

Оглавление

Введение. О звуковом разуме: партнерство

между звуком и мозгом11

ЧАСТЬ I. Как работает звук

Глава 1. Сигналы из внешнего мира 25

Глава 2. Сигналы внутри головы 42

Глава 3. Обучение: соединение внешних и внутренних сигналов .. 68

Глава 4. На пути к слушающему мозгу 90

ЧАСТЬ II. Наше звуковое “я”

Глава 5. Музыка — это джекпот: чувствуем, мыслим,

двигаемся, ощущаем113

Глава 6. Ритм: снаружи и внутри головы 128

Глава 7. Звук — основа речи 147

Глава 8. Музыка и речь: партнерство 176

Глава 9. Двухязычный мозг 197

Глава 10. Певчие птицы	215
Глава 11. Шум: прекратите шуметь, у меня мозги лопаются	231
Глава 12. Звуковой разум и старение	252
Глава 13. Звук и здоровье мозга: спортсмены и сотрясения	266
Глава 14. Наше звуковое прошлое, настоящее и будущее	282
<i>Благодарности</i>	297
<i>Словарь терминов</i>	303
<i>Примечания</i>	307

*Посвящается Мики, Расселу,
Никку и Маршаллу*

Введение

О звуковом разуме: партнерство между звуком и мозгом

Непризнанный звук, недооцененный слух

Редко так бывает, что нет никаких звуков. Теоретически звуконепроницаемые помещения существуют. Но если вам когда-нибудь случалось попадать в такое помещение, вы быстро улавливали шорох своей одежды, когда переступали с ноги на ногу, собственное дыхание, приглушенные удары сердца, хруст в шее при повороте головы, легкое шуршание языка, трущегося о заднюю поверхность зубов, урчание в животе. Вокруг нас всегда есть звук — вездесущий и невидимый.

Наш слух постоянно включен. Мы не можем закрыть уши так, как закрываем глаза. Но, возможно, в большей степени, чем любой другой сигнал, мы можем игнорировать малозначимые звуки, так что они отодвигаются куда-то на задворки нашего сознания. Всем знакомо ощущение, когда мы обращаем внимание на звук, только когда он внезапно прекращается. Перестал гудеть холодильник? Или заглушили мотор у стоявшего поблизости грузовика? Или соседи снизу выключили телевизор? Постоянное присутствие звука в сочетании с нашей способностью не обращать на него внимания делают наши отношения со звуком весьма сложными. Это наше важнейшее средство коммуникации, и в этом качестве оно играет центральную роль в межчеловеческом общении. Однако ча-

сто слух воспринимают как данность. Большинство из нас, возникни такая дилемма, отказались бы от слуха, но не от зрения, поскольку мы способны представить себе обыденную жизнь в тишине, но не в темноте. Мы недостаточно признаем звук. И недооцениваем слух.

Мой интерес к звуку проявился рано. Я росла среди музыки — мама была пианисткой. В детстве я больше всего любила играть под роялем. Я приносила туда кукол и играла с ними под музыку Баха, Шопена, Скрябина. Кроме того, я росла в доме, где говорили на нескольких языках, поскольку мы все время перемещались между Нью-Йорком и маминым родным Триестом в Италии. В обеих странах у меня были родственники и друзья, и я достаточно хорошо владела обоими языками. Этот ранний музыкальный и языковой опыт очень на меня повлиял, и именно поэтому позднее, когда я стала нейробиологом и преподавательницей, моим любимым предметом стали биологические основы речи и музыки. Этот курс и эта книга о звуке — о его богатстве, значении и силе — и о том, как мозг осмысливает звук и делает нас такими, какие мы есть.

Путь от маминого фортепиано до изучения необыкновенно точного слухового мозга, обрабатывающего звуки нашей жизни, не был прямым. Поначалу в университете мой интерес к словам и языкам привел меня в сферу сравнительного литературоведения. Это было моей специализацией, пока я не стала изучать биологию. Примерно в это же время я обнаружила книгу Эрика Леннеберга “Биологические основы языка”¹ (звучит знакомо?). Леннеберг писал о биологических и эволюционных принципах, обеспечивающих существование речи. Он по-новому для того времени объединил изучение речи с изучением биологии. И это привлекло мое внимание. Я поняла, что это возможная область исследований и что мне интересно этим заниматься. Но мне не хотелось ограничиваться изучением речи. Мой интерес был более широким — звук так таковой. Звуком наполнено все, что находится *снаружи* от нас, но что происходит *внутри* мозга, ко-

гда мы слышим слово, аккорд, мяуканье или визг? Как звуки нас изменяют? Как наш звуковой опыт изменяет наше восприятие звука? В качестве предмета исследований я выбрала биологию обработки звука.

Поступив в аспирантуру, я поняла, что могу получать деньги, чтобы *учиться*. У меня была стипендия 200 долларов в месяц, а за квартиру я платила 50 долларов. Все устроилось! Теперь мне оставалось лишь представить себе, как я буду заниматься изучением биологии обработки звука. Вскоре я оказалась в лаборатории и стала изучать двухтоновое подавление в слуховом нерве шиншиллы — влияние одного звука на другой при их одновременном звучании². Когда я с энтузиазмом рассказывала все это маме, она посмотрела на меня и спросила: “Нина, что ты делаешь?” В тот момент я поняла, что не могу объяснить маме, почему двухтоновое подавление звука у шиншиллы важно и для нее. Почему я хочу это изучать? Нина, а что ты *делаешь*?

Мне стало ясно, что я не хочу тратить время, если не могу объяснить маме, на что я его трачу. Я поняла, что наука, которой я занимаюсь, должна иметь очевидную связь с жизнью. Меня все еще чрезвычайно интересовали звук и мозг, и поэтому я перешла в другую лабораторию, где работала со слуховой корой кроликов. Здесь я обнаружила, что после тренировки — научения присваивать звукам смысл — отдельные нейроны слуховой коры меняют поведение³. Если звук не имеет большого значения, мозг реагирует на него одним образом. Но если тот же звук приобретает смысл (например, когда за этим звуком следует еда), мозг реагирует иначе. Возникает связь между звуком и мозгом, имеющая отношение к реальному миру. *Смысл* внешних по отношению к мозгу сигналов имеет значение для сигналов внутри мозга. В то время это было новым, и, что еще важнее, это можно было объяснить маме. Она могла увидеть в этом смысл — *любой* мог увидеть смысл. Я решила понять, как и почему мозг меняет реакцию на звук, если у него есть смысл.

Звук связывает нас с миром

Умение воспринимать звук появилось очень давно. Механизм слуха есть у всех позвоночных. Однако многие позвоночные слепы, в том числе некоторые кроты, земноводные и рыбы, а также некоторые обитатели пещер. Восприятие звука эволюционировало в качестве защитного механизма — как система предупреждения о наличии хищников или других опасностей в окружающем пространстве. Возможно, стресс от уличного шума в XXI веке — это тень прошлого, когда наши далекие предки реагировали на шум, предвещавший сход лавины или приближение стада бегущих животных.

Хелен Келлер* говорила, что “слепота отделяет нас от вещей, а глухота отделяет от людей”. Звук отражает то, что мы не можем увидеть и не можем описать. Вспомните, как мама спрашивала вас: “Что случилось?” в тот момент, когда поднимала телефонную трубку и слышала ваш не совсем адекватный голос. Звук невидим, но ощутим и насыщен смыслом.

Тогда почему же первое место среди “главных чувств” при опросах занимает зрение?^{4**} Почему Институт зрения Национального института здоровья был основан на 20 лет раньше Института слуха? Я думаю, одна из причин заключается в том, что мы забываем, *как* слушать. Непрекращающийся шум вокруг сделал нас нечувствительными к звуку и лишил способности слышать его оттенки. Поэтому мы решили не обращать внимания на звук и ориентироваться с помощью зрения. Другая причина в том, что, подобно силе тя-

* Хелен Келлер — американская писательница, политическая активистка. В раннем возрасте после перенесенной болезни полностью потеряла зрение и слух. — *Прим. перев.*

** Около 2000 взрослых американцев в интернете отвечали на вопрос, какую болезнь или состояние они сочли бы “худшим, что может с ними случиться”. Самым ужасным состоянием была названа слепота, которая обогнала глухоту и ряд других тяжелых заболеваний, включая болезнь Альцгеймера, рак и потерю конечности.

жести и другим мощным силам в нашем мире, звук невидим. Когда в последний раз вы обращали внимание на силу тяжести? Мы не видим звук — значит, не о чем и думать. Наконец, звук непостоянен. Если мы видим комбайн, идущий по кукурузному полю, он остается громоздким желтым металлическим предметом, даже если перемещается из одной части нашего поля зрения в другую. Он обладает постоянством. Он ждет нас, чтобы погрузить в свое “комбайнство”, и вознаграждает наше долгое и неспешное разглядывание набором видимых признаков. Но звук может мгновенно прекратиться или со временем превратиться в другой звук. А когда он затих, он затих.

Давайте рассмотрим мельчайшую единицу речи с точки зрения акустики. Слово “крот” имеет всего одну гласную, но четыре различные фонемы, или четыре отдельных звука. Замените любую из них, и смысл изменится (“грот”) или исчезнет (“нрот”). В разговорной речи мы *каждую секунду* слышим от 25 до 30 фонем, и если не обрабатывать их правильно, смысл может потеряться. Однако в большинстве случаев этот вихрь звуков не доставляет особенных проблем нашей скоростной слуховой системе. Представьте себе, что нужно было бы обрабатывать *зрительный сигнал*, изменяющийся 25 или 30 раз в секунду. Это мяч! А теперь жираф! А теперь облако!

Как же нам удастся распознавать речь, если она разворачивается слишком быстро для неторопливого анализа? Мы используем невероятную скорость и вычислительную способность слухового мозга. Представьте себе длительность секунды. А теперь представьте себе десятую долю секунды. А теперь сотую долю. Трудно даже осознать, насколько это быстро. А теперь добавьте еще один ноль. Слуховые нейроны осуществляют вычисления в диапазоне тысячных долей секунды. Свет быстрее звука, но в головном мозге слух быстрее зрительного, тактильного или любого другого ощущения.

Наш слышащий мозг совмещает восприятие, движение, мышление и ощущение

Мы не просто *слышим* звуки; мы *взаимодействуем* с ними, когда придаем им смысл. *Наш слышащий мозг обширен*. Слышать — значит чувствовать, двигаться, мыслить и ощущать. Но до последнего времени мы так не думали.

Замечательные специализированные слуховые структуры, соединяющие ухо с мозгом, на первый взгляд напоминают рабочих на конвейере. Исходный продукт (звук) проникает в ухо и далее передается от этапа к этапу, приобретая по дороге дополнительные части. Эта иерархическая однонаправленная схема — классическое описание процесса обработки звука. Оно до сих пор применяется, но является слишком упрощенным и неполным. Путь обработки звука — не улица с односторонним движением посреди пустыни; это часть многостороннего скоростного шоссе в оживленном урбанистическом центре, с въездами и съездами, перекрестками с круговым движением и транспортными развязками, которые направляют движение ко многим и из многих соседних отделов мозга. При максимальной эффективности — это чудо инфраструктуры, где движение происходит быстро и гладко. Но, как и на городской магистрали, здесь случаются неожиданности, вызванные аварией в другой части города, в километре от плотного потока, в котором я сейчас нахожусь.

Да, в слуховых путях существует иерархия, отделы и специализация, но их значимость определяется степенью их взаимосвязи и связи с внешними силами. Такие человеческие достижения, как речь и музыка, возможны не благодаря активности центров по обработке звука, деловито передающих информацию о звуковом пространстве в одну сторону от уха к мозгу. Скорее эти достижения являются результатом обширной сети взаимосвязей между нашей сенсорной системой, двигательной системой, системой мотивации и возна-

Извлечение смысла из звука

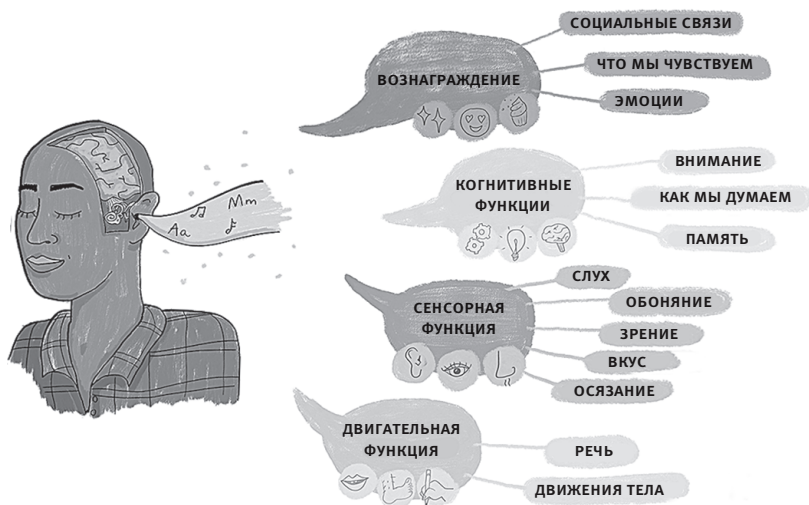


Рис. 1.1. Извлечение смысла из звука зависит от того, как мы думаем, чувствуем, ощущаем и движемся.

граждения, а также когнитивных центров, управляющих нашим мышлением. На самом деле слух включает в себя чувства, движения, мышление и ощущения (рис. 1.1).

Связи между слуховыми и *двигательными* центрами позволяют нам двигать ртом, языком и губами, чтобы говорить и петь, и непосредственно задействовать различные части тела, когда мы играем на музыкальных инструментах. Когда мы слышим речь, мы бессознательно осуществляем движения языком и другими артикуляционными мышцами синхронно с говорящим.

Слух и мышление связаны между собой. Мы можем издавать какие-то звуки инстинктивно (вспоминается звук, который раздается, когда я попадаю молотком по пальцу). Но для того чтобы произнести даже простейшую фразу или исполнить самую примитивную музыку, требуются значительные *когнитивные*, интеллектуальные способности. И эта связь дву-

сторонняя. У людей со сниженным слухом значительно повышен риск деменции. И дело не просто в том, что глухнущему дяде Джо трудно следить за разговором и поэтому он кажется отставшим от жизни. Потеря слуха затрудняет мышление⁵.

Звуки речи и музыки имеют привилегированный доступ к мозговой сети эмоций, или *вознаграждения*. Возможно, речь и музыка появились только для создания глубокого эмоционального ощущения связи с другими людьми, возникающего в процессе этих социальных действий. На самом деле звук обеспечивает часть нашего ощущения принадлежности к миру, нашего персонального ощущения дома.

Теперь уже многие считают, что слух — не изолированный и однонаправленный процесс, однако сдвиг в сторону такого понимания произошел сравнительно недавно — на протяжении моей карьеры. Связь слуховой системы с остальным мозгом оказывает чрезвычайно сильное влияние на процесс обработки звука. Это ядро нашего опыта в отношении звука, общения с людьми и нашей индивидуальности.

Слышащий мозг формируется опытом

Мы с мужем часто спорим по поводу настройки батареи, поскольку по-разному воспринимаем температуру. Сенсорные системы — не научные приборы, объективно измеряющие физические параметры, такие как масса или температура. Наш мозг форматирует сигналы из физического мира, так что они приобретают для нас смысл. Придание смысла звуку в значительной степени определяется тем, как мы чувствуем, думаем, видим и движемся. Верно и обратное: слух влияет на то, как мы чувствуем, думаем, видим и движемся.

Я уверена, что моя реакция на слово “Нина” отличается от вашей. В тональных языках, таких как китайский, один и тот же слог имеет разное значение, если произносится с ровной, повышающейся или понижающейся высотой. Поэтому человек, говорящий на китайском, в большей степени,

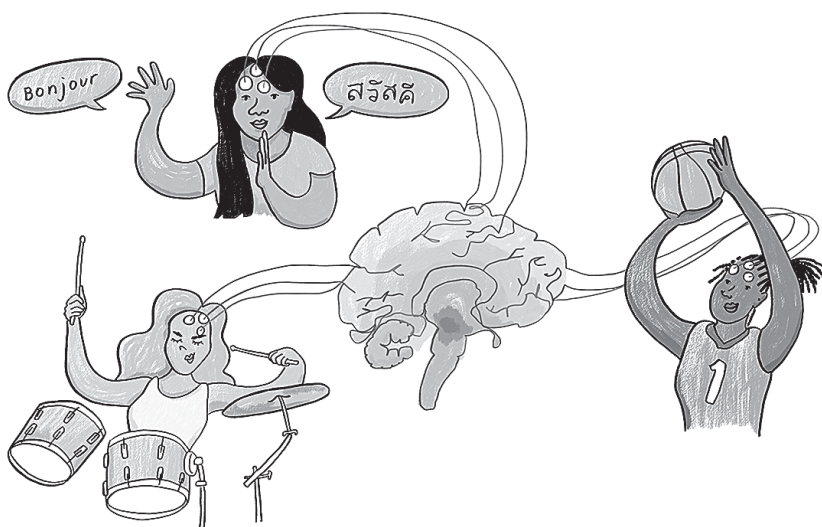


Рис. 1.2. Обработка звука в мозге зависит от того, на каком языке мы говорим, от музыки, которую мы исполняем, и от здоровья нашего мозга.

чем говорящий на английском, подключает мозговые ресурсы для кодировки высоты⁶. Со временем совместная работа звука и мозга меняет реакцию мозга на звук. Именно за счет такой настройки ребенок выделяет голос матери из всех голосов, даже если матери нет в поле зрения, и по этой же причине в нашей лаборатории мозг девочки по имени Дейна чрезвычайно активно реагировал на слог “дей” по сравнению со слогами “ду”, “до”, “да” и “ди”, которые она слышала в одном из наших экспериментов (рис. 1.2).

Без границ

Когда мне было пять лет, соседские дети говорили: “Ты сможешь играть с нами, когда тебе будет шесть”. Этот и другой подобный опыт, а также связь с двумя культурами — ощущение себя не полностью итальянкой и не полностью американ-