большая удача, что и Ган, и Штрассман были противниками режима. Ган написал австрийскому химику Лизе Мейтнер, которая работала с ним в Берлине, но после захвата Вены нацистами в 1938 году бежала в Швецию. Мейтнер в ответном письме объяснила, что ядра урана расщеплялись на две примерно равные части. Этот процесс она назвала “делением”.

Следующую деталь головоломки удалось раздобыть, когда итальянский физик Энрико Ферми, бежавший от фашизма в Америку и работавший в Колумбийском университете в Нью-Йорке, открыл, что при делении урана высвобождаются вторичные нейтроны, необходимые для возникновения цеп-

Взрывная новость

Работа над Манхэттенским проектом велась в большой спешке, поскольку все боялись, что нацисты победят в гонке и первыми создадут атомную бомбу. Теперь мы знаем, что этого быть не могло. После капитуляции Германии в 1945 году десять ее ведущих физиков-ядерщиков были интернированы и содержались в имении неподалеку от Кембриджа. Их комнаты были нашпигованы подслушивающей аппаратурой, и расшифровки разговоров не оставляют никаких сомнений в том, что Германия не была близка к созданию атомной бомбы и даже не считала его возможным.





“Я не верю ни единому слову”

Когда немецкий физик Вернер Гейзенберг узнал о разрушении Хиросимы, то наотрез отказался верить, что виной тому было ядерное оружие

ной реакции. Вскоре Силард присоединился к Ферми в Нью-Йорке.

Вместе они подсчитали, что килограмм урана даст примерно столько же энергии, сколько и 20 000 тонн тринитротолуола. Силард уже осознал угрозу ядерной войны. “Я почти не сомневался, что мир катится к большой беде”, — вспоминал он впоследствии.

Однако многие сомневались. В 1939 году датский физик Нильс Бор, активно помогавший немецким ученым бежать через Копенгаген, отнесся к идее создания атомной бомбы критически. Он отметил, что уран-238, изотоп, составляющий 99,3 % природного урана, не будет испускать вторичные нейтроны. На такое способен лишь очень редкий изотоп — уран-235.

Но Силард был по-прежнему убежден в возможности цепной реакции и очень боялся, что нацисты также об этом догадываются. Он посоветовался с Юджином Вигнером и Эдвардом Теллером — тоже эмигрантами из Венгрии. Они согласились, что лучшая кандидатура на роль человека, который предупредит об опасности президента Рузвельта, — это Эйнштейн. Знаменитое письмо Эйнштейна было отправлено вскоре после начала войны в Европе, но не возымело ожидаемого воздействия.

Все резко изменилось в 1940 году, когда пошли слухи, что два немецких физика, работавших в Великобритании, доказали, что Бор ошибался. Рудольф Пайерлс и Отто Фриш придумали, как получить большое количество урана-235 и сделать из него бомбу, и поняли, к каким страшным последствиям приведет сброс такой бомбы. Пайерлс и Фриш (которому Бор помог сбежать) пришли в ужас при мысли об атомной бомбе в руках нацистов и в марте написали обращение к британскому правительству с настоятельным призывом принять незамедлительные меры. Их “Меморандум о свойствах радиоактивной супербомбы” оказал большее влияние, чем письмо Эйнштейна Рузвельту, и привел к запуску британского проекта по созданию атомной бомбы — под кодовым названием “Тьюб-Эллойс” (“Сплавы для труб”).

Их письмо побудило к действиям и США. В апреле 1940 года правительство назначило физика Артура Комптона руководителем программы по созданию ядерного оружия, из которой в итоге возник Манхэттенский проект. Комптон объединил исследовательские группы, занимавшиеся цепной реакцией, под одной крышей в Чикаго, и летом они начали серию экспериментов по осуществлению такой реакции.

Дополнительным стимулом послужила бомбардировка Перл-Харбор в 1941 году. Через год команда Манхэттенского проекта готова была запустить цепную реакцию в “поленице” из урана и графита, которую сложили в зале для игры в сквош под трибунами футбольного поля Чикагского университета. В среду 2 декабря 1942 года эксперимент увенчался успехом.

Черный день

Победу отмечали сдержанно. Когда было получено подтверждение, что реакция прошла, Силард пожал Ферми руку и сказал: “Это станет черным днем в истории человечества”.

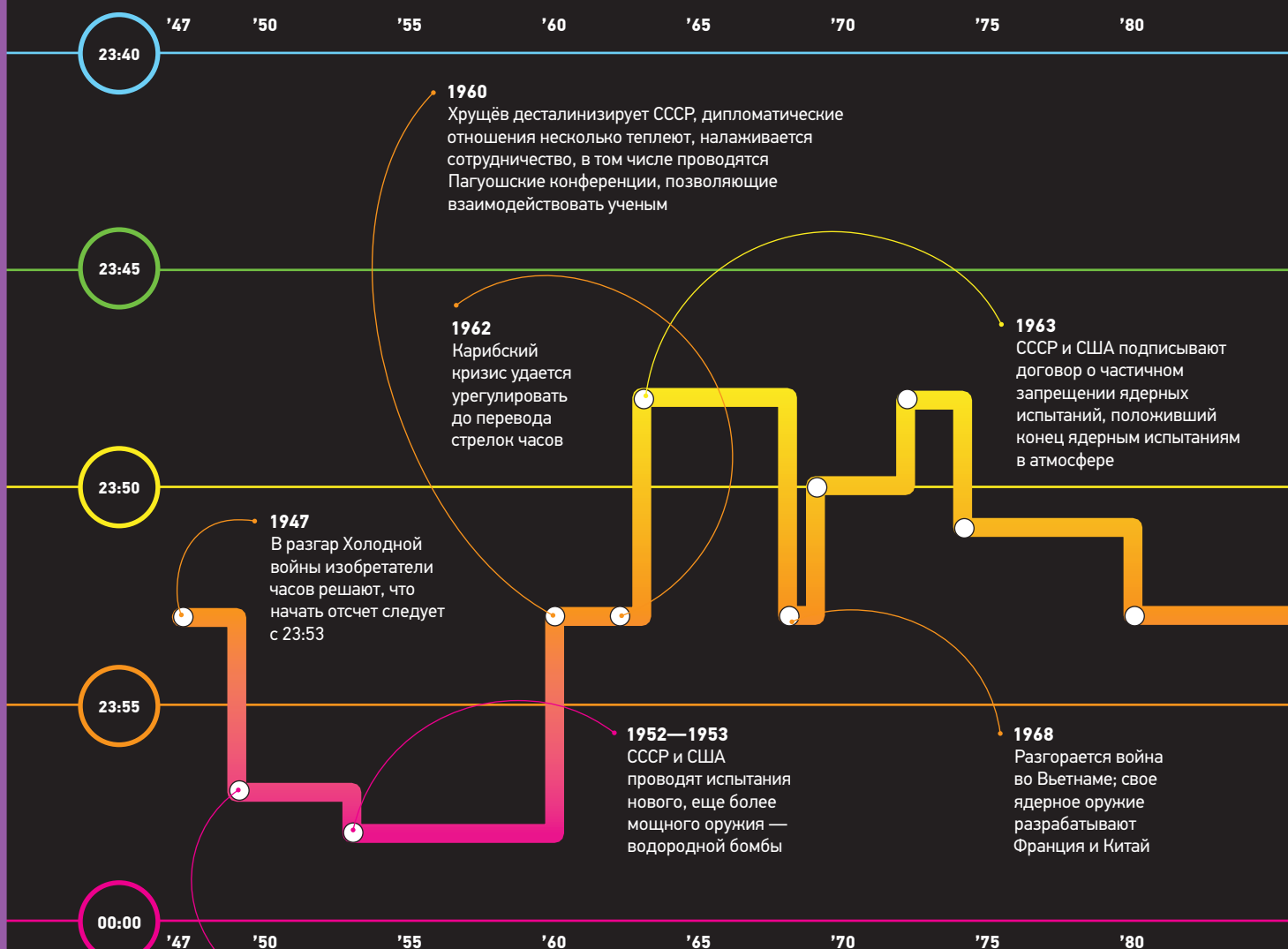
В течение следующих четырех лет США, Великобритания и Канада не жалели средств на Манхэттенский проект. В него через некоторое время влилась и программа “Тьюб-Эллойс”. Нацистская Германия тоже запустила программу разработки ядерного оружия, но особого прогресса не достигла.

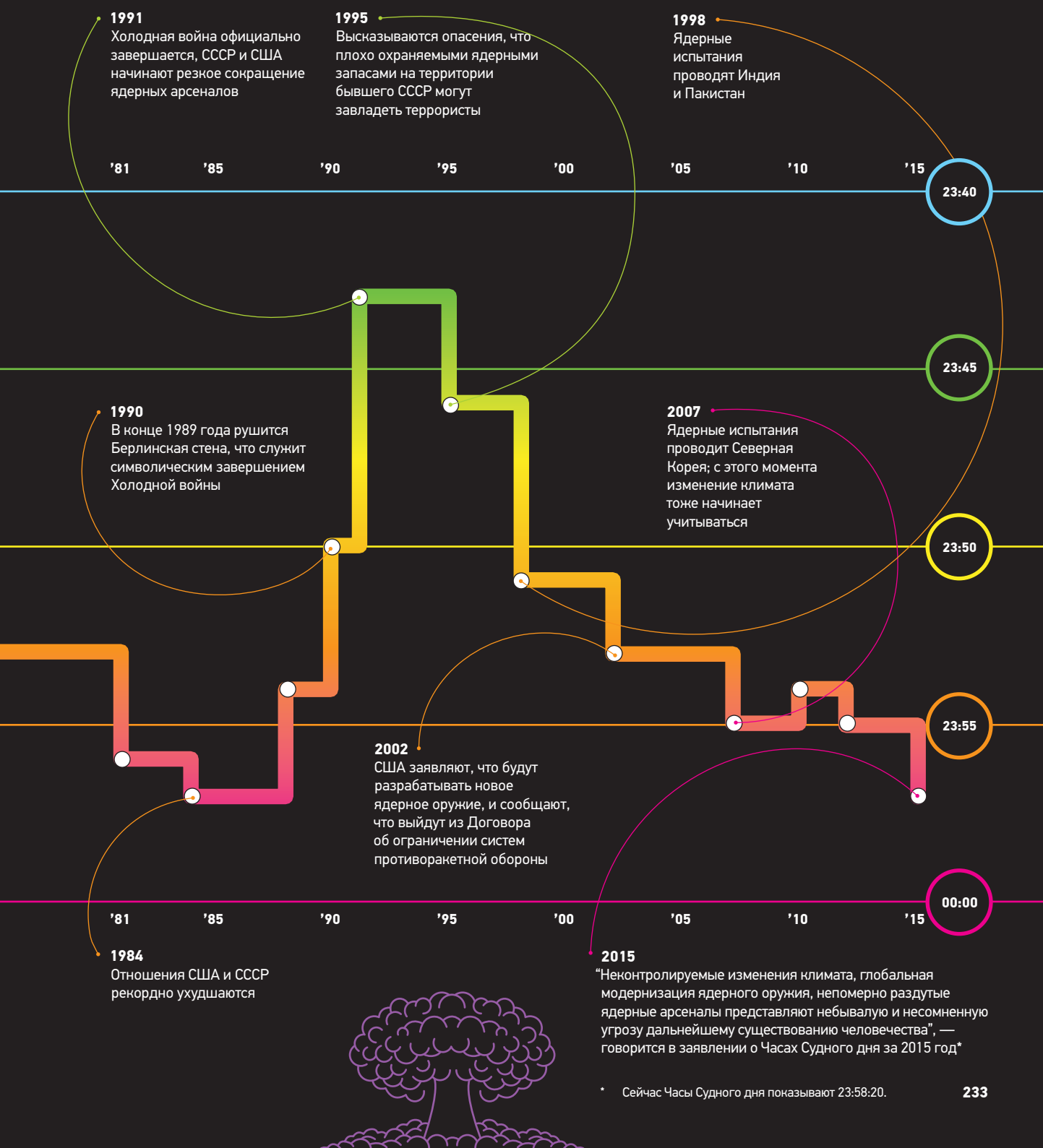
16 июля 1945 года США взорвали первую атомную бомбу в пустыне в Нью-Мексико. Эти испытания стали неопровержимым страшным доказательством, что ядерную энергию можно превратить в оружие массового уничтожения, и заставили Роберта Оппенгеймера вспомнить строчку из древнеиндийской “Бхагавад-гиты”: “Я — смерть, разрушитель миров”.

Бомбардировки Японии запустили всемирную гонку вооружений. После 1945 года США разработали крайне разрушительные водородные бомбы, основанные на ядерном синтезе, а не делении. СССР разработал и испытал свою бомбу в 1949 году. Сейчас мировой ядерный арсенал достигает 27 000 бомб.

Три минуты до полуночи

В 1947 году совет директоров журнала “Бюллетень ученых-атомщиков”, основанного ветеранами Манхэттенского проекта, придумал символические часы, которые показывали бы, насколько близко человечество подошло к ядерной катастрофе. Чем ближе к полуночи, тем напряженнее международная обстановка.





Как мы одолели микробов (временно)?

“Проснувшись на рассвете 28 сентября 1928 года, я вовсе не строил планов произвести переворот в медицине... но получилось именно это”. Так Александер Флеминг описывал свое открытие пенициллина, один из величайших прорывов в биомедицине.

Официальную версию развития событий знают все. Флеминг работал микробиологом в Госпитале Святой Марии в Лондоне, исследовал группу болезнетворных бактерий — стафилококков. Как-то он заметил, что в одной из чашек Петри с культурой стафилококков завелась плесень, а бактерии расти перестали. Впоследствии он предположил, что споры плесени занесли в лабораторию через открытое окно.

Заплесневелая жижа

Флеминг вырастил культуру этой плесени в питательной среде и обнаружил, что ее экстракт убивает целый ряд болезнетворных бактерий, особенно вызывающих дифтерию, но не действует на многие другие, в том числе на возбудителей тифа и холеры. Флеминг назвал фильтрат заплесневелой жижи пенициллином — по латинскому названию этого плесневого грибка, *Penicillium*. А еще показал, что пенициллин нетоксичен для животных, даже в огромных дозах.

В 1929 году Флеминг опубликовал статью о своем открытии, где предположил, что пенициллином можно лечить бактериальные инфекции. И затем десять лет изучал потенциальные возможности нового ле-

карства. А главное — убеждал химиков найти способ выделять и очищать пенициллин в больших количествах, так как у него самого это не получалось.

В конце концов группа из Оксфордского университета во главе с австралийцем Говардом Флори решила эту задачу, и к 1944 году было налажено массовое производство пенициллина. А когда его применили для лечения раненых после высадки союзнических войск в Нормандии, пенициллин надежно утвердился в истории медицины.

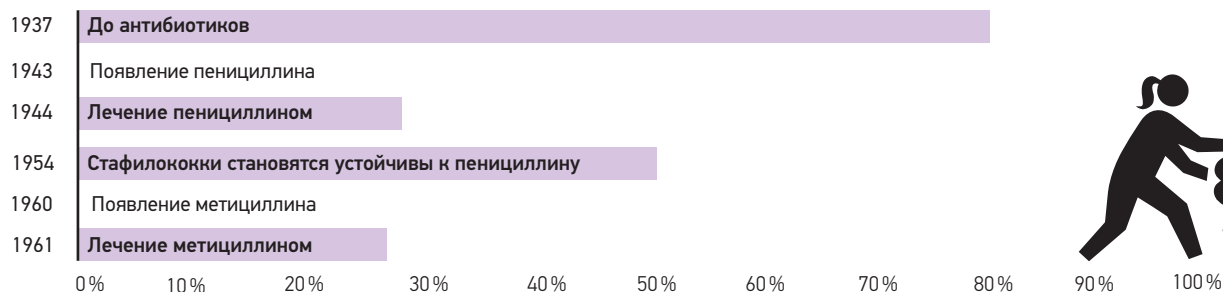
Несомненно, пенициллин — величайшее достижение медицины XX века. От заражения крови, вызванного стафилококковой инфекцией, умирали в 80% случаев, а после появления пенициллина не умер почти никто. Невозможно подсчитать, сколько жизней он спас — по самым скромным оценкам, десятки миллионов. А эра антибиотиков, начало которой он положил, спасла еще сотни миллионов жизней. Однако подлинная история открытия пенициллина далеко не так триумфальна.

Скука смертная

Прежде всего, антибактериальное действие плесневого грибка *Penicillium* было хорошо известно и до Флеминга. И хотя Флеминг зашел значительно дальше предшественников в практическом применении этого свойства, он чудом избежал провала.



Смертность от стафилококковой bacteriemi



Источник: Центры по контролю и профилактике заболеваний США





Его статью, вышедшую в 1929 году, никто не заметил. Флеминг прочитал еще ряд докладов, но и те не произвели впечатления, поскольку были скучны. Он продолжил работу над пенициллином, но она не была для него первоочередной — и шла ни шатко ни валко. Один эксперимент показал, что, если ввести пенициллин мышам, он выводится из кровотока за 30 минут, тогда как на то, чтобы убить бактерии в чашке Петри, требовалось 4 часа. Похоже, это убедило Флеминга, что из его затеи ничего не выйдет.

Если каждое открытие — это 1% вдохновения на 99% пота, то вся заслуга принадлежит группе Флори. Это была одна из многих групп, которые независимо подхватили работу Флеминга и пытались превратить пенициллин в лекарство. Но Флеминг лишь снабжал их культурами плесени, а в остальном не уделял никакого внимания. Заинтересовался он только в 1942 году, когда они добились успеха.

Что за чудесная война!

У Флори были свои сложности. Он начал работу в 1938 году, но постоянно кончались деньги. Его сотрудникам в конце концов удалось выделить пенициллин и показать, что он применим для лечения инфекций. Но хотя они задействовали все имевшиеся емкости, включая мусорные ведра и подкладные судна, не получалось достаточно пенициллина, чтобы убедить правительственные структуры или частные фирмы начать полномасштабное производство.

Но вдруг им крупно повезло: разразилась Вторая мировая война. США и Великобритания щедро финансировали проект, и в конце концов в США наладили массовое производство пенициллина.

Почему же вся слава досталась Флемингу? Просто его лучше рекламировали. Лед тронулся благодаря газетному магнату лорду Бивербуку, покровителю Госпиталя Святой Марии, распорядившемуся, чтобы открытие Флеминга прославляли в прессе. Эстафету подхватил



Свингующие пятидесятые

Сексуальную революцию часто объясняют изобретением противозачаточных таблеток, которые начали продаваться в США в 1960 году. Но веселье началось, вероятно, значительно раньше, благодаря другому медикаменту — пенициллину. В 1939 году от сифилиса в США умерло 20 000 человек, буйным цветом цвела гонорея. А к середине 1950-х пенициллин их практически искоренил. Это событие идеально совпало по времени с внезапным изменением общественного отношения к случайному сексу.

лорд Алмрот Райт, начальник Флеминга в госпитале, который написал статью в “Таймс”, где приписывал основные заслуги Флемингу. Мотивы у Райта были чисто маркетинговые: Госпиталь Святой Марии, как и все британские клинические больницы, зависел от благотворительных пожертвований.

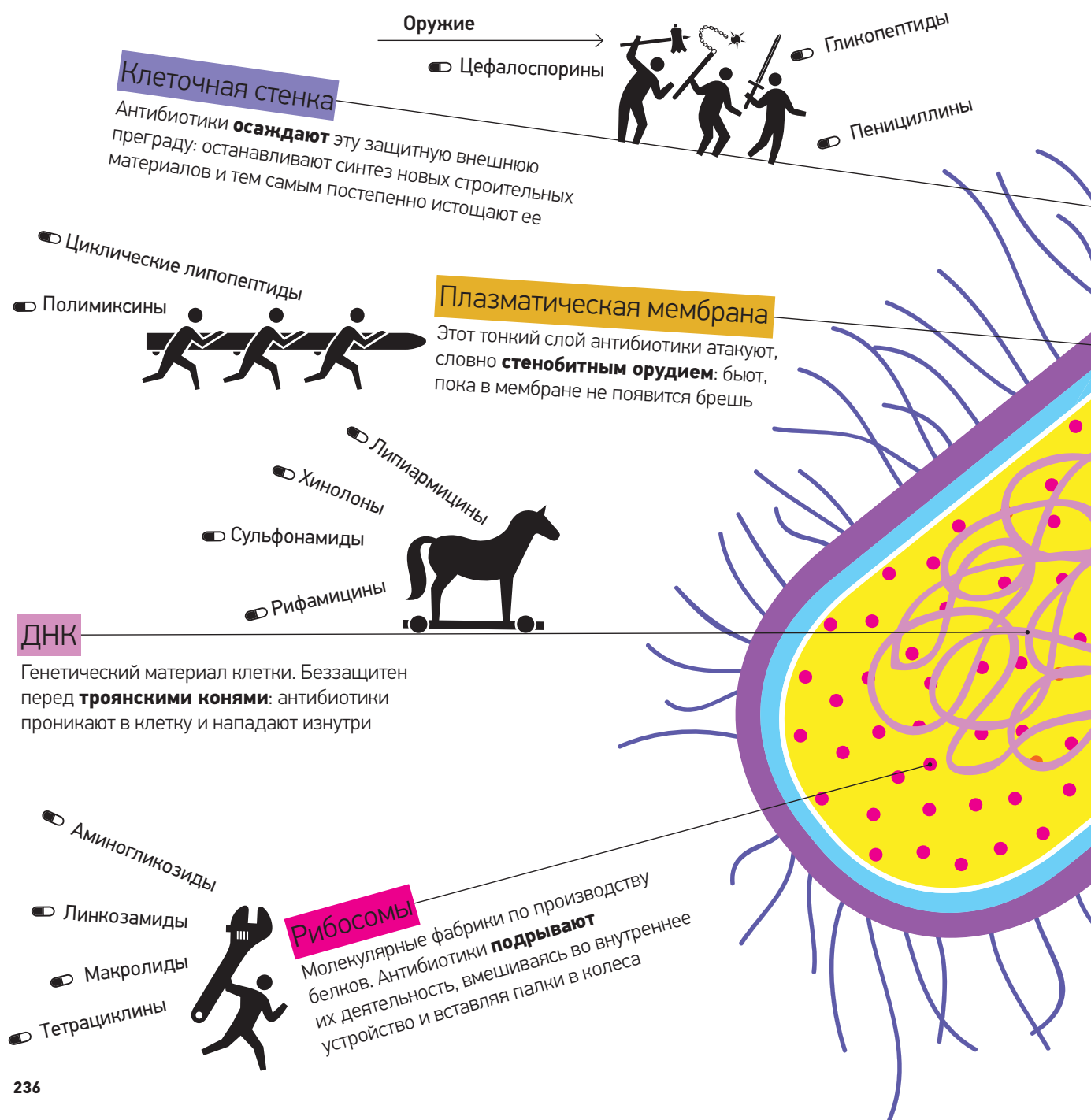
Кстати, Флори даже получил письмо из Госпиталя Святой Марии с просьбой о вспомоществовании, начинавшееся так: “Вероятно, вы слышали об открытии пенициллина, которое совершил доктор Александер Флеминг”. Флори повесил письмо в рамке на стену. Миф о величии Флеминга раздувало и британское министерство информации в целях пропаганды.

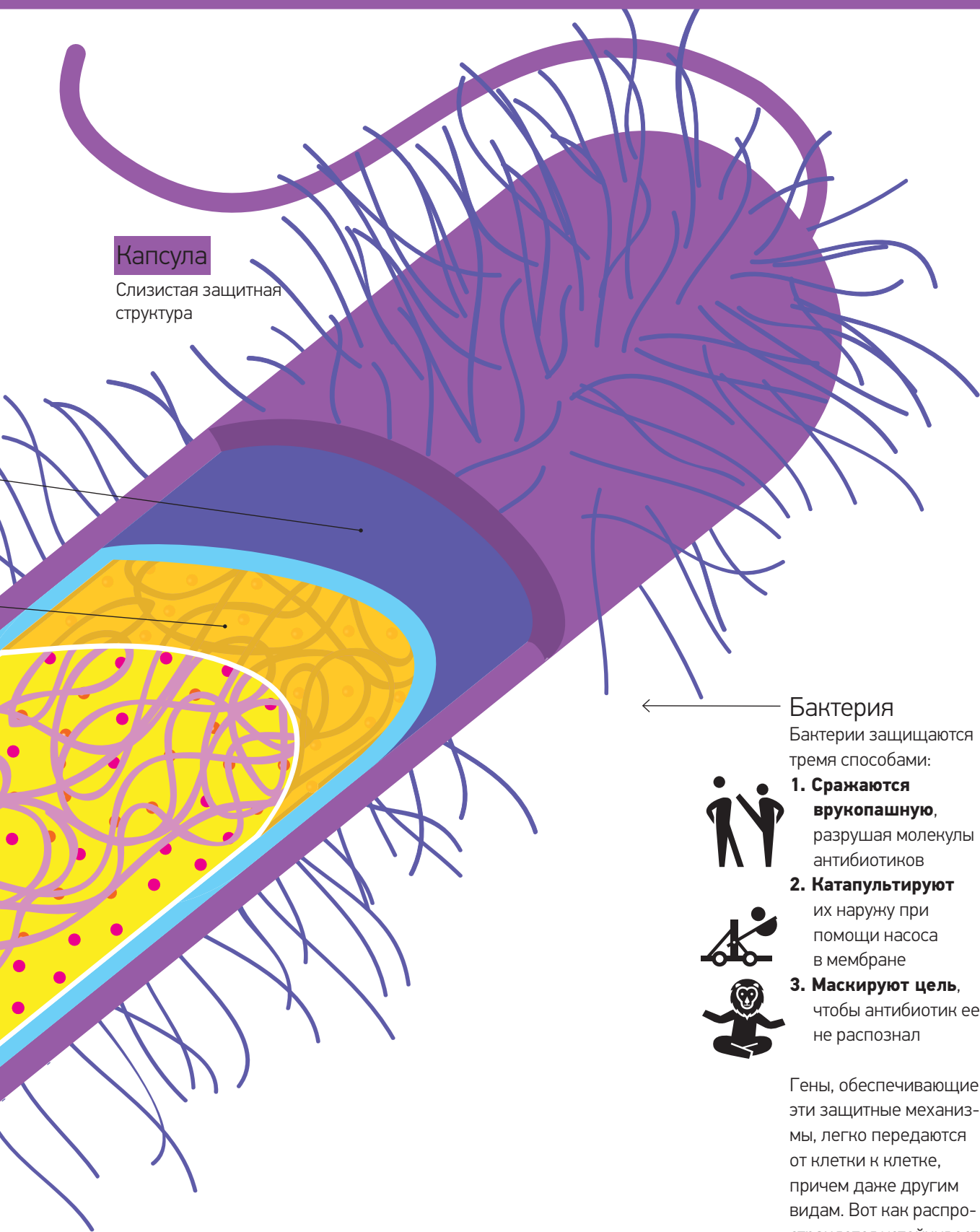
В 1945 году Флеминг, Флори и правая рука Флори Эрнст Чейн вместе получили Нобелевскую премию, но слава в основном опять досталась Флемингу. Он получил еще 140 престижных наград и премий. А после смерти Флеминга в 1955 году его лаборатория, прославившаяся царившим там беспорядком, превратилась в музей.

К чести Флеминга надо сказать, что он всегда отправлял репортеров еще и в Оксфорд, к Флори. Но тот отказывался общаться с прессой сам и запретил своим сотрудникам. Кроме того, газетчикам больше импонировала история о случайном открытии Флеминга, чем об усердных трудах Флори, пусть и в подкладных суднах. Так миф о пенициллине зажил своей жизнью.

Это война!

Как антибиотики атакуют бактерии — и как бактерии обороняются





Капсула

Слизистая защитная структура

← Бактерия
Бактерии защищаются тремя способами:



1. Сражаются врукопашную,
разрушая молекулы антибиотиков



2. Катапультируют
их наружу при помощи насоса в мембране



3. Маскируют цель,
чтобы антибиотик ее не распознал

Гены, обеспечивающие эти защитные механизмы, легко передаются от клетки к клетке, причем даже другим видам. Вот как распространяется устойчивость к антибиотикам

Правда ли Землю унаследовали компьютерщики?

Попытайтесь представить себе жизнь до появления интернета. Ни смартфонов, ни социальных сетей, ни “Гугла”, ни “Амазона” с “Убером”. Ни даже электронной почты! Хочешь почитать новости — купи газету, послушать музыку — купи CD-диск, пообщаться с человеком, находящимся далеко от тебя, — сними трубку и позвони. И как мы только выжили в те мрачные времена, в глухие девяностые?!

Интернет сегодня настолько пронизывает все сферы жизни, что легко забыть: изобрели-то его совсем недавно. Двадцать лет назад о нем слышала лишь половина американцев, и даже тогда это был какой-то загадочный сутобо технический компьютерный проект, родоначальники которого, скорее всего, и не представляли себе, для чего его в конце концов будут применять и насколько он преобразит современный мир.

Чтобы лучше слышать

Точкой отсчета в развитии интернета был, вероятно, 1961 год. Тогда коммуникационные системы представляли собой каналы прямой связи между двумя пунктами. Телефонные звонки зависели от физической линии, протянутой между двумя телефонами. Радиопередачи транслировались из одного места в другое. Но прямые каналы крайне неэффективны. И интернет стал возможным в тот момент, когда стало ясно, что компьютеры можно соединять по другому принципу. То был результат работы Леонарда Клейнрока, инженера из Массачусетского технологического института, который в 1961 году задумался о том, как лучше всего направлять поток данных через крупную компьютерную сеть.

Клейнрок предложил не направлять все сообщение напрямую из точки в точку, а разбить его на части — пакеты — и позволить им самостоятельно искать дорогу через сеть. А компьютер в месте назначения вновь соберет исходное сообщение, когда получит все пакеты.

“Пакетная коммутация” оказалась куда более гибкой и эффективной, чем использование выделенных

линий. Если связь между двумя компьютерами прерывалась, пакеты просто находили другой путь. Но теперь требовалось полностью переосмыслить работу коммуникационных сетей. Нужны были устройства, которые читали бы в сети все пакеты и направляли их к месту назначения. А еще каждый пакет надо было снабдить особым кодом, который говорил бы маршрутизатору, каким было исходное сообщение и как собрать его заново. Впоследствии этот код превратился в набор правил под названием “интернет-протокол”, куда входит и особый адрес для каждого компьютера в сети — IP-адрес.

В 1966 году эти разработки привлекли внимание оборонной организации — Агентства передовых исследовательских проектов (ARPA), — которая предложила Клейнроку создать масштабную компьютерную сеть, которая соединила бы сотрудников агентства. К тому времени Клейнрок перебрался в Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе. Он установил один узел в своей тамошней лаборатории, а второй — в Стэнфордском исследовательском институте под Сан-Франциско. Потом к сети подключили новые узлы, она разрослась и получила название ARPANET.

Тернистый путь

Первая передача сообщения провалилась. Компьютер Клейнрока дал сбой, пересылая слово *login*, — и передалось лишь *lo*. Целиком слово удалось переслать примерно через час. Это было 29 октября 1969 года.

К 1973 году сеть ARPANET раскинулась по всем Соединенным Штатам, протянулась до Гавайев и самого Лондона. Она росла, и становилось ясно, что контрольное программное обеспечение уже не справляется с задачей. Улучшенную версию разработали Винтон Сёрф и Роберт Кан. Они усовершенствовали интернет-протокол и создали набор правил под названием TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*), где детально прописывалось все — и как компьютеры должны идентифицировать друг друга,



Первая компьютерная мышь. Изготовлена вручную в 1968 году

и как распознавать ошибки передачи, и еще многое-многое другое.

В 1975 году они успешно испытали TCP/IP на линии между Стэнфордским университетом и Университетским колледжем в Лондоне. Это была веха в истории интернета, однако надвигалась беда. Компьютерные сети возникали по всему миру, но у каждой были свои коммуникационные правила. Они не могли общаться друг с другом, и интернет грозил превратиться в Вавилонскую башню.

Мало-помалу происходили изменения. В 1982 году министерство обороны США утвердило протокол TCP/IP во всех своих сетях, через год — и сеть ARPANET. Между тем телефонная компания AT&T приступила к разработке версии TCP/IP в операционной системе UNIX, а самое главное — разместила код в общем доступе, так что кто угодно мог его использовать.

Этот благородный акт оказал колоссальное влияние на распространение интернета, поскольку любой компьютер, на котором была установлена система UNIX, мог в интернет выйти. Дело было в 1989 году. Неслучайно поэтому вскоре интернет взрывообразно разросся до огромных масштабов.

В том же году был сделан и другой значительный шаг вперед. Самый крупный узел в Европе располагался тогда в ЦЕРН, лаборатории физики элементар-

ных частиц неподалеку от Женевы. Там работал молодой ученый-компьютерщик Тим Бернерс-Ли. Ему очень не нравилось, что в интернете нет системы, которая позволяла бы просматривать документы, обмениваться ими и ссылаться на них. Чтобы решить эту проблему, Бернерс-Ли создал систему программного обеспечения под названием *WorldWideWeb*, включая и первый в истории веб-браузер. Кроме того, теперь можно было создавать гиперссылки — благодаря так называемому протоколу передачи гипертекста, или HTTP. Бернерс-Ли создал с его помощью первый веб-сайт и разместил его в интернете по адресу info.cern.ch.

Информационная революция

Именно такое программное обеспечение, как *WorldWideWeb*, и требовалось интернету, чтобы вырваться за пределы лабораторий. Он распространился как лесной пожар, а все благодаря распространению инфраструктуры. В 1993 году на интернет приходился всего 1 % мирового информационного потока, сегодня — почти 100 %. Это технологическая революция беспрецедентного размаха и скорости. Если вы помните, как жилось в доинтернетовскую эпоху, считайте, что вам повезло: вы стали свидетелями истории.

Интернет в стиле 1968 года

В истории интернета произошло еще одно судьбоносное событие, которое прозвали “Матерью всех демонстраций”. 8 декабря 1968 года инженеры из Стэнфордского исследовательского института в Калифорнии собрались на конференции по компьютерным технологиям в Сан-Франциско, чтобы продемонстрировать, каким им видится будущее компьютеров. Среди прочих новшеств были представлены видео-конференция, совместное редактирование, гипертекст и компьютерная мышь. Эта демонстрация позволила одним глазком подсмотреть, какой будет обычная жизнь лет тридцать спустя, но подобное стало возможным лишь после стремительного роста принципиально новой системы коммуникации — интернета.

WWWсегда и WWWезде

В 1969 году компьютеры в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе и в Стэнфордском исследовательском институте под Сан-Франциско были объединены в сеть. Ей предстояло стать самой мощной технологией преобразования жизни со времен изобретения печатного станка

Интернет до WWW

Компьютеры выходят из сферы науки в сферу бизнеса

Числовые интернет-адреса сменяются названиями

	'69	'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90
Оборудование	• ARPANET 4 объединенных компьютера						• ПЕРВАЯ КОММЕРЧЕСКАЯ СЕТЬ ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИИ <i>Telenet</i>			• КОМПЬЮТЕР APPLE II									• ARPANET УПРАЗДНЯЕТСЯ			
Электронная почта и связь				• ПЕРВАЯ БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ <i>ALOHAnet</i>			• TCP/IP							• IBM PC					• ПЕРВЫЙ КОММЕРЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕР			
Браузеры																			• ПЕРВЫЕ ДОМЕННЫЕ ИМЕНА			
Социальные взаимодействия																						
Мультимедиа																						
Новости и информация																						
Поиск																						
Покупки																						
Правительство																						
Преступность																						
Мемы																						

• ARPANET

4 объединенных компьютера

• ПЕРВАЯ КОММЕРЧЕСКАЯ СЕТЬ ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИИ

Telenet

• КОМПЬЮТЕР APPLE II

• ARPANET УПРАЗДНЯЕТСЯ

• ПЕРВЫЙ КОММЕРЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕР

• ПЕРВЫЕ ДОМЕННЫЕ ИМЕНА

• ПЕРВАЯ БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ

ALOHAnet

• TCP/IP

• IBM PC

• ИНЖЕНЕРНЫЙ СОВЕТ

Электронная почта и связь

• ПЕРВОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ ПИСЬМО

• ПЕРВЫЙ СПАМ

Открытое приглашение на две презентации продуктов в Калифорнии

• ПЕРВЫЙ :-)

• LISTSERV

Приложение для списков рассылки

Браузеры

• ПЕРВАЯ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКАЯ ИГРА

Текстовая игра в жанре фэнтези

• ПЕРВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБМЕНА ФАЙЛАМИ И ОБСУЖДЕНИЙ

"Туда [в Usenet] заходили, чтобы поговорить на любую из тысячи тем", — Брэд Темплтон, один из создателей

• ПЕРВОЕ СЕТЕВОЕ СООБЩЕСТВО

Мультимедиа

Программное обеспечение, позволяющее сетям соединяться друг с другом. "TCP — вот что делает интернет интернетом", — Винтон Серф, один из создателей

• ПЕРВАЯ ОНЛАЙН-ВЕРСИЯ

ГАЗЕТЫ

Columbus Dispatch, Oraiyo

• IMDB

Первоначально — списки актеров и режиссеров в Usenet

Новости и информация

Поиск

• ПЕРВАЯ ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА

Archie

Покупки

Правительство

• КОРОЛЕВА ВЕЛИКОБРИТАНИИ ОТПРАВЛЯЕТ СВОЕ ПЕРВОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ ПИСЬМО

Преступность

• ПЕРВЫЙ ВИРУС

Машины, зараженные вирусом *Creeper*, выдавали сообщение: "Я *Creeper*, поймай меня, если сможешь"

• ЧЕРВЬ МОРИСА

Первое значительное заражение вредоносной программой, поразившее примерно каждый десятый компьютер в интернете

Мемы

• ЗАКОН ГОДВИНА

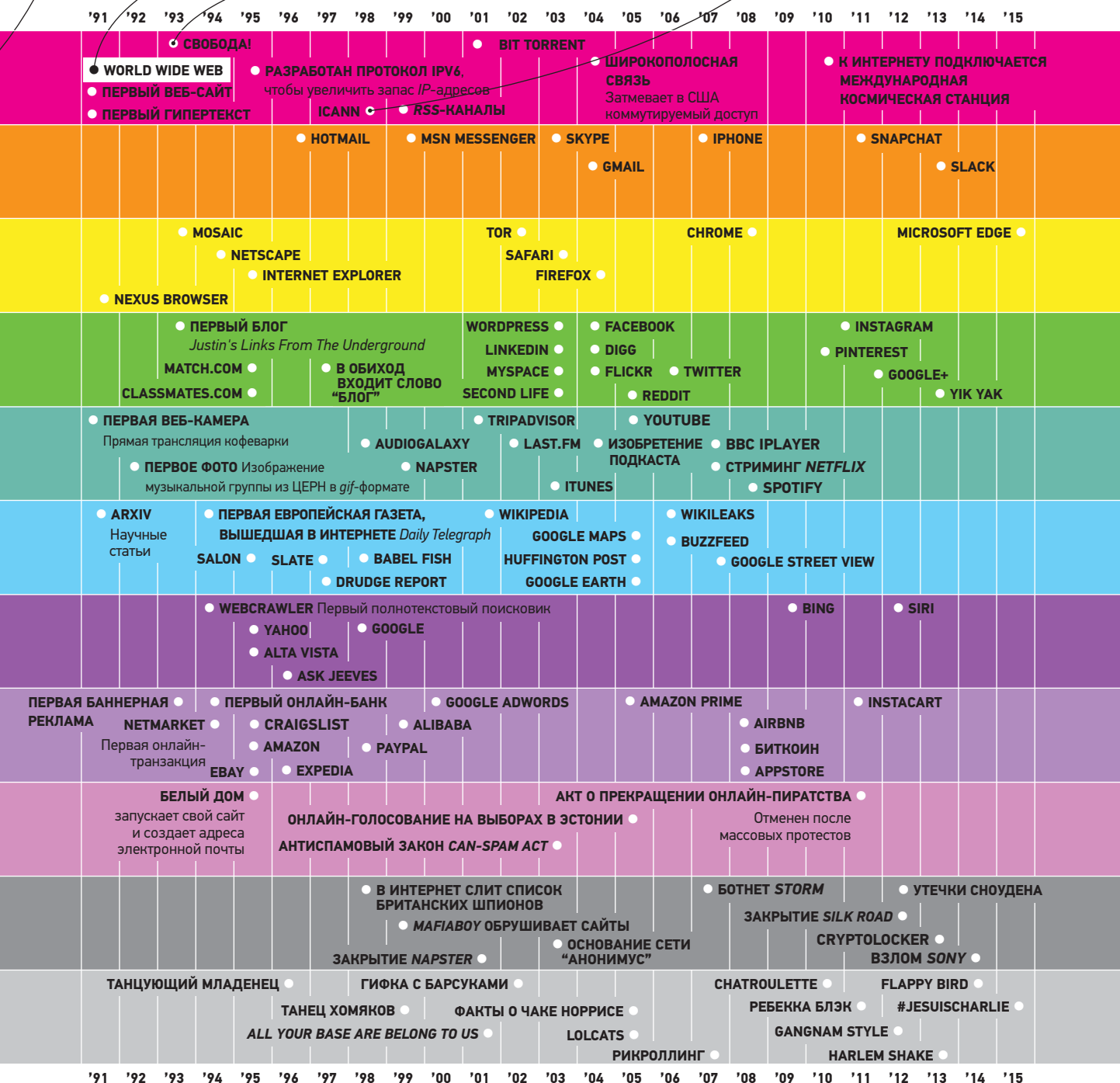
"По мере продолжения онлайн-дискуссии вероятность сравнения с Гитлером или фашистами стремится к 1", — Майк Годвин, юрист и писатель

По словам изобретателя Тима Бернерса-Ли, именно программное обеспечение WWW сделало интернет доступным для простых людей, поскольку дало доступ к информации, не требуя особых познаний об устройстве компьютера

ЦЕРН выкладывает программное обеспечение *WorldWideWeb* в открытый доступ

Создана некоммерческая организация, чтобы управлять доменными именами и IP-адресами

Интернет после WWW



Как мы покорили космос?

8 сентября 1944 года мир в ужасе узнал о появлении нового оружия. Сначала на Париж, а потом на Лондон с неба обрушились гигантские летающие бомбы. Для фашистской Германии баллистические ракеты “Фау-2” были последним козырем. Гитлер верил, что они изменят ход войны, которую он проигрывал. Он ошибся, однако ход истории ракеты и правда изменили.

“Фау-2” была не первым ракетным оружием, поскольку пороховые ракеты изобрели еще во время наполеоновских войн. Но это была первая ракета, у которой хватало энергии взлететь высоко в атмосферу, почти в космос.

За это нам следует благодарить американского инженера Роберта Годдарда, родившегося в 1882 году. Он самостоятельно изучил аэродинамику еще в детстве, когда заболел и вынужден был долго лежать в постели, а впоследствии пришел к убеждению, что космические полеты могут стать реальностью.

В 1914 году Годдард получил два патента на единственное, по его мнению, устройство, позволяющее вырваться из оков земной гравитации, — многоступенчатую ракету на жидком топливе. В 1919 году он подробно описал свои соображения в фундаментальном труде “Метод достижения очень больших высот”.

Ракетчики

Годдард был не единственным инженером, размышлявшим над устройствами для покорения космоса. В 1922 году немец Герман Оберт представил в Гейдельбергский университет диссертацию, посвященную ракетостроению. К защите его не допустили. Но в следующем году он на собственные средства издал книгу “Ракета в межпланетное пространство”, которая вдохновила нескольких его единомышленников на создание Общества космических путешествий.

* Отметим, что статья К. Э. Циолковского “Исследование мировых пространств реактивными приборами” была напечатана в журнале “Научное обозрение” еще в 1903 году.

Тем временем в СССР было создано Общество изучения межпланетных сообщений — официальная организация под эгидой Академии воздушного флота в Москве. В октябре 1924 года Общество провело публичные дебаты о возможности отправки ракеты на Луну. Началась гонка за создание первой ракеты на жидком топливе — и за преодоление земной гравитации.

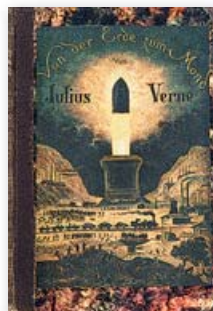
Первыми успели американцы. 16 марта 1926 года Годдард наблюдал запуск первой ракеты на жидком топливе. Это было в городе Оберн в штате Массачусетс. До Луны ракета, конечно, не долетела: она пробыла в воздухе 2,5 секунды, достигла высоты 12 метров и рухнула в капустное поле. Годдард понял, что устройством надо как-то управлять, и добавил в конструкцию подвижные стабилизаторы и гироскопическую систему.

На тот момент Годдард далеко опережал конкурентов. Но они его догнали.



Жизнь подражает фантастике

Космос с древнейших времен будоражил воображение человечества, однако мы всерьез задумались о том, что туда и в самом деле можно полететь, лишь в 1860-х годах, когда Жюль Верн опубликовал романы “Из пушки на Луну” и “Вокруг Луны”. И Роберт Годдард, отец американского ракетостроения, и его немецкий коллега Герман Оберт в детстве вдохновлялись этими шедеврами научной фантастики — и, невзирая на всеобщий скептицизм, воплотили их в жизнь почти через сто лет после выхода в свет.



Первые строители ракет вдохновлялись романами Жюль Верна

В 1929 году Оберт успешно провел испытания ракетного двигателя при статической нагрузке. В число его сотрудников входил восемнадцатилетний студент Вернер фон Браун, который вскоре обошел Оберта и де-факто возглавил работу над ракетами в Германии.

В 1933 году СССР провел свой пробный запуск под руководством еще одного будущего титана ракетостроения — Сергея Королёва. Королёву суждено было стать маяком советской космической программы, он руководил ею и в 1961 году, когда Юрий Гагарин стал первым человеком в космосе.

Мир собирался с силами, предчувствуя войну, и правительства со своими армиями все сильнее интересовались ракетами. Вот бы одним нажатием кнопки обрушивать бомбы на противника! А возвышенные идеи о покорении космоса могут и подождать.

Дистанционные бомбы

Вперед быстро вырвалась Германия. В 1933 году начались работы над прототипом будущей “Фау-2”, первые успешные пробные запуски прошли в 1934-м. Но после первых успехов фон Браун и его команда наткнулись на несколько серьезных препятствий, не последним из которых было отсутствие энтузиазма у Гитлера. Но когда стало понятно, что войну выигрывают союзники, программе снова дали ход.

По некоторым параметрам “Фау-2” была огромным достижением. Это была первая в мире баллистическая ракета, но главное — первый рукотворный объект, достигший космоса. Произошло это во время испытаний 20 июня 1944 года. Инженеры теперь уже не сомневались, что большие ракетные двигатели на жидком топливе способны доставить человека в космос.

Поражение фашизма вывело Германию из космической гонки, однако немецкие ракетостроители продолжали работать над своей задачей, поскольку их переманили к себе бывшие враги из СССР и США. Поначалу обе стороны хотели заполучить неиспользованные “Фау-2” и соответствующие технологии для

построения новых ракет. Позднее стремились создать межконтинентальные баллистические ракеты, чтобы переносить ядерные боеголовки. А в итоге устроили лунную гонку. И в основе всего этого лежали немецкие ракеты.

Конкуренция была жесткой, а прогресс — стремительным. В 1946 году камера, установленная на ракете “Фау-2”, запущенной с полигона Уайт-Сэндс в Нью-Мексико, запечатлела кривизну Земли и пустоту за ней — то была первая фотография из космоса. Примерно тогда же в обиход вошло выражение “Это тебе не ракеты строить”.

Кроме того, обе стороны усердствовали “Фау-2” — и ракеты становились все больше и лучше. Было ясно, что или СССР, или США вот-вот отправят какой-нибудь объект на орбиту, это лишь вопрос времени. И этот день настал 4 октября 1957 года.

Теперь нам трудно понять, почему запуск СССР первого искусственного спутника Земли так всех напугал. Западный мир с трепетом слушал слабенький писк радиосигналов, которые отправлял на Землю “Спутник-1”. Металлическая сфера пробыла на орбите десять недель, а потом сгорела в верхних слоях атмосферы. Если учесть, что спутник был всего 58 сантиметров в диаметре, а внутри не было ничего более грозного, чем радиопередатчик, такой страх представляется необоснованным. Тем не менее США были побеждены — на орбиту первым вышел СССР. Через четыре года Королёв запустил на орбиту Гагарина — и удвоил преимущество.

Шаг на Луну

Однако хорошо смеется тот, кто смеется последним, и это оказались США. В августе 1969 года НАСА доставило людей на Луну на ракете “Сатурн-5”. Так последний козырь Германии во время войны превратился в орудие пропагандистской победы США — и подхлестнул программу космических исследований, которая нагляднее чего бы то ни было показала нам, откуда мы взяли и куда движемся.

Триумф науки и техники

На самом деле строить ракеты не так уж сложно. Ракеты, на которых 24 человека слетали на Луну с 1969 по 1972 год, были выдающимися произведениями инженерной науки, однако основывались на тех же принципах, что и любительские фейерверки.

Фейерверк
Красиво взрывается в небе, рассыпая цветные искры. Бабах!

Направляет отработавшие газы назад, толкая ракету вперед

Сопло

Бумажная трубка с **топливом**. Сопло направляет отработавшие газы наружу, создавая реактивную тягу, толкающую снаряд в противоположную сторону

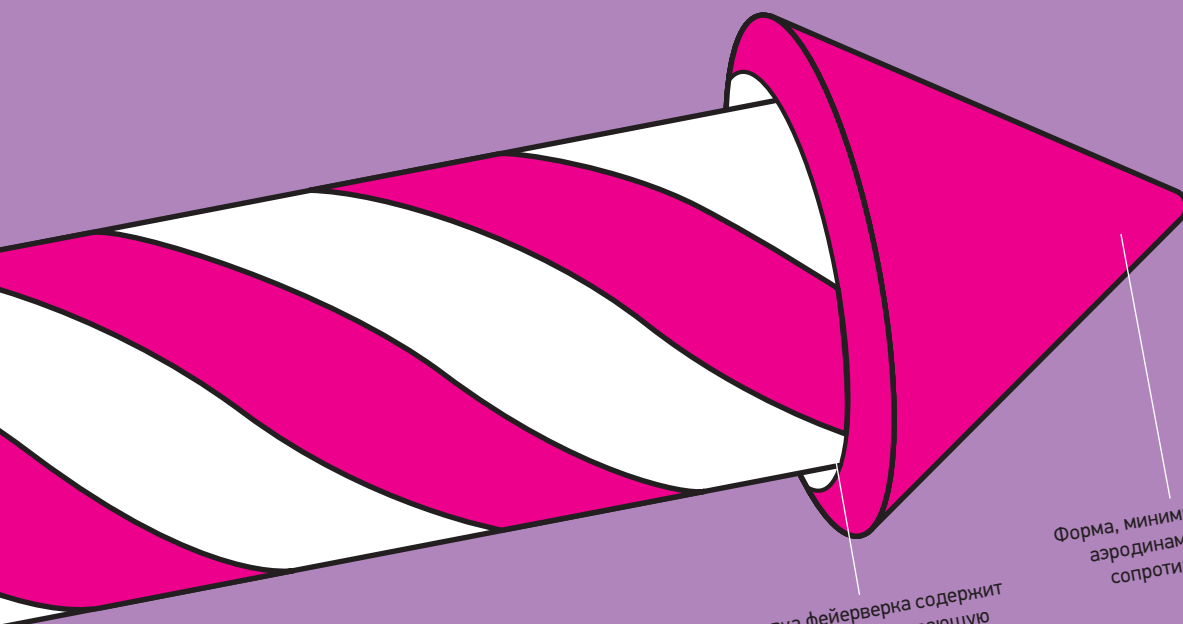
Ракетный двигатель

Каждый из пяти двигателей F1 на первой ступени "Сатурна-5" расходовал 2542 литра топлива в секунду

у "Сатурна-5" было еще пять двигателей на второй ступени и один — на третьей

Ракета "Сатурн-5"
Слетала на Луну 12 раз — и никакого "бабах"

Общая длина "Сатурна-5" составляла 110,6 метра — с 36-этажное здание



Форма, минимизирующая
аэродинамическое
сопротивление

Головка фейерверка содержит
начинку, обеспечивающую
пиротехнические эффекты —
звезды, искры, вспышки

Порох также содержит
калиевую селитру (нитрат
калия), которая при нагреве
выделяет кислород, что
ускоряет сгорание серы и угля

Порох, содержащий
серу и уголь

Окислитель

Жидкий кислород
смешивается с топливом
в камере сгорания —
и между ними происходит
химическая реакция
с высвобождением энергии

Топливо

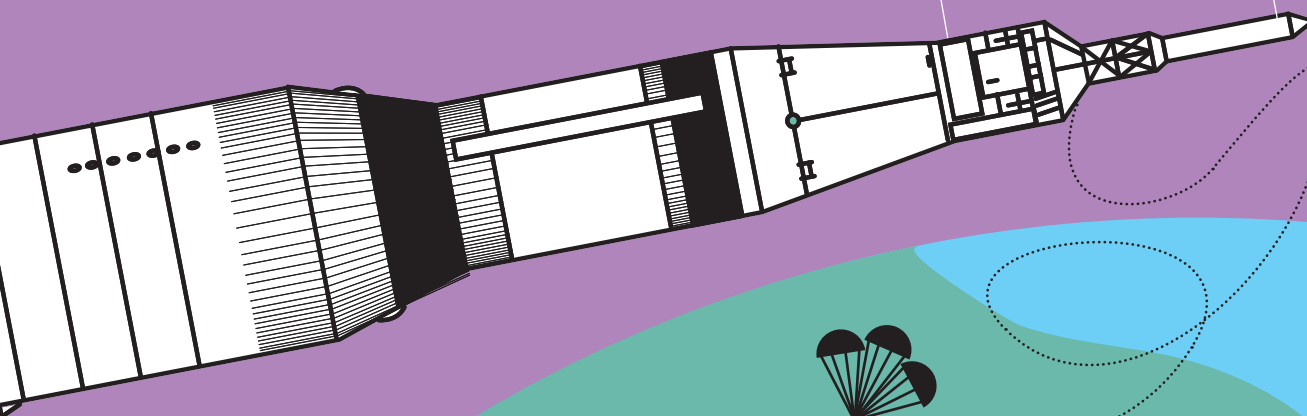
Высокоочищенный
керосин (в первой ступени)
или жидкий водород
(во второй и третьей)

Полезная нагрузка

Модуль "Аполлон"
с астронавтами

Нос

у "Сатурна-5" здесь
находилась спасательная
ракета, которая вывела бы
астронавтов в безопасное
место в случае аварии.
Она так никогда
и не понадобилась



Оба типа ракет разработаны
с расчетом на однократное
использование. Исключение:
командный модуль
"Сатурна-5", доставлявший
астронавтов домой

Советуем прочитать

Глава 1. Вселенная

Вещество, пространство и время

СТИВЕН ХОКИНГ. *Краткая история времени. От Большого взрыва до черных дыр.* АСТ, 2019.



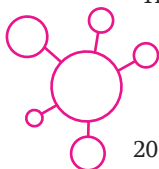
Звезды и галактики

JOHN GRIBBIN. *Galaxies: A Very Short Introduction.* Oxford University Press, 2008.



Химические элементы

ТЕОДОР ГРЭЙ. *Элементы. Путеводитель по периодической таблице.* Corpus, 2012.



Метеориты

MONICA GRADY, GIOVANNI PRATESI, VANNI MOGGI CECCHI. *Atlas of Meteorites.* Cambridge University Press, 2013.



Темная материя и темная энергия

RICHARD PANEK. *The 4% Universe: Dark Matter, Dark Energy, and the Race to*



Discover the Rest of Reality. Oneworld, 2012.

Черные дыры

STEPHEN HAWKING. *Black Holes: The Reith Lectures.* Bantam, 2016.



Глава 2. Наша планета

Солнечная система

БРАЙАН КОКС, ЭНДРЮ КОЭН. *Чудеса Солнечной системы.* Эксмо, 2012.



Луна

DAVID WHITEHOUSE. *The Moon, a Biography.* Orion, 2002.



Континенты и океаны

JAN ZALASIEWICZ, MARK WILLIAMS. *Ocean Worlds: The Story of Seas on Earth and Other Planets.* Oxford University Press, 2014.



Погода

ГЭВИН ПРЕТОР-ПИННЕЙ. *Занимательное облаковедение. Учебник любителя облаков.* Livebook, 2015.



Почва

RICHARD BARDGETT. *Earth Matters: How Soil Underlies Civilization.* Oxford University Press, 2016.

Воздух

PETER WARD. *Out of Thin Air: Dinosaurs, Birds, and Earth's Ancient Atmosphere.* National Academies Press, 2006.



Нефть

ДЭНИЕЛ ЕРГИН. *Добыча. Всемирная история борьбы за нефть, деньги и власть.* Альпина Паблишер, 2014.



Глава 3. Жизнь

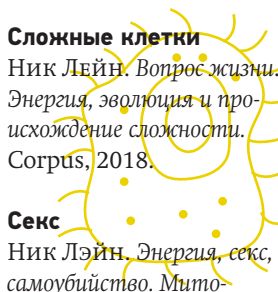
Жизнь

ADAM RUTHERFORD. *Creation: The Origin of Life / The Future of Life.* Penguin, 2014.



Сложные клетки

НИК ЛЭЙН. *Вопрос жизни. Энергия, эволюция и происхождение сложности.* Corpus, 2018.



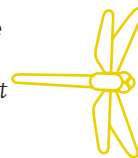
Секс

НИК ЛЭЙН. *Энергия, секс, самоубийство. Мито-*

хондрии и смысл жизни. Питер, 2016.

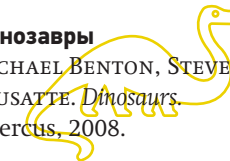
Насекомые

SCOTT SHAW. *Planet of the Bugs: Evolution and the Rise of Insects.* University of Chicago Press, 2014.



Динозавры

MICHAEL BENTON, STEVE BRUSATTE. *Dinosaurs.* Quercus, 2008.



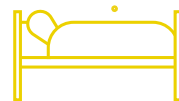
Глаза

РИЧАРД ДОКИНЗ. *Восхождение на гору Невероятности.* Corpus, 2019.



Сон

STEVEN LOCKLEY, RUSSELL FOSTER. *Sleep: A Very Short Introduction.* Oxford University Press, 2012.



Люди

IAN TATTERSALL. *The Strange Case of the Rickety Cossack and Other Cautionary Tales from Human Evolution.* Palgrave Macmillan, 2015.



Язык

TECUMSEH FITCH. *The Evolution of Language*. Cambridge University Press, 2010.



Дружба

ROBIN DUNBAR. *How Many Friends Does One Person Need? Dunbar's Number and Other Evolutionary Quirks*. Faber & Faber, 2010.



Пушок в пупке

ALEX BOESE. *Elephants on Acid: And Other Bizarre Experiments*. Mariner Books, 2007.



Глава 4. Цивилизация

Города

GWENDOLYN LEICK. *Mesopotamia: The Invention of the City*. Penguin, 2002.



Деньги

WILLIAM GOETZMANN. *Money Changes Everything: How Finance Made Civilization Possible*. Princeton University Press, 2016.



Похороны

PAUL PETTITT. *The Palaeolithic Origins of Human Burial*. Routledge, 2010.



Кулинария

РИЧАРД РЭНТЕМ. *Зажечь огонь. Как кулинария сделала нас людьми*. Corpus, 2012.

Домашние животные

STEPHEN BUDIANSKY. *The Covenant of the Wild: Why Animals Chose Domestication*. Orion, 1994.



Организованная религия

ARA NORENZAYAN. *Big Gods: How Religion Transformed Cooperation and Conflict*. Princeton University Press, 2015.



Алкоголь

PATRICK MCGOVERN. *Uncorking the Past: The Quest for Wine, Beer, and Other Alcoholic Beverages*. University of California Press, 2009.



Собственность

STEVEN CONNOR. *Paraphernalia: The Curious Lives of Magical Things*. Profile Books, 2011.

Одежда

ROB DUNN. *The Wild Life of Our Bodies: Predators, Parasites, and Partners That Shape Who We Are Today*. HarperCollins, 2011.



Музыка

STEVEN MITHEN. *The Singing Neanderthals: The Origins of Music, Language, Mind and Body*. Harvard University Press, 2006.



Личная гигиена

RICHARD SMYTH. *Bum Fodder: An Absorbing History of Toilet Paper*. Souvenir Press, 2012.



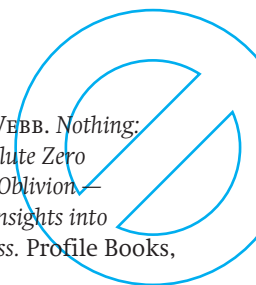
Глава 5. Знания

Письменность

ANDREW ROBINSON. *Lost Languages: The Enigma of the World's Undeciphered Scripts*. McGraw-Hill, 2002.

Нуль

JEREMY WEBB. *Nothing: From Absolute Zero to Cosmic Oblivion—Amazing Insights into Nothingness*. Profile Books, 2013.



Единицы мер и весов

KEN ALDER. *The Measure of All Things: The Seven-Year Odyssey and Hidden Error That Transformed the World*. Little, Brown, 2002.



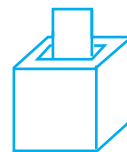
Счет времени

DOMINIQUE FLECHON, FRANCO COLOGNI. *The Mastery of Time: A History of Timekeeping, from the Sundial to the Wristwatch*. Discoveries, Inventions, and Advances in Master Watchmaking. Flammarion, 2011.



Политика

JONATHAN HAIDT. *The Righteous Mind: Why Good People Are Divided by Politics and Religion*. Penguin, 2013.



Химия

Сэм Кин. *Исчезающая ложка, или Удивительные истории из жизни периодической таблицы Менделеева*. АСТ, 2015.

Квантовая механика

MARCUS CHOWN. *Quantum Theory Cannot Hurt You: Understanding the Mind-Blowing Building Blocks of the Universe*. Faber & Faber, 2014.

Глава 6. Изобретения

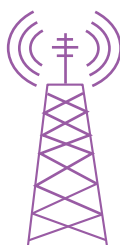
Колесо

RICHARD BULLIET. *The Wheel: Inventions and Reinventions*. Columbia University Press, 2016.



Радио

MARC RABOY. *Marconi: The Man who Networked the World*. Oxford University Press, 2016.



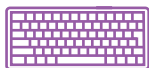
Полет

THOMAS HEPPENHEIMER. *First Flight: The Wright Brothers and the Invention of the Airplane*. John Wiley, 2003.



Клавиатура QWERTY

TORBJORN LUNDMARK. *Quirky Qwerty: A Biography of the Typewriter & Its Many Characters*. Penguin, 2003.



Компьютеры

ЭНДРЮ ХОДЖЕС. *Игра в имитацию*. АСТ, 2015.



Рентгеновские лучи

WILHELM CONRAD RÖNTGEN, SIR GEORGE GABRIEL STOKES, SIR JOSEPH JOHN THOMSON. *Röntgen Rays: Memoirs*. Sagwan Press, 2015.



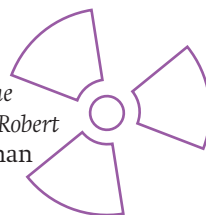
Случайные открытия

NEW SCIENTIST. *Chance: The Science and Secrets of Luck, Randomness and Probability*. Profile Books, 2015.



Ядерное оружие

RAY MONK. *Inside the Centre: The Life of J. Robert Oppenheimer*. Jonathan Cape, 2012.



Антибиотики

GWYN MACFARLANE. *Alexander Fleming: The Man and the Myth*. Chatto & Windus, 1984.

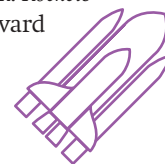


Интернет

ANDREW BLUM. *Tubes: Behind the Scenes at the Internet*. Ecco Press, 2012.

Ракеты

FRANK WINTER. *Rockets into Space*. Harvard University Press, 1993.



Благодарности

Этой книге не было бы без поддержки многих людей из *New Scientist*, особенно Самита Пол-Чаудери и Джона Макфарлейна. Спасибо Кэтрин Браик, Дэниелу Коссинсу, Лиз Элс, Дэйву Джонстону, Уиллу Хейвену, Валери Джемисон, Фрэнку Суайну и Джереми Уэббу за идеи и подсказки, а также всем остальным сотрудникам *New Scientist* за общую гениальность.

Кроме того, спасибо не менее гениальной команде из издательства *John Murray*: Нику Дэвису, Джорджине Лейкок и Кейт Майлз из редакционного отдела, Аманде Джонс из производственного, Розе Гейлер из рекламного, Россу Фрезеру из маркетингового, Элу Оливеру из художественного и Бену Гатчеру из отдела продаж.

Что же касается происходившего в Сан-Франциско, спасибо Алану Маклину за критический взгляд, Дереку Уоткинсу за талант картографа и Брайану Чену за его ушную серу. Многие иллюстрации невозможно было бы создать без *D3*, *JavaScript*-библиотеки для визуализации данных.

Часть материалов этой книги адаптирована из статей, опубликованных в *New Scientist*.

Были предприняты все мыслимые усилия, чтобы найти обладателей авторских прав, но если мы в чем-то ошиблись или что-то упустили, будем рады сделать соответствующие поправки во всех дальнейших допечатках и изданиях.

Разрешения на публикацию иллюстраций

© Education Images/UiG via Getty: стр. 27.
© The New York Times/Redux/eyevine: стр. 35.
© John Chumack/Science Photo Library: стр. 36.
© NASA, ESA, J. Hester and A. Loll, Arizona State University: стр. 37.
© NASA/Goddard/Lunar Reconnaissance Orbiter: стр. 48–49.
© John Valley, University of Wisconsin: стр. 52–53.
© Science Stock Photography/Science Photo Library: стр. 60–61 (почва).
© Natural History Museum, London/Science Photo Library: стр. 60–61 (мокрицы).
© Phil Degginger/Science Photo Library: стр. 76.
© Leonello Calvetti/Science Photo Library: стр. 77 (вверху).
© Photo Researchers, Inc/Science Photo Library: стр. 77 (внизу).
Стр. 92–93 (слева направо):
постозух © Dr. Jeff Martz/NPS; тапешара © Deagostini/UiG/Science Photo Library; зудиморфодон © Leonello Calvetti/Science Photo Library; карнозух © Walter Myers/Science Photo Library; синорнитозавр © Nobumichi Tamura/Stocktrek Images/Getty; ангиорнис © Julius T. Csotonyi/Science Photo Library; орнитозух © Natural History Museum, London/Science Photo Library; скансориоптерикс © IVPP, China; десматозух © Friedrich Saurer/Science Photo Library; микропантор © Natural History Museum, London/Science Photo Library; птеродактиль © Friedrich Saurer/Science Photo Library; лиоплевродон © Friedrich Saurer/Science Photo Library; гиганторпантор © Friedrich Saurer/Science Photo Library; мозазавр © Jacopin/BSIP/Science Photo Library; археоптерикс © Leonello Calvetti/Science Photo Library; попозавр © Dr. Jeff Martz/NPS.
© Fernando Gómez: стр. 95.

© Nicolas Primola/E. Panagopoulos/Craig Mackie: стр. 96–97.
© Jennifer Daniel: стр. 116–117.
© Stuart Bur/Getty: стр. 135.
© FLPA/REX/Shutterstock: стр. 139.
© Shutterstock.com: стр. 149 (лесной орех).
© Davit Hakobyan/AFP/Getty: стр. 155.
© CDC/Phanie/REX/Shutterstock: стр. 156 (плотные вши).
© Biophoto Associates/Science Photo Library: стр. 156 (головные вши).
© CDC-Who/Phanie/REX/Shutterstock: стр. 156 (лобковые вши).
© Natural History Museum, London/Science Photo Library: стр. 156–157 (вши горилл и шимпанзе).
© Jennifer Daniel: стр. 184–185.
© Schmidt-Luchs/ullstein bild via Getty: стр. 207.
© The United States Patent and Trademark Office: стр. 216 (справа).
© The United States Patent and Trademark Office: стр. 216 (слева).
© Mansell/Time & Life Pictures/Getty: стр. 217 (справа).
© Universal History Archive/UiG via Getty: стр. 217 (слева).
© SSPL/Getty: стр. 219.
© Courtesy of Intel: стр. 220 (слева).
© Courtesy of Intel: стр. 220 (справа).
© Car Culture Collection/Getty: стр. 221 (вверху).
© Granger, NYC/Alamy: стр. 221 (в середине).
© Plainview/Getty: стр. 221 (внизу).
© Science Photo Library: стр. 223.
© American Science and Engineering, Inc.: стр. 224–225.
© Apic/Getty: стр. 239.
© Detlev Van Ravenswaay/Science Photo Library: стр. 243.

Предметно-именной указатель



азот 25, 63, 64–65
алгебра 175, 176
алкоголь 146–149
алфавиты 171
алхимия 190, 191
Аль-Хорезми 176
ампер 179, 180
амузия 158–159
аналитическая машина 218
антибиотики 234–237
аргон 65
аризоназавры 91
Аристотель 190
арифметика 174–175, 176
археи 78–79
архозавры 91
астероиды 26, 27
атмосфера 62–63
ахондриты 26–27
аэропланы 210–213

Б

Бакеланд, Лео 227
бакелит 227
бактерии 78–79
бартер 126, 128
белые карлики 19, 20–21, 36
бензин 66–67
бериллий 23

Бернерс-Ли, Тим 239
биткоин 127
боги 142
Большой взрыв 14–15
бонобо 154, 159
бор 23
Бор, Нильс 195, 197, 231
Браун, Карл Фердинанд 206
Брахмагупта 174–175, 176
Бэббидж, Чарльз 218

В

вазелин 227
валюта 126–127, 129
Великая французская революция 178, 186–187
великое столкновение, гипотеза 46
Венера 42, 44, 63
ветер 54–55, 56–57
вещество 14–17
 темная материя 30–33
виагра 227
вимпы 30
вино 147, 148, 149
внешнее оплодотворение 85

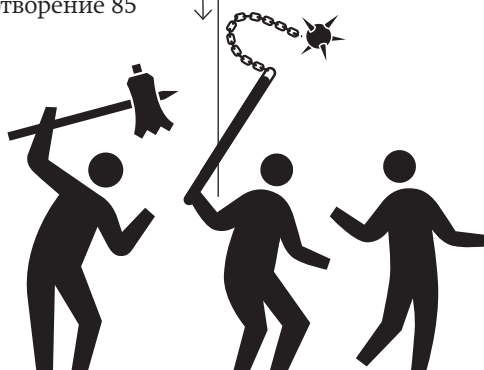
внутритропическая зона конвергенции 56
вода
 и происхождение жизни 74–75, 76–77
 облака и дождь 55
 океаны 50–51
водород 22, 23, 24–25, 75
воздух 62–65
воздушные шары 210
время 14–15
 измерение 179, 180, 182–185
Вселенная
 вещество, пространство и время 14–17
 звезды и галактики 18–21
 метеориты 26–29
 темная материя и темная энергия 30–33
 химические элементы 22–25
 черные дыры 34–37
 см. также Солнечная система; космос
вши 155, 156–157
выделения из глаз 115
выпивка 146–149

Г

газовые гиганты 43, 45
Гайетти, Джозеф 162, 163
галактики 18–21
гармония 160–161
Гейгер, Ханс 191
Гейзенберг, Вернер 195, 197, 231
гелий 22, 23
геометрия 176
герреразавры 91
Гёбекли-Тепе 142, 143
гидротермальная гипотеза 74–75
гидры 94–95
Гильберт, Давид 218–219
глаза 94–97, 115
Глидден, Карлос 214
Годдарт, Роберт 242



гориллы
 вши 155, 156–157
 размер пениса 82
 рацион 135
 шерсть 154
города 122–125
гравитация 31
грозы 55



Д

Данбара число 111, 112
 Дарвин, Джордж 46
 Дарвин, Чарльз 74, 78, 94, 102, 138, 158
 двоичные числа 177
 Декарт, Рене 176
 дельфины 101
 Денсмор, Джеймс 214
 деньги 126–129
 деньги товарные 126–127, 128
 де Розье, Пилатр 210
 динозавры 90–93
 длина 178–179, 181
 ДНК 75
 дождь 55
 долговые расписки 128
 дрожжи 146
 дружба 110–113
 дыхание 62, 64–65



Ж

железо 23, 25, 62–63
 животные 53
 в религиозных сюжетах 144

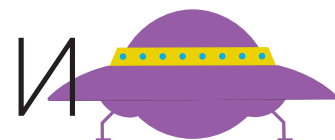


З

звезды-гиганты 19, 20–21, 36–37
 Земля →
 воздух 62–65
 в Солнечной системе 42–45
 городские и сельские территории 124–125
 и Луна 46–49
 и секунды
 координаты 183
 континенты и океаны 50–53
 нефть 66–69
 погода 54–57
 почва 58–61
 происхождение жизни 74–77
 радиосигналы 208–209
 “скупный миллиард” 78
 “Земля-снежок” 63
 знания
 единицы мер и весов 178–181
 квантовая механика 194–197
 ноль 174–177
 письменность 170–173
 политика 186–189
 счет времени 182–185
 химия 190–193
 золото 127
 золотые рыбки 139
 зубная паста 162



зубы
 и приготовленная пища 135
 чистка 162



иероглифы 171
 измерение 178–181
 изобретения
 антибиотики 234–237
 интернет 238–241
 йод 25
 колесо 202–205
 компьютеры 218–219
 микроволновые печи 227, 228–229
 полет 210–213
 радио 206–209
 ракеты 242–245
 раскладка QWERTY 214–217
 рентгеновские лучи 222–225
 случайные открытия 226–229
 стикеры 226
 суперклей 226
 тефлон 226–227
 туалетная бумага 162–163
 ядерное оружие 230–233
 имущество 150–153
 интернет 238–241
 ископаемое топливо 66–69

западные ветры умеренного пояса 57
 звезды 18–21, 23
 и черные дыры 34–37

К

калий 25
 кальций 25
 кандела 179, 181
 Кан, Роберт
 квантовая механика
 15–16, 191, 194–197
 кельвин 179, 181
 килограмм 178, 179, 180
 кислород 24, 62–63, 65, 86
 кислородная катастрофа
 62–63
 клей 226
 Клейнрок, Леонард 238
 клетки 78–81
 клинопись 170
 козявки 115

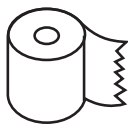
(I)

Койпера пояс 43
 колесо 202–205
 количество вещества
 179, 181
 компьютеры 152,
 218–219
 интернет 238–241
 клавиатура 214–217
 транзисторы 220
 кони
 размер пениса 82
 сон 100
 консерваторы
 186–187, 189
 континенты 50–51, 52
 копуляция 85

Кориолиса эффект 54–55
 Королёв, Сергей 243
 космос 14–15
 научная
 фантастика 242
 ракеты 242–245
 см. также Вселенная
 кошки 139
 кот Шрёдингера 195
 кремация 131
 кремний 25
 кулинария 134–137
 микроволновые печи
 227, 228–229
 куры 139
 Кэйли, Джордж 210–211

Л

Лагранж, Жозеф Луи 177
 Лаплас, Пьер-Симон 34
 Лейбниц, Готфрид 177
 летучие мыши 101
 Лилиенталь, Отто 211
 литий 22, 23
 личная
 гигиена
 162–165
 Лодж,
 Оливер 207
 Луна 26, 27, 43, 46–49,
 52, 211
 львы морские 100
 Лэнгли, Сэмюел 211
 люди 102–105
 глаза 115
 дружба 110–113



живые и мертвые
 132–133
 козявки 115
 подмышки 163
 пушок в пупке 114–115
 сон 98–99
 ушная сера 115–117
 химические
 элементы 24–25
 чувство ритма 158
 язык 106–109
 см. также
 цивилизация;
 изобретения; знания
 лягушка-бык 100

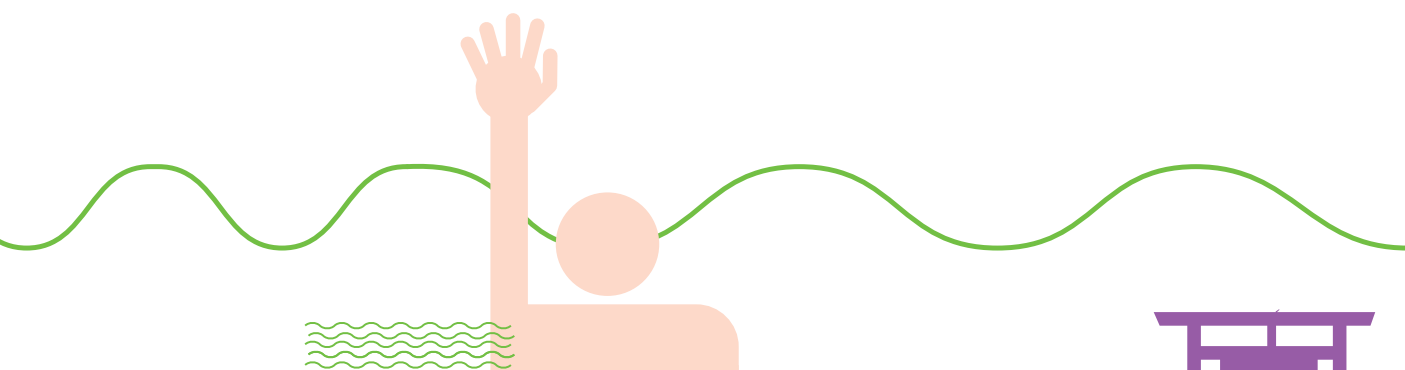
М

магний 25
 Майяра реакция 134
 макроагрегаты 60
 Манхэттенский проект
 230, 231
 марганец 25
 Маркони, Гульельмо
 206–207
 Марс 26, 27, 42, 43, 44, 63
 Марсден, Эрнест 191
 масса 178, 179, 180
 математика 174–177
 математический
 анализ 177
 медь 25
 Мейтнер, Лиза 230
 Менделеев, Дмитрий
 190–193
 Меркурий 42, 44

метаморфоз 87
 метан 62, 63
 метеориты 26–29, 50, 51
 метеориты железные 27
 метеориты
 железокосмические 27
 метр 178–179, 181
 микроагрегаты
 микроволновые печи
 227, 228–229
 минимально
 контринтуитивные
 сверхъестественные
 сущности 144–145
 митохондрии 79, 80, 83
 Мичелл, Джон 34
 многоклеточные
 животные 53
 молибден 25
 молния 55
 моль (единица
 измерения) 179, 181
 Монгольфье,
 Жак-Этьенн 210
 музыка 158–161
 Мура закон 220–221

Н

насекомые 86–89
 натрий 25
 натуральное
 хозяйство 128
 нацисты
 ракеты 242, 243
 ядерное оружие
 230, 231



неандертальцы 103, 107, 134, 135, 158
 Нептун 42, 43
 нефть 66–67
 ничто 15–17
 нуль 174–177
 ноги 102
 носороги
 размер пениса 82
 нуль 174–177
 Ньютон, Исаак 177, 191

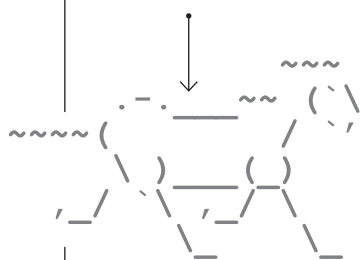
О

Оберт, Герман 242–243
 облака 55
 обратное рассеяние
 рентгеновских
 лучей 225
 обувь 154–155
 общая теория
 относительности 14–15, 34–35
 огонь 134, 150–151
 одежда 151, 152–153, 154–155
 одомашненные
 животные 101, 138–141
 океаны 50–51
 окситоцин 110
 оливин 75, 76–77
 Оорта облако 43
 Оорт, Ян 30
 Оппенгеймер, Роберт 231
 опыление 84

орангутаны
 рацион 135
 шерсть 154
 орудия труда 151

П

панспермия 74
 пассаты 56–57
 пенис 85
 размер 82
 пенициллин 234–235
 первичные частицы 61
 периодическая таблица 190–193
 Пенроуз, Роджер 14–15
 пиво 147, 149
 пизанозавры 91
 пиктограммы 170–171, 172–173
 Пирс, Чарльз Сандерс 178
 письменность 170–173
 пишущие машинки 214–217



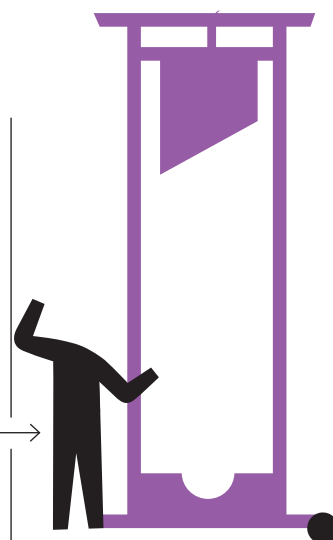
пища 140–141, 152
 кулинария 134–137, 227
 планеты 42–45
 см. также Земля

Планкетт, Рой 226–227
 Планк, Макс 194, 196
 плезиозавры 91, 92
 плодовые мушки 139
 Плутон 43
 погода 54–57

подмышки 163
 полет 210–213
 политетрафторэтилен 226–227
 политика 57
 половой каннибализм 85
 полярная ячейка 57
 Попов, Александр 207
 похороны 130–131
 поцелуй клоаками 85
 почва 58–61
 пояс астероидов 43, 45
 праязык 106
 принцип
 неопределенности 194–195, 197
 прогрессисты 186–187, 188
 прокариоты 78
 прямохождение 102
 птерозавры 91, 92
 птицы
 пение 159
 сон 101
 пушок в пупке 114–115

Р

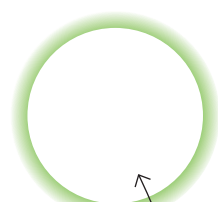
равизухии 91, 92
 радар 227
 радио 206–209



Райт, Орвилл и Уилбур 210, 211
 ракеты 242–245
 раскладка Дворака 215
 раскладка QWERTY 214–217
 расход энергии 68–69
 Резерфорд, Эрнест 207
 религия 142–145
 Рентген, Вильгельм 222–223
 рентгеновские лучи 222–225
 ритм 158, 159
 РНК 75
 Рэнгем, Ричард 135

С

Сатурн 43
 “Сатурн-5”, ракета 244–245
 сверхгиганты 19, 20–21



сверхновая звезда 23, 37
 свет
 и глаза 94–97
 сила 179, 181
 свиньи 139
 секс 82–85
 и пенициллин 235
 секунда 179, 180,
 182–183
 сера 25
 сернистый газ 62
 Сёрф, Винтон 238–239
 Сиборг, Гленн 191
 Силард, Лео 230, 231
 Сильвер, Спенсер 226
 симметрия 15
 сингулярность 35
 скансориоптериксы
 92–93
 слоговое письмо 171
 слоны 100
 служба безопасности
 в аэропорту 224–225
 смерть 130–133
 Смит, Адам 150
 сны 98, 99
 собаки 138–139
 сон 101
 собственность 150–153
 Солнечная система 42–45
 солнечное затмение 47
 Солнце
 и погода 54, 57
 образование 42
 полное затмение 47
 см. также Солнечная
 система
 сон 98–101
 выделения из глаз 115
 сон быстрый 98, 99, 100

сон медленный 99, 100
 сопля 115
 социальные
 взаимодействия 110–113
 спагеттификация 34
 Спенсер, Перси 227,
 228–229
 сперматофоры 84
 стационарной
 Вселенной теория 14
 стикеры 226
 Стрингфеллоу, Джон 210
 стронций 25
 струйные течения 55
 субмикроагрегаты 61
 сукралоза 227
 суперклея 226

T

Тель-Брак 123
 темная материя 30–33
 темная энергия 31–33
 температура 179, 181
 Тесла, Никола 206, 207
 Тетис, океан 67
 тефлон 226–227
 торнадо 55
 травматическое
 осеменение 85
 транзисторы 220
 транспорт
 аэропланы 210–213
 домашние животные
 140–141
 колеса 202–205
 трансурановые

элементы 22
 трилобиты 94, 95
 тропические циклоны 55
 туалетная бумага
 152–153, 162–165
 Тьюринг, Алан 218–219
 Тьюринга машина 219

У

углекислый газ 62, 63,
 65, 75, 76–77
 углерод 24–25
 углистые хондриты 26
 Уилер, Джон Арчибальд
 35
 Уран 42
 Урук 122–123, 202
 ушная сера 115–117

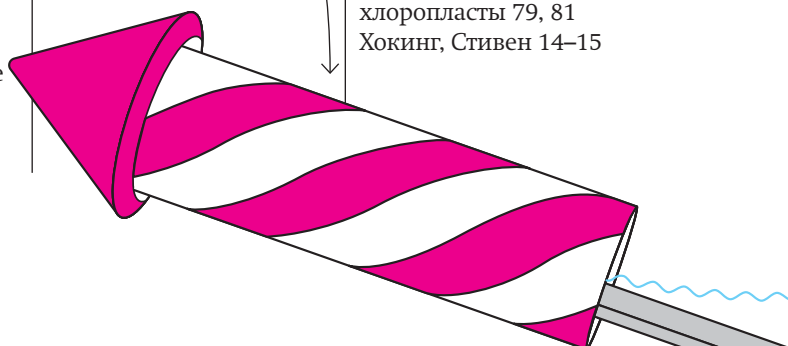
Ф

“Фау-2”, баллистическая
 ракета 242
 фейерверки 244–245
 ферментация 146–149

Ферми, Энрико 230–231
 Ферреля ячейка 56–57
 Фибоначчи 175, 176
 фидуциарные деньги
 127, 129
 фитозавры 91, 92
 Флеминг, Александр
 234–235
 Флори, Говард 234, 235
 фон Браун, Вернер
 242–243
 фосфор 25
 фотосинтез 53, 62–63
 Фреге, Готлоб 177
 фтор 25

X

“Хаббл”, космический
 телескоп 18–19
 Хаббл, Эдвин 14
 Хамукар 122–123
 химические элементы
 22–23
 в человеческом теле
 24–25
 и происхождение
 жизни 75
 периодическая
 таблица 190–193
 хлор 25
 хлоропласты 79, 81
 Хокинг, Стивен 14–15





хондриты 26
хорьки 139
Хуньу, император 162
Хэдди ячейка 56

Ц

Цвики, Фриц 30
цивилизация
алкоголь 146–149
города 122–125
деньги 126–129
домашние животные
138–141
кулинария 134–137
личная гигиена
162–165
музыка 158–161
одежда 154–155
организованная
религия 142–145
похороны 130–131
собственность 150–153
циклоны 55
цинк 25
цирконы 50–53

Ч

часы 182
Чатал-Хююк 123
Челябинск 26
Черной Королевы
гипотеза 82

черные дыры 18, 34–37
числа
двенадцать 184–185
нуль 174–177
чича 147, 149
чтение 170

Ш

Шварцшильд, Карл
34, 35
шимпанзе 102
вши 156–157
и алкоголь 146
и смерть 130, 131
рацион 134, 135
собственность 150
чувство ритма 159
шерсть 154
шоколад 147, 149
Шоулз, Кристофер
Лэтем 214
Шрёдингер, Эрвин
195, 197
Штайнхаузер, Георг
114–115



Э

эволюция
102–103
эдиакарские
организмы 79



Эйнштейн, Альберт 31,
34–35, 194, 196, 231
электрический ток
179, 180
электроны 191
элементы
см. химические
элементы
эндорфины 110
эндосимбиоз 79
энтропия 15
эорапторы 91
этиловый спирт 146
этозавры 91, 92
эукариоты 78–79, 82, 83

Ю

Юпитер 43

Я

ядерное оружие 230–233
язык 106–109, 150,
202–203

письменность 170–173

中文

ARPANET 238, 239
Australopithecus afarensis 130
Australopithecus sediba 103
Erythroposidinium 95
Homo erectus 102–103, 107,
134, 135
Homo floresiensis 103
Homo heidelbergensis 103,
107, 130–131
Homo naledi 103, 131
Homo sapiens 103, 107, 131,
135
TCP/IP 238–239
WorldWideWeb 239,
240–241



CORPUS

серия БИБЛИОТЕКА ФОНДА "ТРАЕКТОРИЯ"

Научно-популярное издание

ГРЭМ ЛОУТОН

Происхождение (почти) всего

УДК 030
ББК 92
Л81

Издание подготовлено в партнерстве с Фондом некоммерческих инициатив "Траектория" (при финансовой поддержке Н. В. Каторжнова)

Художественное оформление и макет *Jade Design*

Лоутон, Грэм

Л81 Происхождение (почти) всего / Грэм Лоутон; пер. с англ. А. Бродоцкой. — Москва: Издательство АСТ: CORPUS, 2020. — 256 с. (Библиотека фонда "Траектория").

ISBN 978-5-17-113269-9

"Происхождение (почти) всего" — поучительная и яркая книга редактора журнала *New Scientist* Грэма Лоутона. Предисловие к ней написал Стивен Хокинг. Каждый рассказ снабжен великолепной инфографикой. Здесь повествуется действительно о происхождении почти всего — нашей Вселенной, планеты, жизни, цивилизации, знания, многих изобретений, прочно вошедших в жизнь современного человека (туалетной бумаги, клавиатуры, интернета). Автор не только бешено расширяет кругозор читателя, но и не дает заскучать ни на секунду. Вы, например, знали, что один химик три года всерьез занимался научным исследованием вопроса, откуда берется пушок в пупке?

УДК 030
ББК 92

ISBN 978-5-17-113269-9

© New Scientist 2016
© Illustration Jennifer Daniel 2016
© А. Бродоцкая, перевод на русский язык, 2020
© ООО "Издательство АСТ", 2020
Издательство CORPUS ®

Отпечатано в АО «Первая Образцовая типография»
Филиал «Чеховский Печатный Двор»
142300, Московская область, г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1
Сайт: www.chpd.ru, e-mail: sales@chpd.ru, тел. 8(499) 270-73-59

Главный редактор Варвара Горностаева

Редактор Алёна Якименко

Научные редакторы Олег Верходанов, Алёна Якименко

Ответственный за выпуск Ольга Энрайт

Корректор Александра Тромбова

Технический редактор Наталья Герасимова

Верстка Марат Зинуллин

Над оригинальным изданием также работали:

Дизайн Дженнифер Дэниел, Джеймс Александер, *Jade Design*

Фоторедактор Кирстин Кидд

Дополнительные тексты Салли Ади, Джалиад Амит, Колин Баррас, Элисон Джордж, Джошуа Хаугиго, Джастин Муллинс, Мик О'Хара, Ричард Уэбб

Дополнительные иллюстрации Крейг Маки

Дополнительная работа с графиками Сэм Вон

Общероссийский классификатор продукции ОК-034-2014 (КПЕС 2008); 58.11.1 — книги, брошюры печатные

Подписано в печать 10.02.20. Формат 84 × 108/16

Бумага офсетная. Гарнитура Swift

Печать офсетная. Усл. печ. л. 26,88

Тираж 3000 экз. Заказ №

Произведено в Российской Федерации в 2020 г.

Изготовитель — ООО "Издательство АСТ"

ООО "Издательство АСТ"

129085 г. Москва, Звездный бульвар, д. 21, строение 1, комната 705, пом. I, 7 этаж

Электронный адрес: www.ast.ru, e-mail: astpub@aha.ru

"Баспа Аста" деген ООО

129085, Мәскеу қ., Звездный бульвары, 21-үй, 1-құрылыс, 705-бөлме, I жай, 7-қабат

Біздің электрондық мекенжайымыз: www.ast.ru

E-mail: astpub@aha.ru

Интернет-магазин: www.book24.kz

Импортер в Республику Казахстан ТОО "РДЦ-Алматы"

Дистрибьютор и представитель по приему претензий на продукцию в Республике Казахстан: ТОО "РДЦ-Алматы"

Интернет-дуken: www.book24.kz

Қазақстан Республикасындағы импорттаушы "РДЦ-Алматы" ЖШС

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша

арыз-талаптарды қабылдаушының өкілі "РДЦ-Алматы" ЖШС

050039 Алматы қ., Домбровский көш., 3 "а", литер Б, офис 1

Тел.: +7 (727) 251-59-89, 90, 91, 92, факс: +7 (727) 251-58-12, доб. 107

E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz

Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген

По вопросам оптовой покупки книг обращаться по адресу:

123317 г. Москва, Пресненская наб., д. 6, строение 2,

БЦ "Империя", а/я № 5

Тел.: +7 (499) 951-60-00, доб. 574. E-mail: opt@ast.ru





ТРАЕКТОРИЯ

ФОНД ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ,
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И КУЛЬТУРНЫХ
ИНИЦИАТИВ



Откуда мы взялись?
Как все началось?
Это самые главные
вопросы во Вселенной,
и у **New Scientist**
есть на них ответы...



9 785171 132699