

**СЕРИЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ
КУЛЬТУРЫ**

Stephen Robertson
B.C, Before Computers
*On Information
Technology from Writing
to the Age of Digital Data*

Стивен Робертсон
До компьютеров
*Об информационных
технологиях от письменности
до эпохи цифровых данных*

Перевод с английского
Алексея Королева
под научной редакцией
Александра Павлова

Издательский дом
Высшей школы экономики
Москва, 2025



ПРОЕКТ СЕРИЙНЫХ МОНОГРАФИЙ
ПО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ
И ГУМАНИТАРНЫМ НАУКАМ

Руководитель проекта АЛЕКСАНДР ПАВЛОВ

Робертсон, Стивен

P58 До компьютеров: Об информационных технологиях от письменности до эпохи цифровых данных / пер. с англ. А. Королева; под науч. ред. А. Павлова; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2025. — 192 с. — (Исследования культуры). — 600 экз. — ISBN 978-5-7598-4149-4 (в пер.). — ISBN 978-5-7598-4401-3 (e-book).

Мысль о том, что цифровая эра коренным образом изменила наше повседневное восприятие мира, не нова и хорошо знакома историкам культуры. Однако Стивен Робертсон в книге «До компьютеров...» бросает вызов идее о том, что середина XX века стала единственным переломным моментом в этом процессе. Он исследует все знания, изобретения и концепции — все способы эволюции нашего мышления, — которые предшествовали информационно-технологической революции второй половины XX века, прослеживая путь от истоков обработки данных до самых ранних форм человеческих технологий, таких как развитие письменности, и объединяя в одно нелинейное повествование целую историю революционных моментов в развитии информационных технологий.

Книга предлагает глубокий и разносторонний взгляд на историю технологий, не требуя от читателя специальных знаний. Благодаря четкой структуре и увлекательному стилю изложения она будет интересна как для специалистов, так и для широкой читательской аудитории.

УДК 004
ББК 16.2

Переведено по: *Stephen Robertson*. B C, Before Computers: On Information Technology from Writing to the Age of Digital Data. Cambridge, UK: Open Book Publishers, 2020. <https://doi.org/10.11647/OBP.0225>

Опубликовано Издательским домом Высшей школы экономики
<http://id.hse.ru>

doi:10.17323/978-5-7598-4149-4

ISBN 978-5-7598-4149-4 (в пер.)
ISBN 978-5-7598-4401-3 (e-book)
ISBN 978-1-80064-031-3 (англ.)

© 2020 Stephen Robertson / CC BY 4.0
© Перевод на русский язык.
Национальный исследовательский
университет «Высшая школа
экономики», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Благодарности	7
Пролог	8
Глава 1. В начале...	11
Глава 2. Отправление сообщений: почта	31
Глава 3. Отправление сообщений: электричество	42
Глава 4. Распространение информации	52
Глава 5. Еще об алфавите	70
Глава 6. Организация информации	90
Глава 7. Изображение и звук	104
Глава 8. О физике и физиологии	121
Глава 9. О перспективе — и музыке.	131
Глава 10. Вычисления	152
Глава 11. Обработка данных	161
Глава 12. Шифры	172
Эпилог	186
Библиография	188
Список иллюстраций	190

Посвящается Молли и Эрин,
Фриде и Эйнару, а также
следующему поколению

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа над этой книгой началась много лет назад с нескольких лекций, прочитанных по разным поводам перед разными аудиториями, в том числе перед студентами Лондонского городского университета, исследователями в Microsoft Research Cambridge и академическими учеными в Гёртон-колледже (Кембридж). Мне безмерно помогли вопросы и комментарии этих слушателей.

Моя жена Джорджина и мой сын Колин читали черновики этой книги на разных стадиях ее написания, предоставив мне множество полезных комментариев. То же самое сделали Майкл Уильямс и еще один рецензент из издательства Open Book Publishers. Колин также поучаствовал в оформлении обложки.

В библиографии, приведенной в конце книги, указаны некоторые издания, давшие мне пищу для размышлений. Но, как там, собственно, и сказано, моим главным источником во многих областях, с которыми я не был знаком до начала работы над этой книгой, стала «Википедия». Поэтому я хотел бы особенно поблагодарить бесчисленное множество анонимных авторов статей из «Википедии», на чью работу и на чьи идеи я опирался.

Все ошибки, разумеется, исключительно на моей совести.

Стивен Робертсон
Норфолк, 2020 год

ПРОЛОГ

Я родился в 1946 году. Примерно в это же время начались те коренные изменения, которые часто называют революцией и которые за следующие три четверти века преобразовали нашу жизнь самым неожиданным образом. Именно в те годы в нескольких лабораториях Британии и США были собраны первые работоспособные компьютеры (или нечто близкое к тому, что мы понимаем под ними сегодня), ставшие продолжением предвоенных работ таких первопроходцев, как Конрад Цузе и Алан Тьюринг, а также изобретений военного времени, потребовавшихся для взлома кода в Блетчли-парке. Сегодня компьютеры стали вездесущими — и трудно найти хотя бы одну сторону нашей жизни, на которую они бы не повлияли.

Однако компьютеры — только часть этой истории. Мы можем говорить об информационной технологии или в целом об информационных и коммуникационных технологиях, которые включают в себя компьютеры и цифровой мир, ставший возможным благодаря им, а также всю совокупность телекоммуникаций, Интернета, звукозаписи, фотографии, фильмов, радиовещания и т.п. Но мы сразу же должны поставить под вопрос то, что я только что сказал о начале революции. Например, телефон возник за семьдесят лет до компьютера (то есть одним поколением раньше); фотография — где-то на сто лет раньше. Значит ли это, что мы должны вернуться на столетие назад, чтобы поискать там начало этой революции? Или, быть может, на пять столетий, к моменту изобретения печати?

Именно таким вопросам и посвящена эта книга. Я думаю, бесспорно, что период, в который мне довелось жить, действительно принес с собой революционные перемены

в области информационных технологий. Однако само слово «*революция*» указывает на полный разрыв, перелом, расставание с прошлым. Оно требует от нас определить, когда именно произошла такая революция, причем мы должны считать такую точку во времени разрывом в континууме.

Однако, как и во всех реальных революциях, зафиксировать начало и истоки этого периода огромных изменений довольно трудно. Мой тезис состоит в том, что до тех радикальных перемен, в эпоху которых мне довелось жить, мы успели сделать много других изобретений, придумали многие другие способы осмысления вещей и разработали много новых практик. В этой книге представлена попытка собрать в единую историю все эти необходимые предшествующие технологии, начав с письменности.

Эта история не может быть линейной, то есть исключительно хронологической. Собрание идей, теорий, способов мышления и практик, которые потом объединились в общую категорию «информационных технологий», возникло не сразу и, что еще важнее, не в одном контексте. У каждой из этих линий свое начало и свой путь развития; иногда некоторые линии сходятся вместе, какая-то из них может разделиться надвое, и тогда ответвления могут следовать своему собственному курсу исторического развития. Поэтому я буду перепрыгивать от одного исторического момента к другому, распутывая ту или иную линию вплоть до XX века, чтобы потом отложить ее и заняться поисками источников какой-то другой.

Хотя начало компьютерной эпохи я приурочил к 1945 году, многие обсуждаемые мной темы долгое время оставались вне компьютерного или цифрового мира в узком смысле слова. Например, фотография, ныне ставшая безусловной частью цифрового мира, в основном вступила в него только после 1980 года. В подобных случаях я исследую развитие каждой темы вплоть до моей соб-

ственной эпохи, до точки, в которой она поглощается или захватывается этой новой реальностью, или, если выражаться точнее, до момента, когда новые способы мысли и практики расширятся так, что включают ее в себя.

Среди тем, которые возникнут в ходе обсуждения, — понятие, являющееся для современного мира ключевым, а именно: понятие «данные». В наше время эта идея стала поистине вездесущей, поскольку она обозначает как сырье, так и продукт всех вычислительных процессов, охватывая не только текст и числа, но также изображения и звуки (а также многие другие вещи), но в явном виде она начала формулироваться лишь на пороге XX столетия. Сегодня многие аспекты, которые я буду обсуждать, просто трудно помыслить, если не держать в уме понятие «данные». Но я предлагаю вам пока отложить его в сторону, насколько это вообще покажется вам возможным, чтобы вернуться к нему позже, в главе 6.

Глава 1

В начале...

САМОГО начала письменной истории и даже раньше мы пытались научиться тому, как делать разные вещи при помощи информации.

Это не такой уж громкий тезис, как может показаться. Скорее даже тавтология. Мы не могли начать письменной истории, пока не появились средства записи, а потому запись информации представляет собой одну из тех вещей, которым мы научились. Это, возможно, одна из немногих необходимых составляющих письменной истории как таковой. Мы не были *обязаны* слезать с деревьев или даже выходить из океана до того, как началась письменная история, хотя мы и правда сделали и то и другое. Мы не были *обязаны* учиться выращивать сельскохозяйственные культуры, перестав ограничиваться охотой и собирательством; также не были мы *обязаны* строить города, изобретать торговлю, организовывать рынки и прокладывать торговые пути, хотя, конечно, мы все это сделали и, вероятно, все это способствовало изобретению письменности. Мы определенно не были обязаны изобретать колесо, и на самом деле неясно, когда мы его изобрели: до или после того, как научились писать. Но научиться писать мы действительно были *обязаны*.

Письменное сообщение — изобретение, характеризующее человека в той же мере, что и средства, позволяющие

такое сообщение создавать. Как только оно было изобретено, начала формироваться и информационная технология.

ТЕХНОЛОГИЯ

Термины, составляющие выражение «*информационная технология*», заслуживают некоторого комментария. Во-первых, что я имею в виду под «технологией»?

В повседневном словоупотреблении «*технология*» часто объединяется с *наукой*, так что на практике под ней в основном подразумеваются изобретенные нами гаджеты и устройства, которые позволяют нам делать разные вещи, о чем и говорит лозунг «внедрение науки». Однако это весьма ограниченный взгляд на технологию. В моем издании краткого Оксфордского словаря (1944) технология определяется как «рассуждение либо трактат об искусстве или искусствах; научное исследование практических или промышленных искусств; практические искусства в целом». Неслучайно то, что в этом определении слово «*искусство*» (или «*искусства*» во множественном числе) встречается четыре раза, а слово «*наука/научный*» — только раз. Технология — это искусство делать разные вещи и тем самым менять мир. Точно так же мы могли бы вспомнить о термине «*техника*», связанном с выполнением определенных вещей в искусствах или науках.

В этом отношении технология — это в определенном смысле противоположность науки. Наука стремится понять, почему универсум такой, какой он есть; то есть она занимается правилами и закономерностями, структурами и законами. Сирил Норткот Паркинсон в своей книге «Законы Паркинсона» утверждает:

Уничтожение сорняков не входит в обязанности ботаника. Достаточно того, что он сможет нам сказать, как быстро они растут.

Конечный результат, к которому стремится любой ученый, — это открытие того или иного закона; закон природы, так же как и человеческий закон, определяет то, чего нельзя сделать, то есть какие мыслимые состояния универсума на самом деле запрещены. Существует один старый парадокс: «Что случится, когда непреодолимая сила встретится с неподвижным объектом?» Однако Ньютон предложил нам законы, указывающие, в частности, на то, что ни одна сила не одолевается иначе как другой силой, причем любая сила одолевается другой равной ей и противоположной силой; кроме того, не существует объекта, который невозможно сдвинуть.

Технологический взгляд на мир совершенной иной. С точки зрения технологии существование универсума в его актуальном состоянии неизменно бросает нам вызов: как его изменить? Как мы могли бы подогнать его под наши собственные нужды? Как избежать этих пресловутых научных законов или заставить их работать на нас, поставить их нам на службу? Конечно, мы на самом деле не можем *нарушить* законы природы (хотя иногда технология открывает то, что ученые поняли их неправильно, а потому на самом деле можно уклониться от действия закона, как они его представляли). Однако мы можем использовать такие законы по-разному, достигая замечательных результатов. Законы механики, включая те, что управляют действием рычага, — часть наших знаний об универсуме. Но когда Архимед (комментируя эти законы вселенной) сказал: «Дайте мне точку, чтобы опереться, и я переверну мир», — он высказывался (по крайней мере метафорически) в духе технологии, а не науки.

Короче говоря, технология связана с изменением универсума, со знанием о том, как делать какие-то вещи. Не обязательно в больших масштабах — на самом деле отдельные технологии нацелены на очень незначительные изменения. Однако «*знание как*» — необходимая составляющая техноло-

гии. Инструмент или устройство сами по себе — это еще не технология *как таковая*; они суть технология в той только мере, в какой позволяют нам делать какие-то вещи.

Кроме того, технологические изменения требуют определенного выбора. Часто технологический прогресс подается в качестве пути к свободе, поскольку он расширяет наши горизонты и возможности. Но, когда мы приучаемся к новым способам делать те или иные вещи при помощи технологии, мы не только отказываемся от старых способов, но и делаем старые миры невозможными, недоступными нам (что, например, обсуждается в книге Дэвида Ротенберга «Конец руки»). Так, огромные социальные перемены, вызванные доступностью личного автомобиля, сегодня затронули практически все уголки земли. Даже требования, предъявляемые изменениями климата, не могут принудить к переменам в этой практической части жизни, хотя, когда нефть кончится, такие перемены будут произведены вынужденно. Однако не может быть и речи о возвращении к миру до автомобилей, каким он был еще до 1890-х годов, — эти возможности мы утратили навсегда.

ИНФОРМАЦИЯ

Слово «*информация*» также может оказаться довольно скользким термином, и в разные времена разными людьми оно использовалось по-разному. Вопросу о том, «что такое информация», как и следствиям возможных ответов на него, были посвящены многие диссертации и книги (два примера: «Информация. Очень краткое введение» Лучано Флориди и «Информационное многообразие» Антонио Бадия). Однако, если углубиться в эту тему, она может увести меня в сторону от моей основной цели. В этой книге я буду придерживаться достаточно наивного взгляда на информацию. Когда один собеседник говорит, а другой слушает его и понимает; когда голос говорящего преобразуется трубкой телефона

в электрические сигналы, а потом, возможно, в радиоволны, и когда какое-то устройство на другом конце провода осуществляет обратный процесс; когда писатель пишет, а читатель читает и понимает; когда кто-то заносит данные в базу данных, а позже кто-то исследует ее и получает те же данные в другой, но все еще понятной форме, — все это процессы, включающие в себя информацию.

Единственное важное предположение, которому я буду следовать, состоит в том, что в этом процессе на том или ином его этапе всегда участвуют люди (даже если пока я занят исключительно механизмами и устройствами). То есть я буду считать, что нечто может быть информацией или может нести в себе информацию только в том случае, если есть по крайней мере возможность того, что результат когда-нибудь достигнет человека и будет им понят. Мы можем считать, что информация каким-то образом хранится в записях и в некотором смысле эта книга посвящена исключительно записям и записанной информации, однако получатель-человек всегда так или иначе подразумевается.

Существуют, конечно, понятия информации, не зависящие от этого предположения. Однако сложно определить или даже понять некое общее понятие информации, которое включало бы в себя все эти аспекты.

Существует одна хорошо известная теория информации, отчасти благодаря Клоду Шеннону (см. его статью 1948 года), в которой используется представление о том, что информация — это то, что снижает неопределенность. Можно считать, что такое определение не требует участия человека; однако, если спросить: «Кто или что испытывает неопределенность?», — станет ясно, что предположение о наличии человека (или по крайней мере некоего существа, наделенного чувствами) помогает с пониманием и этой конкретной концепции.

Сам Шеннон считал, что его теория не имеет никакого отношения к людям или смыслу. Его теория впослед-

ствии оказала огромное влияние, причем в разных областях, о чем Джеймс Глик пишет в своей замечательной книге «Информация». Многие из исторических ориентиров, с которых начинается книга Глика, мы тоже будем далее обсуждать. С точки зрения Глика, теория Шеннона сыграла основополагающую роль в революции информационных технологий, причем она включает в себя все понятия информации. С моей точки зрения (а также с точки зрения упомянутого выше А. Бадия), несмотря на всю ее силу и полезность, эта теория не может адекватно учесть некоторые из основных характеристик информации, проявляющихся в контексте межчеловеческой коммуникации. Поэтому далее я ее не использую.

ЯЗЫК

За последние полвека изучения животных стало ясно, что многие из них обладают определенной формой коммуникативного поведения. Мы знаем, что пчелы танцуют, чтобы рассказать друг другу об изобильных источниках пищи, что киты общаются друг с другом на огромных пространствах океана, тогда как шимпанзе друг у друга учатся. Тем не менее те виды человеческого поведения, которые в целом можно отнести к *языку*, отличаются необычайно широким охватом и беспримерными возможностями.

Эволюция и изобретение языка — одно из величайших событий в предыстории человечества. Я специально говорю именно об «эволюции и изобретении» языка. Стивен Пинкер в своей книге «Язык как инстинкт» убедительно доказывает, что такой инстинкт и в самом деле является основным инстинктом, развитие которого в некоторой степени определило саму человеческую сущность, причем он присущ всему человечеству в целом. В этом абстрактном смысле язык на самом деле не принадлежит к истории человеческих изобретений. Однако все те элементы языка,

которые выучиваются и конструируются, все конкретные качества реальных языков должны считаться изобретением.

Изобретение языка — непрерывный процесс. Как и большинство других изобретений, и даже в большей степени, языки являются плодом не одинокого изобретателя, сидящего в своей келье, а социального процесса. Каждый писатель или оратор, использующий язык изобретательно и креативно, вносит вклад в изобретение языка, тогда как каждый писатель или оратор, который копирует или имитирует предыдущего писателя или оратора, заимствуя у него, вносит вклад в закрепление этого изобретения. Язык — не только основной инстинкт, но также технология, используемая нами для изменения мира в коммуникации с другими людьми, тогда как социальный процесс, в котором развиваются конкретные языки, является одним долгим изобретением.

Мы часто называем такой процесс социального изобретения эволюцией. Тем самым мы отдаем дань уважения биологической теории Дарвина, однако такой процесс — не часть биологической эволюции, то есть он лишь аналогичен ей, но не является ее прямым следствием. Возможно, биологическая эволюция человечества в тех ее характеристиках, которые связаны с языком, продолжается и по сей день, например, в таких очевидных физических качествах, как голос, а также, быть может, в наших способностях обрабатывать язык. Но разглядеть такие процессы сложнее.

Также сложно во всех подробностях изучить истоки как социального, так и биологического процесса, и я не буду пытаться в них углубиться. Для этой книги отправным пунктом, с которого начинается истинная информационная технология, является изобретение письменности.

ПИСЬМЕННОСТЬ

Вопрос: «Что отличает людей от животных?» — ставился неоднократно и получал разные ответы, включая и тот, что

никакого отличия между ними нет. К числу других ответов можно отнести интеллект, язык, абстрактное мышление и многие другие вещи. Однако многие из этих возможных ответов были опровергнуты открытиями, полученными при изучении других видов. Но можно утверждать, что одна характеристика действительно отличает нас от других видов, и это не что иное, как письменность. Независимо от того, нужна ли вам вообще такая отличительная характеристика, письменность определенно довольно сильный кандидат на эту роль.

Мы считаем, что письменность появилась где-то в IV тысячелетии до н.э. — скажем, пять с половиной тысяч лет назад — в Месопотамии. О развитии письменности хорошо рассказано в книге Эндрю Робинсона «История письменности». Первые функции письменности были довольно приземленными; речь определенно не шла о записи истории человечества. Они были связаны с торговлей и управлением, то есть бухгалтером, записью транзакций, описью скота, определением прав собственности и т.п. Позднее письменность стала использоваться для прославления вождей и для составления рассказов. Эти рассказы (и, возможно, люди, их писавшие) не проводили различия между мифом и собственно историей. Затем появились хроники и реальная история, а также философия, наука, религиозные трактаты, законы, руководства по управлению, поэзия, реклама и все остальное.

Однако рецепты, долговые обязательства и списки вещей для стирки, с которых все это началось, хотя и были предметами весьма приземленными, играют ведущую роль в этой истории. Представляемые ими виды информации являются истоком изобретений. Людям, которые изобрели письменность, было нужно получить возможность делать определенные вещи. Они хотели дополнить свою собственную память, организовать мир и упорядочить его, а также

подтвердить другим людям обоснованность их собственных воспоминаний и их организации мира.

Позже я растолкую все эти причины, которые привели к появлению письменности.

СИСТЕМЫ ПИСЬМА

Чтобы изобретенная письменность работала и служила указанным целям, нам нужно иметь представление о системе письма. В принципе, любой знак (на бумаге, коже, камне, ткани, глине или чем-то другом) может означать все, что мы только захотим, как и говорил Шалтай-Болтай («Когда я использую слово... оно означает именно то, что, как я решил, оно должно означать» — см. «Алису в Зазеркалье» Льюиса Кэрролла). Однако такой подход не слишком-то годится, если нет разумного шанса на то, что некто, например сам писатель по прошествии какого-то времени или же тот, кому послание адресовано, сможет распознать его значение. То есть, приписывая смысл знакам, мы должны следовать определенной системе.

Намного раньше та же проблема возникла в языке как таковом. У нас сегодня есть определенное представление об отношении между словами и их смыслом, то есть мы можем каким-то образом определить, что значит то или иное слово, и конструировать новые высказывания из имеющихся слов, смысл каковых высказываний можно вывести из знания отдельных слов. Конечно, это весьма существенное упрощение понятия смысла, и в любом случае наше сегодняшнее представление о словах в значительной степени зависит от письменного языка. Взять, например, немецкий язык, в котором на письме можно объединять несколько слов, образующих таким образом более длинные слова, или китайский, в котором в письменной форме нет границ между словами. Тем не менее это полезный отправной пункт для письменности.

Мы можем ожидать по крайней мере того, что наша система письма будет связана со словами нашего языка в том смысле, что одно и то же слово будет при его повторении репрезентироваться одним и тем же способом. Этим предполагается, что письменный язык на самом деле должен представлять язык устный, тогда как последний состоит из слов. Это дает нам один из основных вариантов конструирования ранних письменных языков, в которых символы, вероятно, появились как стилизованные изображения, представляющие отдельные слова.

Лучше всего этот метод иллюстрируется древнеегипетской системой письма (рис. 1.1). Во многих образцах египетской письменности можно разглядеть маленькие картинки, которые иногда можно перевести словами, этими картинками представляемыми (правда, на самом деле «древнеегипетский» язык включает в себя несколько разных систем письма). Однако даже клинопись, то есть клиновидные знаки, прочерчиваемые на сырой глине, известная благодаря Месопотамии, имеет сходное происхождение.

В самых ранних системах письма часто использовался метод, основанный на каламбурах. Например, возможно, вам надо представить слово, которое трудно отобразить на картинке (скажем, абстрактное понятие). Тогда один из доступных методов — нарисовать картинку, отображающую другое, более конкретное слово, которое, однако, звучит похоже, и использовать эту картинку-ребус для представления абстрактного слова. Такая картинка в этом случае представляет уже звук, а не понятие, которое она исходно отображала. Например (используя слова современного английского языка), если я хочу представить слово “son” (“my son”, мой сын), сложно прямо передать его смысл какой-либо картинкой. Однако в языке есть другое слово, которое произносится точно так же и представляет вполне конкретный физический объект, а именно “sun”, солнце. Изображение солнца может успешно представлять слово “son”, причем в контек-



РИС. 1.1. Древнеегипетская письменность — стела Сенусерта III. Старый музей, Берлин

Источник: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ancient_egyptian_stela_Senusert_III.JPG

CC BY-SA 3.0.

сте высказывания никаких двусмысленностей, скорее всего, не возникнет.

Этот процесс может дойти до следующего весьма интересного этапа. Если слово, которое вам надо представить, состоит из нескольких слогов, скорее всего, будет трудно найти другое слово, которое звучит точно так же. Однако вы, вероятно, сможете разделить его на небольшие части (более короткие слова, отдельные слоги или даже алфавитные звуки) и нарисовать картинку для каждой из частей. Тогда у вас будет репрезентация абстрактного слова, представляющая собой комбинацию таких картинок. Таким образом, вам удалось сделать самый важный шаг по направлению к современной системе письма! Когда каждый символ представляет звуковой слог, мы получаем силлабарий, или слоговое письмо. Было изобретено несколько таких систем, и они все еще существуют в таких языках, как китайский и японский.

АЛФАВИТ

Примерно две тысячи лет системы письма развивались медленно; изобретались и внедрялись некоторые новые системы, разные системы заимствовали идеи друг у друга, однако изменения не были значительными. Затем, где-то к концу II или в начале I тысячелетия до н.э., произошли огромные перемены. Был изобретен алфавит. В нижеследующем описании я значительно упростил многие вещи и многое позаимствовал из книги Джона Мана «Алфавиты».

Когда в культурах с алфавитным письменным языком дети учатся писать, они узнают о буквах алфавита и звуках. Идея заключается в том, что буквы представляют звуки, и вы можете, по крайней мере в некоторой степени, определить, какое (устное) слово подразумевается при соединении звуков отдельных букв в письменном слове. Тем самым предполагается, что естественные единицы звука — именно те, что заключены в буквах.

Теория устного языка в определенной мере основана на представлении о том, что наименьшей отличимой единицей звука является нечто вроде буквы, а именно — фонема. Однако тут может возникнуть путаница, поскольку отдельные буквы произносить сложно. Гласные можно произнести сами по себе, однако согласные обычно требуют добавления гласной, чтобы их можно было действительно произнести (поэтому, например, русский алфавит читается как «бэ», «вэ», «гэ», «дэ» и т.д.). В определенном смысле естественные единицы звука, на основе которых понимается устный язык, на самом деле на звуки не похожи; они намного больше похожи на слоги. Это позволяет легко понять первую стадию развития алфавита, а именно — слоговое письмо, тогда как последующие стадии начинают казаться несколько более таинственными.

Давайте сделаем еще один шаг в этом направлении. Мы уже выяснили, как можно использовать каламбуры и, соответственно, как слово, прежде чем его записывать, можно разбить на более короткие слова. Если довести этот процесс до конца, можно представить базовый набор односложных слов, изображаемых тем или иным образом, показавшимся нам наилучшим (пиктограммами или как-то еще), а потом строить *все* многосложные слова как сочетания этих базовых слов. Этот подход хорошо иллюстрируется современным китайским языком. (Здесь я пропущу некоторые достаточно сложные понятия об отношении между устным и письменным языком, которые играют существенную роль в китайском.)

Однако слоговое письмо, то есть набор символов, представляющих каждый возможный устный слог, оказывается довольно неуклюжим. С нашей точки зрения, то есть с точки зрения алфавитной системы, можно представить, что слоги порождаются из каждого возможного согласного звука, за которым следует каждый возможный гласный, а за ним — каждый возможный согласный. Таких комбинаций могут быть тысячи, а потому и тысячи разных символов, необходимых для их представления, причем все их нужно выучить (что хорошо известно каждому китайскому школьнику!).

Как упростить эту систему? Здесь нам потребуется привлечь пару случайных исторических событий. Во-первых, нам нужен язык, в котором за согласными звуками всегда следуют гласные звуки, так что мы можем связать каждый согласный со следующим за ним гласным, а не с предшествующим. В числе современных языков эта характеристика в какой-то мере присуща японскому и итальянскому. Это означает, что мы можем ограничиться открытым слоговым письмом, или «абугидой» (равноценной системе «согласный — гласный», а не «со-

гласный — гласный — согласный»). Открытый слог оказывается намного короче закрытого. В современном японском языке используются три разных вида письма, и два из них являются, по сути, открытыми силлабариями. Например, слоговая азбука *хирагана* состоит из 46 основных символов.

Вторая историческая случайность — язык, в котором гласные звуки не слишком друг от друга отличаются. Если за большинством согласных чаще всего следует звук «а», тогда мы сможем обойтись и вовсе без гласных. Один из вариантов такого подхода представляет современный арабский язык — его можно записывать без гласных, но такое письмо все равно остается понятным читателю, поскольку гласные звуки достаточно предсказуемы, а возникающие в редких случаях двусмысленности легко устранить благодаря контексту. Теперь все, что нам нужно, — это консонантный алфавит, или «абджад», состоящий из 20–30 символов.

Именно в такой последовательности события, видимо, и развивались во второй половине II тысячелетия до н.э. на восточной окраине Средиземноморья и на Африканском Роге. Консонантный алфавит был, в частности, усвоен финикийцами, народом, торговавшим в начале I тысячелетия до н.э. по всему Средиземноморскому региону. Консонантное письмо получило широкое распространение, что обеспечило его сохранение. Отметим снова, что к его распространению привели нужды торговли, а не литературы, философии, истории или науки.

Последним шагом на пути к современному алфавиту стало изобретение, сделанное древними греками в начале I тысячелетия до н.э. Они изучили финикийскую систему и поняли, насколько полезной и мощной может быть алфавитная система письма. К сожалению, их собственный язык был богат на гласные, а потому не поддавался чисто

консонантному решению. Поэтому они изобрели буквы, представляющие гласные компоненты звуков языка. Собственно, они позаимствовали некоторые из символов, которые ранее использовались для обозначения согласных, но которые для их языка не требовались, и приписали им новое значение — некоторых гласных. Так возник современный алфавит.

Позже, конечно, греки изобрели историю и философию, вознесли на ранее невиданные высоты науку, в том числе математику, а также многие искусства (если я и преувеличиваю, то лишь слегка!). На этом фоне последний шаг в изобретении алфавита может показаться чем-то незначительным. Тем не менее переоценить его влияние сложно.

Как показывает эта общая сводка событий, алфавит был (как мы полагаем) изобретен лишь однажды, хотя и в несколько этапов. Вероятно, слоговое письмо, являющееся наиболее очевидным развитием идеи о том, что представлять надо именно звуки слов, изобреталось не раз. Однако алфавит — нечто более специфичное. Его экономичность, тот факт, что мы можем, используя всего-то 26 символов, *представить весь наш язык, в том числе слова, которые еще не были придуманы*, не может не поражать. И последствия изобретения алфавита будут распространяться далеко на последующие три тысячи лет.

ЧИСЛА

Достигнув, таким образом, удивительного знания о том, что для представления всего прошлого или будущего нам нужно лишь незначительное число символов, давайте пока отложим общие положения о языке и подумаем о числах. Числа занимали значительное место в ранних системах письма, поскольку были весьма важным компонентом ин-

формации, которую мы желали представить. А учитывая то, что у нас есть слова для обозначения чисел, мы можем (в принципе) записывать их в той же системе. Однако они обладают особыми качествами, на которые следует обратить внимание.

Во-первых, после достижения определенного порога нам нужно придерживаться той или иной системы в именовании чисел — мы не можем просто придумать новое слово для каждого нового числа, с которым столкнулись, ведь таких чисел слишком много. Это относится как к устному, так и к письменному языку, хотя и неясно, предшествует ли развитие систематических способов конструирования названий для чисел развитию письменности как таковой. Во-вторых, представляется очевидным (хотя опять же не совсем ясно, когда именно это стало очевидным), что в разработке систематической репрезентации чисел следует использовать их характеристики. Так, если мы можем представить какое-то новое число в качестве суммы двух других чисел, для которых у нас уже есть названия, тогда, вероятно, имеет смысл использовать названия двух известных чисел для построения названия нового. Конечно, для этого уже нужна идея сложения, однако ранние формы письменности указывают на то, что так оно и было.

Говоря в целом, нам бы хотелось, чтобы репрезентации чисел (устные и/или письменные) помогали нам с теми операциями, которые мы желаем с ними совершать. Пройдет много времени, прежде чем этот общий принцип будет развит до конечного результата, а именно — арабской системы чисел, известной нам сегодня. Но до этого ранние письменные цивилизации, в частности вавилонская и египетская, разработали достаточно сложные системы счисления, тогда как великие математики классической Греции исследовали некоторые из их версий.

СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

До закрепления алфавита в системах счисления обычно использовались особые символы. Основной принцип, состоящий в том, что необходим символ для каждого числа в специальном множестве, тогда как промежуточные числа (не обладающие собственными символами) обозначаются как суммы (результаты сложения) этих базовых чисел, был установлен месопотамскими шумерами и действовал до утверждения арабской системы. В шумерской системе такими особыми числами являются один, шесть, десять, шестьдесят, шестьсот и т.д. Наш 60-минутный час считается пережитком этой системы. Но сегодня мы намного лучше знакомы с римской системой счисления, в которой особыми числами были один, пять, десять, пятьдесят и т.д.

Ко временам Древнего Рима уже был создан алфавит, а потому римлянам не нужно было изобретать специальные символы для обозначения своих особых чисел — они последовали общему принципу, требующему использовать уже имеющийся небольшой набор алфавитных символов в новых целях. Однако, как мы увидим далее, это не истинное алфавитное решение для проблемы репрезентации чисел.

У греков тоже было несколько вариантов системы счисления. Один из методов предполагал наличие отдельных символов для каждого числа от одного до десяти, а потом для двадцати, тридцати, сорока и т.д. Для достижения числа, которое мы назвали бы 900, требовалось 28 символов, представлявших все числа до 999. Такой способ применения символов был достаточно расточительным — греки использовали буквы своего алфавита, а также были вынуждены позаимствовать еще пару дополнительных символов из чужого алфавита. К тому же 999 — не такая высокая отметка, поэтому потом они повторяли тот же алфавит, но со специальной пометкой над каждой буквой, чтобы дойти до чис-

ла 999999. Это позволяло добиться более компактной репрезентации чисел, чем в римской системе.

Отличительным качеством всех этих систем счисления является то, что они заканчиваются. В них достигается определенная точка, в которой вы исчерпали все доступные комбинации всех заданных символов и просто не можете репрезентировать следующее число (то есть репрезентировать его, не используя для его обозначения какого-то нового символа). В целом это, вероятно, не слишком тревожило прагматичных римлян — их инженеры и управленцы располагали необходимым рядом чисел, тогда как абстрактные понятия о числах, которые они не могли представить в своей системе, но которые им и не были нужны, их не особо волновали.

Однако это ограничение привело в Риме к некоторым интересным последствиям. Возьмем, например, книги Юлия Цезаря, в которых он рассказывает о своих военных кампаниях. Его армии и более мелкие подразделения всегда измерялись когортами и легионами, а не людьми. Они, безусловно, были удобными единицами; но также это означает, что Цезарю было бы сложно определить размер своей армии в количестве воинов. Римская система счисления включала в себя названия и символы до М (1000) и поэтому могла представлять числа до 3999: если бы мы захотели представить число 4000 в обычной римской системе, то нам понадобился бы символ для обозначения 5000, так же как в числе 400 (CD) используется символ для обозначения числа 500 (D). Однако легион насчитывал от 3 до 6 тысяч человек, причем Цезарь обычно командовал несколькими легионами. Когда он говорил об армиях противника, он обычно использовал сочетание цифр и слов, например: “LX mille” — 60 тысяч, или 60 000. Это напоминает современную привычку сочетать числа со словами «миллион» или «миллиард», однако Цезарь просто не мог поступить иначе. Действительно, он должен был рассма-

тривать «тысячу человек», описанную словами, в качестве единицы и затем применять обычную систему счисления.

Эти ограничения всех систем счисления определенно беспокоили великих греческих математиков классического периода. Архимед в III веке до н.э. добился значительного успеха, когда изобрел свою собственную систему счисления, которая позволяла ему выражать действительно большие числа (в качестве иллюстрации он подсчитал количество песчинок во вселенной). Но эта система все еще была существенно ограничена верхним пределом представляемых чисел, хотя этот предел и был весьма высок.

Истинное алфавитное решение проблемы репрезентации чисел не далось даже грекам. Этого потребовалось подождать еще одно тысячелетие.

ВЕЛИКОЕ ИНДИЙСКОЕ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Используемая нами сегодня позиционная система счисления, в которой один и тот же символ может обозначать разные числа (например, «1» может обозначать единицу, десятку или сотню в зависимости от позиции), стала именно той революцией, которая была нам нужна. Она, в свою очередь, зависела от нуля, маркера позиции, которая в ином случае оставалась бы пустой.

Это изобретение было сделано индийскими математиками примерно в VII веке н.э. Здесь я, правда, беззастенчиво опускаю многие составляющие сложных и не вполне понятных процессов, происходивших независимо в разных местах и в разные времена, причем на них могли оказывать влияние более ранние идеи. Их замечательное описание можно найти в книге Роберта Каплана «Ничто, которое есть». Эта идея, дошедшая до Дома мудрости в Багдаде, тогдашнем центре цивилизованного мира, была сформулирована в качестве общей системы счисления и арифметики

и впоследствии распространена по всему миру под названием арабской системы, о чем рассказывает книга Джима Аль-Халили «Первопроходцы». Одним из авторов этой системы стал персидский математик Аль-Хорезми, имя которого подарило нам слово «алгоритм».

Арабская система дала числам то, что алфавит дал словам, а именно — способ представить *любое* число, включая и те, в которых пока никто не нуждался. Десять десятичных знаков и позиционная система счисления позволяют представить любое положительное целое число. Арабы также использовали предшественницу нашей (относительно современной) десятичной точки или запятой для представления десятичных долей числа, что позволяло применять те же правила арифметики и к нецелым числам. Также арабская система создала простой набор правил для арифметических действий, применимых опять же ко всем числам, став для нас тем надежным основанием, на котором спустя тысячелетие мы начали экспериментировать с механизацией арифметики.

Вслед за первоначальной революцией, состоявшей в изобретении письменности, два этих революционных и совершенно не очевидных изобретения — алфавит и арабская система счисления — стали двумя краеугольными камнями развивающейся информационной технологии. Их влияние, абсолютно невообразимое для их прародителей, будет ощущаться на протяжении столетий — они подарят нам идеи и позволят мыслить о вещах, которые в ином случае были бы попросту недоступны нашему пониманию.

СЕРИЯ «ИССЛЕДОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ»
основана в 2009 г. Валерием Анашвили

В серии вышли: <https://id.hse.ru/books/series/23835166/>

Научное издание

Стивен Робертсон

ДО КОМПЬЮТЕРОВ:
ОБ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ
ОТ ПИСЬМЕННОСТИ ДО ЭПОХИ ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ

Зав. книжной редакцией Елена Бережнова
Редактор Ольга Кириллова
Верстка: Анна Бородина
Корректор Ольга Кириллова

Дизайн обложек серии: ABCdesign
Макет обложки: Валерия Великодная,
ABCdesign
Дизайн блока серии: Сергей Зиновьев

На обложке — аллегорическое изображение пишущей машинки
из книги *The Story of the Typewriter, 1873–1923*.
Иллюстрация неизвестного автора. 1923 (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Story_of_the_Typewriter.jpg)

Все новости издательства — <http://id.hse.ru>

По вопросам закупки книг обращайтесь в отдел реализации
Тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15295, 15296, 15297
bookmarket@hse.ru

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
Тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15285

Подписано в печать 05.08.2025. Формат 84×108/32
Усл. печ. л. 10,1. Уч.-изд. л. 7,4. Печать струйная ролевая
Тираж 600 экз. Изд. № 2901. Заказ №

Отпечатано в АО «Первая Образцовая типография»
Филиал «Чеховский Печатный Двор»
142300, Московская обл., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1
www.chpd.ru, e-mail: sales@chpd.ru, тел.: +7 499 270-73-59