

Что значит быть собакой



КНИГУ НЕПРЕМЕННО
СТОИТ ПРОЧЕСТЬ
И ЛЮБИТЕЛЯМ СОБАК,
И НЕЙРОБИОЛОГАМ.

*Темпа Грандин,
ПРОФЕССОР
УНИВЕРСИТЕТА ШТАТА
КОЛОРАДО*

и другие открытия
в области нейробиологии
животных

ГРЕГОРИ БЕРНС

Грегори Бернс

Что значит быть собакой. И другие открытия в области нейробиологии животных

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=40257529

*Что значит быть собакой: И другие открытия в области
нейробиологии животных / Грегори Бернс: Альпина нон-фикшн; Москва;
2019
ISBN 978-5-0013-9084-8*

Аннотация

Каково это – быть собакой? Летучей мышью? Дельфином? Можем ли мы, люди, это понять? Теперь да – благодаря научной работе нейробиолога и автора популярных книг Грегори Бернса. Вместе со своими коллегами он приучил собак к томографу, чтобы получить возможность наблюдать за процессами, происходящими в мозге животного, и проанализировать его мысли и ощущения. Но собаки – это только начало. Грегори Бернс знакомит нас с новостями из области нейробиологии диких животных: морские львы способны улавливать танцевальный ритм, дельфины видят с помощью звука и даже о вымершем почти сто лет назад сумчатом волке можно многое узнать благодаря нейровизуализации. Описанные Бернсом

революционные научные открытия доказывают, что животные испытывают, те же чувства, что и мы. А значит, человеку пора пересмотреть свое отношение и к собакам, и к другим существам.

Содержание

Введение	8
Глава 1	19
Глава 2	42
Конец ознакомительного фрагмента.	45

Грегори Бернс

Что значит быть собакой. И другие открытия в области нейробиологии животных

Переводчик *Ирина Евстигнеева*

Научные редакторы *Константин Анохин, д-р мед. наук,*
чл. – корр. РАН; Ольга Ивашкина

Редактор *Наталья Нарциссова*

Руководитель проекта *А. Тарасова*

Арт-директор *Ю. Буга*

Иллюстрация на обложке *Gandee Vasan/Iconica/*
Gettyimages.ru

Корректоры *О. Сметанникова, С. Чупахина*

Компьютерная верстка *М. Поташкин*

© Gregory Berns, 2017

*Это издание опубликовано по соглашению с Basic Books
совместно с Perseus Books, LLC., дочерней компанией
Hachette Book Group, Inc. (США), при посредничестве Агент-
ства Александра Корженевского (Россия).*

Все права защищены.

© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2019

Все права защищены. Данная электронная книга предназначена исключительно для частного использования в личных (некоммерческих) целях. Электронная книга, ее части, фрагменты и элементы, включая текст, изображения и иное, не подлежат копированию и любому другому использованию без разрешения правообладателя. В частности, запрещено такое использование, в результате которого электронная книга, ее часть, фрагмент или элемент станут доступными ограниченному или неопределенному кругу лиц, в том числе посредством сети интернет, независимо от того, будет предоставляться доступ за плату или безвозмездно.

Копирование, воспроизведение и иное использование электронной книги, ее частей, фрагментов и элементов, выходящее за пределы частного использования в личных (некоммерческих) целях, без согласия правообладателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Посвящается Келли

О дружественности или враждебности человека, которого она видит, собака заключает по тому, знает она его или нет. Разве в этом

нет стремления познавать, когда определение близкого или, напротив, чужого делается на основе понимания либо, наоборот, непонимания?.. А ведь стремление познавать и стремление к мудрости – это одно и то же¹.

Сократ (цит. по: Платон. Государство)

¹ Пер. А. Н. Егунова.

Введение

До ликвидации бен Ладена я как-то не задумывался о сознании животных.

Правда, и тогда меня заинтересовал не столько бен Ладен, сколько служебный пес по кличке Каир, который участвовал в операции. Он умел делать поразительные вещи, например выпрыгивать из вертолета. Его способность переносить шум и суматоху натолкнула меня на мысль – настолько очевидную, что остается только изумляться, почему она никого не посетила раньше. Если собаку можно выдрессировать прыгать из вертолета, наверняка ее можно приучить и к процедуре МРТ. Зачем? Ну как зачем? Чтобы выяснить, наконец, что творится у собак в голове!

Озарение это пришло в самый что ни на есть подходящий момент. К тому времени я работал в соответствующей области науки уже тридцать лет: сперва получил биоинженерное образование, затем медицинское и теперь исследовал с помощью магнитно-резонансной томографии процесс принятия решений человеческим мозгом. Годом раньше умер мой любимый пес – мопс по кличке Ньютон, и где-то в глубине души я задавался вопросом: что же все-таки представляют собой взаимоотношения человека и собаки? Любил ли Ньютон меня так же, как я его? Или со стороны собаки это все лицемерие, невинное притворство – ты весь такой ласковый

и плюшевый, а тебе за это дают еду и кров?

После смерти Ньютона мы взяли из приюта тощенькую черную помесь терьера, которую называли Келли. По повадкам она была такой же полной противоположностью мопсу, как и внешне. Нервная и беспокойная, Келли пыталась задираТЬ вторую нашу собаку – милягу ретривера, который даже не думал давать отпор. Однако та же беспокойная натура наделила Келли свойством, которое не проявляла больше ни одна из моих собак, – любознательностью. Келли обожала учиться. В два счета освоив стандартный набор команд и трюков, она принялась постигать разные хитрости, облегчающие жизнь в человеческом доме. Например, принцип действия дверной ручки. Теперь можно было не караулить никого из людей у входа в кладовку: оказывается, достаточно встать на задние лапы, надавить на ручку передними, слегка толкнуть, и дверь откроется. Келли проделывала этот фокус с ловкостью обезьяны, обладающей противопоставленным большим пальцем. Увы, новое умение обошлось ей дорого: за него пришлось заплатить поездкой к ветеринару и промыванием бог знает чем набитого желудка.

Келли нужно было чем-то занять. Что, если направить ее способности в более полезное русло, чем изощренные попытки добраться до еды? Например, научить ее проходить МРТ и самому выяснить, что у нее на уме.

Я обратился к Марку Спиваку, руководителю дрессировочного центра под названием «Общая помощь домашним

животным». Марк согласился взяться за решение задачи, и мы начали думать над тем, как приучить Келли стоять в томографе смирно и достаточно долго, чтобы можно было последить за работой мозга. Наркоз исключался по двум причинам. Во-первых, собака должна находиться в полном сознании, тогда у нас будет возможность посмотреть, как ее мозг обрабатывает запахи, звуки и, самое главное, взаимодействие с хозяином, то есть со мной. А во-вторых, поскольку мы собирались обращаться с ней как с обычным участником магнитно-резонансных исследований, необходимо было оставить ей возможность покинуть аппарат в любой момент. Наша подопытная должна была принимать участие в эксперименте на таких же добровольных началах, как и человек. А это значит: никакого принуждения.

Я соорудил у себя в гостиной макет магнитно-резонансного томографа. Мы довольно скоро обучили Келли залезать в «головную катушку» – ту самую часть, которая считывает сигналы мозга. И хотя шли мы путем проб и ошибок, неизбежно спотыкаясь на колдобинах и ухабах, все получалось проще, чем мы думали. Каких-нибудь несколько месяцев – и бывшая беспризорная Келли становится первой собакой, в полном сознании, без всякого принуждения и обездвиживания участвующей в магнитно-резонансном исследовании мозга.

Окрыленные успехом, мы кинули клич среди местных собаководов, приглашая подключиться к революционному

проекту по изучению работы собачьего мозга. К моему удивлению, от желающих не было отбоя. Их набралось столько, что мы с Марком разработали тесты, позволяющие отобрать из числа четвероногих претендентов наиболее перспективных для прохождения МРТ. Через год после первой томографии Келли в нашей команде насчитывалось почти двадцать собак. Чтобы избежать столпотворения, мы разделили их на две группы – «Команда А» и «Рота Браво», каждая из которых попадала к нам на воскресные занятия раз в две недели.

Эксперименты мы начали с самого простого: смотрели, как собачий мозг реагирует на жест, означающий выдачу лакомства. У человека, предвкушающего приятные для него явления (пищу, деньги, музыку), активируется одна из ключевых структур головного мозга – хвостатое ядро. И когда выяснилось, что у собак хвостатое ядро реагирует на движение руки схожим образом, то есть предвкушением лакомства, стало ясно: мы на пороге интересных открытий². Собаки воспринимали эксперимент как очередную забаву, игру с хозяином, и их мозг откликался примерно так же, как человеческий в предвкушении удовольствия.

По мере того как собаки привыкали к томографу, мы постепенно усложняли задания. Предъявляя подопытным запахи людей и других животных, мы выяснили, что сигнал подкрепления в мозге собаки возникает только в качестве

² G. Berns, *How Dogs Love Us: A Neuroscientist and His Adopted Dog Decode the Canine Brain* (New York: New Harvest, 2013).

отклика на запах ее хозяев и остальных «домочадцев», а на запах других собак – нет. И поскольку запахи эти с едой напрямую связаны не были, у нас появилось первое надежное доказательство, что собаки действительно могут испытывать некое подобие любви к близким для них людям.

Вскоре «собачий проект» поглотил меня целиком, оттеснив на задний план исследования человеческого мозга. Увидев потенциал для совершенствования подготовки служебных собак, нам оказало поддержку Управление научно-исследовательских работ ВМС, после чего мы увеличили число испытуемых и продолжили усложнять задания, выполняемые собаками в томографе. Это было не просто увлекательно – я чувствовал, что мы вот-вот проникнем еще глубже в тайны сознания лучшего друга человека.

Чем больше я узнавал о собачьем мозге, тем больше убеждался, что у нас с собаками много общего. В частности, за эмоции и у человека, и у собаки отвечают одни и те же базовые структуры. В связи с этим возникал вопрос более глобальный, выходящий за рамки эмоций, но я предпочел задвинуть его подальше, пока собачий проект еще только вставал на ноги.

Вопрос этот всплыл на конференции по проблемам вегетарианства. Сперва я хотел отказаться от приглашения, поскольку к вегетарианцам не принадлежу, но организаторы заверили, что им просто интересно послушать, как продвига-

ется изучение собачьего разума, и личные пищевые пристрастия никто обсуждать не планирует. В теории – возможно, однако на практике вышло по-другому. Закончив доклад, я получил от одного из выступающих обвинение в «видовой дискриминации», поскольку наделяю собак особым статусом и даже скармливаю им в форме сосисок переработанную плоть других животных. Момент был неловкий, я понял, что зря поддался на уговоры организаторов.

Совершал ли я видовую дискриминацию? Вероятно.

Плохо ли это? Не знаю.

Через четыре года работы над проектом пресловутый глобальный вопрос встал ребром: если у нас имеются доказательства, что собаки испытывают эмоции, схожие с человеческими, то как обстоит дело у других животных?

Меня начали спрашивать, нельзя ли приучить к прохождению MRT кошку, – а иногда интересовались даже насчет свиней. Я понимал, что это едва ли возможно, а давать таким животным наркоз и неэтично, и не особенно целесообразно, если нас интересуют процессы сознания. Так я зашел в тупик: казалось, что об изучении других животных нечего и мечтать.

Переломный момент наступил, когда к проекту присоединился Питер Кук. Он переехал из калифорнийского Санта-Круза, завершив работу над диссертацией, посвященной особенностям памяти у морских львов, и был страстно увлечен проблемой устройства разума животных, особенно в

естественной среде. Между тем в Калифорнии морские львы в больших количествах выбрасывались на побережье. Часть удавалось выходить, остальные страдали от непрекращающихся судорожных припадков, и этих львов приходилось усыплять. Питер договорился, чтобы их мозг передавали нам. Вот уж не предполагал, что когда-нибудь займусь сканированием мертвого мозга, но результаты оказались поразительными. Как выяснилось, даже после смерти животное способно поведать нам кое-что о своей прежней жизни, и эта мысль меня грела. Морские львы были только началом. Новые технологии МРТ позволили нам расширить границы исследований: другие животные; экспонаты, запечатанные в музейных витринах; и даже мозг представителей вымерших видов.

Что в человеческом мозге делает человека человеком и что в собачьем мозге делает собаку собакой? Много веков подряд анатомы ориентировались в первую очередь на размеры. Чем больше мозг, тем больше он вмещает нейронов, то есть «больше равно лучше». Этот принцип применялся и к мозгу в целом (чем больше мозг, тем выше интеллект), и к отдельным его участкам: считалось, что по размеру той или иной структуры можно судить о значимости ее функции для животного. Доля истины в этом есть. В частности, развитые обонятельные луковицы у собак подтверждают, насколько важны для них запахи.

Однако размер сам по себе мало что объясняет в рабо-

те мозга. В действительности значимо другое: как разные его области связаны между собой. Изучением этого вопроса занимается молодая отрасль нейронауки – коннектомика. Прогресс в магнитно-резонансной томографии дает нам возможность изучить схему нейронных связей человеческого мозга в мельчайших подробностях. Если мне или кому-то другому все же доведется разгадать разум животных, опираться мы будем на анализ этих связей и того, как они координируют активность мозга. Именно там рождаются все внутренние переживания, в том числе эмоции.

Это были благословенные времена для нейробиолога, и собачий проект оказался лишь первым шагом. Чем глубже я проникал в собачий мозг, тем сильнее становилось желание заняться и другими животными. Если мы расшифруем их ощущения, может быть, наше взаимодействие перейдет на новый уровень? Как на самом деле чувствует себя собака? Что свинья думает о бойне? Как воспринимает кит всепроникающий шум от кораблей и подводных лодок? В результате исследований нам неизбежно предстояло убедиться не только в том, что внутренний мир животных богаче любых представлений о нем, но и в необходимости пересмотреть свое обращение с ними.

Это книга о мозге, о разуме тех животных, чей мозг мы изучаем. В научной классификации эти исследования попадают в область сравнительной нейробиологии. В принципе, вся нейронаука носит в той или иной степени сравнительный

характер, но мало кто из нейробиологов решает копнуть поглубже и поинтересоваться, почему мозг животного устроен именно так и насколько это устройство сопряжено с ментальными ощущениями. Это нелегкие вопросы. Они затрагивают самые основы того, что делает нас людьми, и заставляют задуматься, сильно ли мы отличаемся от многих из тех, с кем делим планету.

Мое повествование будет разворачиваться примерно в той же последовательности, в какой я переходил от изучения человеческого мозга к собачьему, а затем к другим животным, но все наши открытия будет связывать одна общая идея – сходство. Снова и снова я обнаруживал в животном мозге структуры, организованные так же, как соответствующие части нашего, человеческого. Эти структуры не только выглядели одинаково, но и функционировали аналогично.

Связь между структурами мозга и когнитивными функциями – явление сложное и часто зависит от координированного взаимодействия многочисленных областей мозга. До недавнего времени описать эти взаимосвязи в подробностях было невозможно. Но за считанные годы произошли существенные подвижки. Прогресс в нейровизуализации и программном оборудовании, которое используется для анализа нейронных сетей, пополнил наши знания о функционировании мозга человека, так почему же нельзя применить те же инструменты к мозгу животного?

Эти же технологии дают нам возможность постичь субъ-

ективные переживания других животных. Когда структурно-функциональная взаимосвязь в мозге животного схожа с нашей, велика вероятность, что оно испытывает те же ощущения, что и мы. Я думаю, это и есть путь к тому, чтобы узнать, каково живет собаке, кошке или, потенциально, любому другому животному.

В ряде глав основными героями будут собаки, поскольку с ними знакомы все читатели и поскольку именно их я считаю лучшими партнерами в исследованиях. Но мы погрузимся и в океан, чтобы узнать, как работает мозг наших морских сородичей. Несколько глав посвящены самым «собакоподобным» из морских животных – морским львам и котикам, а еще одна глава расскажет о наиболее загадочных существах на планете – дельфинах. Уже не первое десятилетие они интригуют и ученых, и широкую публику своим необычайным интеллектом и общительностью. Однако очень долго они оставались для нас тайной за семью печатями. Теперь, с помощью новых технологий визуализации, мы выясняем, как сплетены нейронные сети в мозге дельфина и как это соотносится с жизнью под водой. Возможно, недалек тот день, когда мы сможем пообщаться друг с другом.

Затем перед нами предстанет тасманийский волк, или тилацин. По официальным данным, этот сумчатый хищник, удивительно похожий на мелкого волка, вымер в 1936 году, когда последний известный представитель вида скончался в зоопарке австралийского города Хобарт. Однако ино-

гда этого таинственного зверя наблюдают в дикой природе и по сей день. Я начал разыскивать нетронутые образцы мозга тилацина, чтобы попытаться проникнуть в его внутренний мир, и в конце концов обнаружил экземпляр в хранилище Смитсоновского института – один из четырех имеющихся в мире на данный момент. Мне дали разрешение просканировать его с помощью новейшей аппаратуры МРТ. Но это было лишь начало одиссеи, которая привела меня в Австралию в поисках других образцов, а также для работы с ближайшим ныне живущим родичем тилацина – тасманийским дьяволом.

Заканчивается книга так же, как и начинается, – собаками. И пусть я закоренелый шовинист, собака для меня не просто лучший друг человека, а проводник в мир животных. В собаках достаточно сохранилось от волка, чтобы судить по их мозгу о жизни в дикой природе. Главная сложность для нас – разработать способ общения друг с другом. И в этом, мне кажется, нам должен помочь мозг животного. Поэтому в завершающих главах речь пойдет о том, в какой степени собаки понимают человеческий язык и что это означает с точки зрения прав не только собак, но и всех остальных животных.

Глава 1

Что значит быть собакой

В начале весны 2014 года целеустремленные участники проекта отрабатывали с собаками заход в макет магнитно-резонансного томографа.

Дождаясь своей очереди, большой палевый пес по кличке Дзен подскочил ко мне и, припав на передние лапы, завилял хвостом, настойчиво приглашая поиграть. Я не стал отказывать. Мы затеяли возню, но, повалившись со мной на полу несколько минут, Дзен тут же сдался и продемонстрировал, что свою кличку оправдывает полностью. Сперва он уселся, потом вальяжно вытянул передние лапы и посмотрел на меня с безмятежностью и непроницаемостью сфинкса.

«Каково это – быть Дзеном?» – подумал я.

Дзен, помесь лабрадора и золотистого ретривера, был одним из ветеранов собачьего проекта. Из него собирались вырастить служебную собаку, но в подростковом возрасте выбраковали как неспособного к сосредоточению, исключили из программы подготовки и вернули в питомник. У заводчиков принято давать всему помету клички на одну и ту же букву – Дзену (Zen) и его однопометникам досталась Z. Тот, кто назвал его Дзеном, знать не знал, каким щенок вырастет. Может быть, собаки со временем вживаются в кличку, но на-

столько удивительное совпадение имени и характера смахивает на кармическую предопределенность.



Дзен (Грегори Бернс)

Разношерстная группа наших испытуемых рассредоточилась вместе с хозяевами по тренировочной комнате. Рядом с Дзеном собралась компания таких же несостоявшихся служебных собак. Перл, крепко сбитую энергичную золотистую ретривершу, как и Дзена, отбраковали за неспособность сосредотачиваться. Эдди (если полностью – Эдмонд), метис лабрадора и золотистого ретривера, был копией Дзена во всем, кроме причины отбраковки – предрасположенности к дисплазии тазобедренного сустава. Охана, чистопородная золотистая ретриверша, лишь немного уступала живостью и подвижностью Перл. Кэйди, очаровательную помесь ретривера, исключили из программы служебной подготовки за

чрезмерную робость. Ну а Большого Джека, флегматика-голдена с солидным весом в полцентнера и в достаточно солидных летах, больше всего в наших занятиях привлекало стабильное поступление сосисок.

В противоположном конце тренировочного помещения Питер Кук, наш коллега, защитивший в Санта-Крузе диссертацию по морским львам, занимался второй группой собак, менее покладистых, чем ретриверы. Эту компанию буйных возглавляла Либби, питбуль шоколадного окраса с переломанным хвостом, которая сейчас застыла как статуя, положив морду на опору для подбородка, сооруженную нами, чтобы собакам удобнее было удерживать нужную позу во время сканирования. Нынешняя хозяйка Либби, Клэр Пирс, подобрала ее когда-то на обочине калифорнийского шоссе и только благодаря своему опыту инструктора-дрессировщика смогла социализировать бойцовую собаку достаточно, чтобы ее можно было выводить на люди. Но люди – это полбеда, гораздо хуже дело обстояло с себе подобными. На других собак Либби по-прежнему кидалась и лаяла. Клэр отгородила в нашем тренировочном помещении закуток, чтобы держать Либби под присмотром и обезопасить остальных.

Я, в отличие от многих участвовавших в проекте людей, испытывал к Либби симпатию. Я находил у нее много общего с Келли – той самой помесью терьера, которую жена взяла в приюте. При всей своей недоверчивости, неуверенности в себе и задиристости, Келли рвалась работать. Ее первую

приучили к томографу, и ни с одной собакой мне не доводилось подружиться так, как подружились мы с Келли в ходе проекта.

Дзен и остальная ретриверская компания – замечательные собаки, мечта любого ребенка, а Либби, Келли и им подобные – другие, не такие семейные и компанейские, в чем-то даже дикие. Словно пришельцы из последнего ледникового периода, когда наши пещерные предки только начинали приручать волков. Жить бок о бок с Либби или Келли – значит быть готовым к неожиданностям. Чем обусловлена такая разница характеров – генетикой, степенью социализации в щенячьем возрасте или чем-то в работе мозга, никто сказать не мог, но я задался целью выяснить, что в мозге Дзена делает его Дзеном, отличая от Либби и всех остальных собак.



Либби (Грегори Бернс)

Задача выглядела непростой. Многие ученые скептиче-

ски относились к самой идее проникновения в разум животного, даже с помощью современных технологий нейровизуализации. Суть проблемы обозначил философ Томас Нагель в своей авторитетной статье «Что значит быть летучей мышью?»³. Нейронаука, утверждал Нагель, никогда не сможет объяснить субъективный опыт, воплощенный в мыслях и чувствах. Даже выяснив, как работает мозг летучей мыши, мы не приблизимся к пониманию, как ощущает себя сама мышь. Мы с ней слишком разные. Взять хотя бы эхолокацию. Поскольку человек способностью к эхолокации не обладает, мы даже представить себе не сможем, каково это – ориентироваться по отраженным высокочастотным звуковым сигналам. И про полеты забудьте. Если верить Нагелю, устройство мозга летучей мыши ничего не скажет нам о том, каково это – летать.

Статья Нагеля сильно омрачила возможные интерпретации нейробиологических данных. Нейронаука занималась измеряемыми свойствами мозга, тогда как субъективный опыт измерить трудновато. У нас не было прибора, способного выразить количественно, что мы ощущаем, нюхая розу, или что чувствует собака, когда хозяин возвращается домой. И чем больше мы пытались разложить эти ощущения на объективные величины, тем дальше мы уходили от них как от уникального субъективного переживания. Без инструментария, позволяющего исчислить субъективный опыт, со-

³ T. Nagel, “What Is It Like to Be a Bat?” *Philosophical Review* 83 (1974): 435–450.

юз с нейронаукой состояться не мог. Согласно Нагелю, можно препарировать мозг сколько угодно, однако пока у нас нет связи между субъективным и объективным, мы так и не приблизимся к пониманию, что это значит – быть животным. Да и человеком тоже. Как ни бейся, а постичь во всей полноте, что значит быть кем-то другим, можно, лишь оказавшись в его шкуре. По этой логике, копание в мозге нам ничего не даст.

На первый взгляд те два примера, которые приводит Нагель, – полеты и эхолокация – действительно чужды человеческому опыту. Однако современные любители острых ощущений регулярно скользят над альпийскими ущельями в так называемом костюме-крыле, напоминая самых настоящих летучих мышей. А значит, эти смельчаки вполне могут рассказать нам, каково оно – летать. И даже пример с эхолокацией не выдерживает критики. Все мы обладаем врожденной способностью оценивать размер помещения по звуку: достаточно произнести что-нибудь вслух, и мы без труда отличим ванную от танцпола или концертного зала.

Задаваясь вопросом, что значит быть летучей мышью или собакой, мы подразумеваем внутренние ощущения животного. Психическое состояние, скажем так. Это противопоставление внутренней и внешней точек зрения. Нагель доказывал, что невозможно узнать, что значит быть летучей мышью (или даже другим человеком), не побывав ею в действительности, поскольку субъективный опыт предполагает

взгляд изнутри, внутреннее ощущение, которое совсем иначе выглядело бы в пересказе или при наблюдении со стороны. Да, ощущением можно поделиться, описав его другому человеку, но, как отмечает Нагель, это будет уже не само ощущение⁴.

Однако невозможность влезть в чужую шкуру не означает, что мы совершенно не способны узнать, каково все-таки ее обладателю живется. У людей важную роль играет язык, позволяющий нам общаться, описывать свои переживания, но и наличие языка совсем не обязательно, чтобы делиться опытом. Обмениваться ощущениями нам помогает в первую очередь физическое сходство и обитание в одной среде. Мы настолько похожи между собой, что язык лишь дополняет эту общность, выступая символическим условным обозначением.

Данная общность распространяется и на остальных животных⁵. Базовые физиологические процессы у нас точно такие же, как у многих других представителей фауны, а внутри класса млекопитающих взаимного сходства еще больше. Все мы дышим воздухом. У нас по четыре конечности. Мы спим.

⁴ О дихотомии внешних и внутренних ощущений философы задумывались задолго до Нагеля. См. L. Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, translated by G. E. M. Anscombe, P. M. S. Hacker, and J. Schulte, 4th ed. (West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2009) (Витгенштейн, Людвиг. Философские исследования).

⁵ P. M. Churchland, "Some Reductive Strategies in Cognitive Neurobiology," *Mind* 95 (1986): 279–309; P. Godfrey-Smith, "On Being an Octopus," *Boston Review*, May/June 2013, 46–60.

Едим. Мы размножаемся половым путем, мы живородящие, и нашему потомству в течение определенного времени требуется родительская опека. Многим млекопитающим свойствен высокий уровень общественной организации. При таком физическом сходстве высока вероятность, что различия во внутренних ощущениях тоже будут не столь разительными, как принято считать.

Через эти области физического сходства и лежит путь к пониманию чужих внутренних ощущений. Совсем не обязательно пытаться сразу ответить на всеобъемлющий вопрос, что такое быть собакой, – можно конкретизировать. Как собака ощущает радость? Или еще прицельнее: как ощущает радость Дзен? Что испытывает Либби, когда ей не дают лаять на других собак? Самое очевидная область подобных вопросов – восприятие, эмоции, движение. Кроме них есть сфера, связанная с поддержанием жизненных функций, – сон, жажда, голод. Совокупность всех этих областей составляет психический опыт⁶.

У человеческого разума имеются некоторые дополнительные элементы, в частности язык и символическое обозначение.

⁶ Проницательный читатель заметит, что мозг представляет собой нелинейную систему и, вполне возможно, нечто большее, чем просто сумму своих частей. Мне кажется, области сходства можно сравнить с ракурсами фотосъемки. Фотография – это двумерное, плоское отображение пространства, но, если один снимок не дает полного представления об объекте, можно произвести съемку с разных точек и получить достаточно объемную, приближенную к действительности картину. Соответственно, вышеупомянутые области тоже могут быть снимками сознания «с разных точек».

ние. Язык дает нам возможность не только общаться между собой, но и вести внутренний монолог. Он главенствует над остальными областями, присваивая обозначения прочим граням опыта. Это происходит помимо нашей воли. По мнению некоторых ученых, язык вплетен в человеческий опыт настолько прочно, что слова определяют наши поступки. Как писал Уильям Джеймс, отец американской психологии, человек боится медведя лишь потому, что чувствует учащающееся сердцебиение и мысленно кричит: «Мне страшно!»

Главенство языка часто вынуждало исследователей отказываться от возможности узнать, что испытывают животные. Неумение собаки произнести про себя: «Мне страшно» – дало ряду ученых повод переосмыслить изучаемую эмоцию – страх – как поведенческую программу, которая включается у животного, чтобы избежать чего-то пагубного⁷. Это был шаг назад – к картезианскому представлению о животных как об автоматах.

Считается, что ученый должен оставаться скептиком, пока не будет установлена окончательная истина, однако подобное выжидательное отношение, преобладавшее в дискуссиях об изменении климата, уже продемонстрировало свою несостоятельность. Да, истина пока не найдена, но в какой-то момент доказательства достигли критической массы, и ни

⁷ J. E. LeDoux, “Coming to Terms with Fear,” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (2014): 2871–2878.

один здравомыслящий человек сейчас не станет отрицать, что деятельность людей повышает общую температуру на планете. Точно так же обстоит дело с разумом животных. Как и в случае с климатическими изменениями, отрицание имело свои последствия. Упорно отрицая вероятность переживаний у животных и отказывая им даже в крупицах сознания, человек мог эксплуатировать их, как ему заблагорассудится. Но и здесь наметились перемены.

До появления современных технологий нейровизуализации судить о психическом состоянии можно было только по поведению или, применительно к человеку, спрашивая, что он чувствует или думает. Оба способа давали лишь приблизительную картину. Оценивая внутренние переживания по внешним поведенческим проявлениям, мы исходим из неких условных представлений. С людьми это работает неплохо благодаря физическому сходству и общему культурному коду, но у животных разрыв между поведением и внутренними переживаниями для нас гораздо шире. А если животное совсем ничего не делает? Как узнать, что оно чувствует – и чувствует ли вообще? Именно так и рассуждал Нагель, доказывая невозможность выяснить, что такое быть животным.

Да, у ученых наверняка имелись мотивы отрицать наличие осознаваемых эмоций у животных: необходимо было как-то оправдывать инвазивные исследовательские процедуры. Но я эти оправдания находил своекорыстными и лице-

мерными. Неспособность животных вербализировать свое внутреннее состояние не означает, что они не испытывают ничего схожего с ощущениями человека в аналогичной ситуации. И я не единственный ставил существующий порядок под сомнение. Благодаря прогрессу, произошедшему в нейронауке за сорок лет с момента публикации эссе Нагеля, сейчас перевес на ее стороне. Среди недавних ее достижений имеются два доказательства того, что из мозга все-таки можно извлечь информацию о психическом опыте даже при отсутствии внешних поведенческих проявлений.

В 2006 году Адриан Оуэн, нейробиолог из Кембриджа, исследовал с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) активность мозга у двадцатитрехлетней женщины, которая получила в ДТП серьезную травму мозга⁸, повлекшую за собой утрату сознания. По всем клиническим параметрам пациентка находилась в вегетативном состоянии. Тем не менее, беседуя с ней, Оуэн и его коллеги обнаружили усиление активности в левой лобной доле, особенно в ответ на двусмысленные фразы. Что еще примечательнее, когда женщине давали указание представить себя за игрой в теннис или за обходом комнат своего дома, Оуэн наблюдал усиление активности в тех областях коры, которые связаны с пространственной ориентацией. Результаты его исследования имеют огромное значение. Он продемон-

⁸ A. M. Owen, M. R. Coleman, M. Boly, M. H. Davis, S. Laureys, and J. D. Pickard, "Detecting Awareness in the Vegetative State," *Science* 313 (2006): 1402.

стрировал, что внутренние субъективные переживания могут существовать в отрыве от внешних проявлений, однако нейровизуализация способна эти внутренние процессы выявить.

В 2008 году Джек Галлант, психолог из Калифорнийского университета в Беркли, раздвинул границы расшифровки сигналов мозга еще шире. Оказывается, по активности зрительной коры можно определить, на что смотрит человек. За последующие несколько лет Галлант усовершенствовал технологию – теперь она позволяет вычислить не только объект интереса, но и характер этого объекта (человек, предмет, сцена) и даже установить, находится этот объект перед глазами сейчас или всплыл в памяти⁹. Исследования Галланта доказали, что конкретные параметры физической активности мозга можно перевести в абстрактные психические состояния – в данном случае зрительные образы. Это был триумф материалистического редукционизма. Определенные психические состояния можно декодировать по активности мозга.

Если эта технология применима к людям, почему бы с таким же успехом не применить ее к животным и не декоди-

⁹ K. N. Kay, T. Naselaris, R. J. Prenger, and J. L. Gallant, “Identifying Natural Images from Human Brain Activity,” *Nature* 452 (2008): 352–356; S. Nishimoto, A. T. Vu, T. Naselaris, Y. Benjamini, B. Yu, and J. L. Gallant, “Reconstructing Visual Experiences from Brain Activity Evoked by Natural Movies,” *Current Biology* 21 (2011): 1641–1646; T. Naselaris, C. A. Olman, D. E. Stansbury, K. Ugurbil, and J. L. Gallant, “A Voxel-Wise Encoding Model for Early Visual Areas Decodes Mental Images of Remembered Scenes,” *NeuroImage* 105 (2015): 215–228.

ровать их разум? Кажется, у нас наконец появилась реальная возможность выяснить, что такое быть летучей мышью или собакой.

Завершив разминочные задания, Клэр разрешила собаке убрать морду с опоры. Либби заметила мой взгляд и расценила его как приглашение поиграть. Она кинулась ко мне во всю прыть, подлетела, скользя на гладком полу, и подпрыгнула, чтобы лизнуть, – но я предусмотрительно увернулся, и Либби просвистела мимо. Только после этого я опустил на колени и позволил облизать себе лицо.

Подоспевшая Клэр взяла Либби на поводок: «Все, Либби, хватит!»

Либби уселась, вертя головой и глядя то на Клэр, то на меня. Ей стоило невероятных усилий и выдержки не облизывать меня вновь в порыве восторга. Не был бы ее хвост искалеченным, он бы сейчас бешено мел по полу.

«Так, а теперь давайте в трубу», – скомандовал Питер.

Труба представляла собой почти двухметровый отрезок картонной цилиндрической опалубки, которая обычно используется для возведения бетонных колонн. У нас она получила новое предназначение – имитировать капсулу томографа. Мы установили ее на столе посередине тренировочного зала, а лист фанеры внутри изображал выдвижной стол, на который кладут пациента.

Клэр подвела Либби к переносной лестнице, приставлен-

ной к створу трубы. Что делать дальше, Либби знала – как-никак три года в проекте. Взлетев по ступеням, она пристроилась к опоре – пенопластовому блоку, в котором была сделана выемка под собачью морду. Опора крепилась к имитации головной катушки – той части томографа, где считываются сигналы мозга. В обычном человеческом аппарате она напоминает шлем имперского штурмовика из «Звездных войн», но для собак мы использовали только нижнюю часть катушки, которая у человека обычно охватывает шею.

Убедившись, что Либби встала в требуемую стойку, Клэр приступила к новому этапу нашего эксперимента. До тех пор все испытания проходили в форме пассивного тестирования. Мы предъявляли стимулы в виде жестов, компьютерных изображений, лакомства и запахов. От собаки требовалось только стоять смирно, пока мы измеряем ответ мозга, и эксперименты шли с блеском. Мы приучили к таким процедурам двадцать собак и опубликовали несколько научных работ о функционировании центра подкрепления в собачьем мозге. Но теперь Клэр и Либби отрабатывали кое-что посложнее – активное задание. Впервые за все время Либби предстояло выполнить в процессе магнитно-резонансного сканирования некое действие.

Наблюдение за поведением собаки в ходе сканирования перечеркивало все наши прежние требования к неподвижности в томографе, однако именно здесь скрывался ключ к пониманию, что делает Дзена Дзенон и чем его мозг отли-

чается от мозга Либби. По внешним проявлениям разница характеров была очевидна, но мы не могли запустить собаку в томограф и позволить реагировать привычным образом на других собак и людей. Если Дзену еще удалось бы продемонстрировать особенности своей натуры в неподвижности, то для Либби это было исключено.

Поэтому мы обратились к человеческой психологии и заимствовали оттуда эксперимент, применимый даже к детям. Называлось это задание «можно/нельзя».

Запустив Либби в симулятор, Клэр достала пластмассовый свисток.

И дунула в него.

Либби, не колеблясь ни секунды, ткнула маленькую пластиковую мишень, приклеенную скотчем к опоре в сантиметре от собачьего носа. Клэр нажала кнопку на зажатом в руке приборчике размером с ладонь – кликере. Звонкий щелчок сообщил Либби, что она все сделала правильно, и в награду Клэр выдала ей лакомство.

Пока все идет как надо. Либби выучила, что свисток означает: «Ткни носом мишень». Большинство собак освоило этот трюк моментально. Поначалу мы устанавливали мишень на полу и, указывая на нее, давали собаке разрешение обследовать незнакомый предмет, что все наши подопечные охотно проделывали. Главное было, указывая на мишень, одновременно дунуть в свисток. Дотронувшись до мишени, собака получала в награду лакомство. Вскоре на мишень мож-

но было уже не указывать.

Дальше начинался сложный этап. Держа свисток во рту, Клэр подняла руки и скрестила на груди. Это значило: «Не шевелись. Даже когда услышишь свисток».

Не размыкая скрещенных рук, Клэр тихонько свистнула.

Либби даже ухом не повела.

– Хорошо, – одобрил Питер. – Похвалите ее.

Чтобы проверить, нет ли здесь случайного совпадения, Клэр опустила руки и снова дунула в свисток. На этот раз Либби ткнула мишень.

– Умница! – воскликнула Клэр, выдавая очередное заслуженное лакомство.

Судя по всему, Либби усвоила, что свисток означает «можно», а скрещенные руки означают «нельзя» и они главнее свистка.

– Отлично. Теперь увеличим громкость, – скомандовал Питер.

Повторное испытание, когда Клэр опять скрестила руки и засвистела, уже громче, Либби выдержала не шелохнувшись. Я был поражен. Это задание и людям не всегда легко дается.

В арсенале психологов задание «можно/нельзя» присутствует уже не первый десяток лет. У нас Либби тыкала в мишень носом по сигналу свистка, в человеческом варианте испытуемый должен нажимать кнопку на клавиатуре. Но и от человека это задание требует достаточного самоконтроля, не

все выполняют его одинаково хорошо. Маленьким детям, например, в силу недостаточного развития лобных долей мозга, оно не дается совсем. Я надеялся, что и собаки продемонстрируют индивидуальные различия в прохождении этого теста, тем самым приоткрывая занавесу над индивидуальными различиями в функционировании мозга.

Мозг у собаки не очень большой. Величиной он примерно с лимон, и лобные доли в пропорциональном соотношении гораздо меньше человеческих. Неудивительно, что самоконтроль у собак хромает. Да, их можно выдрессировать, можно даже приучить довольно долго высиживать в ожидании лакомства, но у меня дома, например, собаки только и ждут случая ухватить что-нибудь запрещенное, будь то еда или нижнее белье. Келли, даром что едва дотягивается до кухонного стола, виртуозно слизывает лакомые кусочки, наклоня голову набок и вытягивая язык, словно муравьед. Либо она не в силах устоять перед соблазном, либо, наоборот, у нее невероятный самоконтроль и она просто знает, когда пора прекратить испытывать терпение хозяев, если не хочешь, чтобы на тебя наорали.

Из-за проблем с самоконтролем собаки нередко и попадают в приют. Покусы, лай, разгром и порча вещей, лужи по всему дому – самые распространенные причины отказа от собаки, так что определить, какие области собачьего мозга отвечают за контроль поведения и как они функционируют, стало одной из главных задач собачьего проекта. Если нам

удастся продвинуться в этом вопросе, возможно, сократится число собак, попадающих в приют на усыпление.

Либби ставила нас в тупик. В компании других собак она едва себя сдерживала, но в томографе демонстрировала чудеса послушания и дисциплины. Наше исходное предположение, что самоконтроль у собаки либо есть, либо нет, явно требовало доработки. Если у Либби получается контролировать себя в одной ситуации и не получается в другой, значит, как-то влияет контекст. И нам нужно было выяснить как.

Многим нашим собакам, даже не таким легковозбудимым, как Либби, задание «можно/нельзя» давалось с трудом. У некоторых ушел не один месяц, прежде чем они достигли виртуозности Либби. Но они не виноваты. Все-таки многие из них участвовали в проекте с самого начала, и с первых дней от них требовалось и на тренировках, и в настоящем томографе не шевелиться, когда кладешь морду на опору в головной катушке. Задание «можно/нельзя» перечеркивало все, к чему их приучали. И если Либби сумела приспособиться к новым требованиям, то другие, более пассивные собаки оказались в плену старых привычек. Но упрямылись они или попросту запутались, я не знаю.

Олицетворением этого ступора стала Кэйди. Как и Дзен, она была помесью золотистого ретривера с лабрадором – красавица с густой, почти белоснежной шерстью, оттеняющей большие шоколадные глаза. Кэйди была милейшим созданием, но, должен признать, довольно бездумным и вита-

ла где-то в облаках в ожидании команд от хозяйки, Патриции Кинг. Тут, безусловно, дело во многом было в генетике. Как потенциальная служебная собака, Кэйди имела длинную родословную, всех представителей которой отбирали для беспрекословного подчинения человеку и искореняли в них самостоятельность. Патриция выступала для Кэйди чем-то вроде внешнего мозга. У таких собак, как Кэйди, нам было трудновато отделить их собственные желания от хозяйских или понять, существует ли эта разница в принципе.

Чтобы выяснить, каково оно – быть Кэйди, одного только поведения недостаточно, поскольку поведением управляет множество разных мотиваций, и лишь отклик мозга мог позволить судить о причинах ее действий или бездействия. Имея среди испытуемых две такие полные противоположности в плане подчинения, как Либби и Кэйди, мы обрели идеальную возможность вычислить соотношение между желаемым и дозволенным у собаки.

Но для этого требовалось сперва включить Кэйди в работу в новой задаче.

Кэйди даже дотрагиваться до мишени не хотела – что странно, поскольку любимым ее занятием была игра в мячик. Мне казалось, что задание с мишенью похоже на беготню за мячом, ведь в обоих случаях собака тычется во что-то мордой. Но я снова попал впросак, рассуждая с человеческой, а не с собачьей точки зрения.

В головной катушке Кэйди застывала как статуя, поэтому

до сих пор она была нашей самой лучшей и стабильной испытуемой. Сканирование у нее шло как по маслу. Но у медали оказалась и обратная сторона: как только мы меняли контекст задания, Кэйди выключилась. Судя по всему, она предпочла не догадываться, чего от нее хотят, а замереть и дожидаться подсказок от Патриции.

К счастью, нам ничто не мешало сыграть на сверхъестественной собачьей способности воспринимать указательный жест человека. Брайан Хэйр, специалист по эволюционной антропологии из Университета Дьюка, изучал эту способность у нескольких видов животных, включая собак и приматов. Как выяснилось, собака обычно понимает, что, если человек на что-то указывает, ей нужно посмотреть на соответствующий объект. Для человека это само собой разумеется, но другие приматы приходят к этому только после долгой тренировки, если вообще приходят. Обезьяна, скорее всего, попросту уставится на ваш палец. Насчет того, врожденная это способность или приобретенная, исследователи пока расходятся во мнениях. Моник Юделл из Орегонского университета, исследуя поведение псовых, продемонстрировала, что волки, с рождения выращенные людьми, с указательными заданиями справляются не хуже собак. Человеческая рука, считает Моник, имеет особое значение для собак и социализированных волков, поскольку псовые быстро привыкают видеть в ней руку кормящую. Поэтому для них вполне закономерно отслеживать, куда именно указывает эта

рука, особенно когда в ней не оказывается лакомства. Хэйр же, наоборот, утверждает, что это врожденная способность, поскольку формировалась у собак тысячелетиями. Мы же, не углубляясь в споры, врожденная она или приобретенная, просто воспользовались ею, чтобы показать Кэйди, чего от нее хотят.

Сперва Патриция указала на установленную на полу пластиковую мишень. Кэйди сунулась под палец и стала увлеченно нюхать пол вокруг, задрав зад и виляя хвостом. Она явно выискивала лакомство. В процессе поисков Кэйди случайно уронила мишень. Это, разумеется, было засчитано за касание, Патриция тут же воскликнула: «Умница!» – и выдала награду.

Кэйди пока не понимала, что случилось, но играть ей понравилось.

Упражнение повторили еще раз, и еще, и еще.

Примерно через двадцать повторов у нее наконец щелкнуло. По очередному знаку Патриции Кэйди кинулась к мишени и опрокинула ее уже нарочно: свалив мишень, она оглянулась на Патрицию в ожидании похвалы и награды. Она усвоила, что лакомство закономерно появляется после опрокидывания мишени.

Когда Кэйди разобралась, что сбивать мишень – это такая забава, Патриция ввела в игру свисток. Теперь она не просто указывала на мишень, а добавляла к жесту свист. И снова понадобилось около двадцати повторов, чтобы Кэйди пе-

ренесла усвоенную закономерность на свисток, и жест стал излишним.

Теперь, когда Кэйди уверенно касалась мишени, пора было перенести отработку задания в головную катушку. Для выполнения эксперимента любой собаке, даже самой робкой, требовалось ткнуть носом мишень в головной катушке томографа. Но собаки на удивление чувствительны к контексту. Если Кэйди научилась касаться мишени на полу, это совсем не значит, что она готова проделать то же самое в головной катушке. И если для нас идентичность мишени очевидна, никто не гарантирует, что точно так же эту мишень воспринимает собака. Мы пока не знаем, каково оно – быть Кэйди.

Запустив Кэйди в головную катушку, где примерно в сантиметре от собачьего носа к опоре была прилеплена мишень, Патриция дунула в свисток. Кэйди в ответ просто уставилась на Патрицию. Абсолютно пустым взглядом.

Патриция попробовала еще несколько раз – без толку.

– И что теперь делать?

То же самое, что делали на полу, куда деваться. Указывать, а если понадобится, то и коснуться мишени, одновременно дую в свисток, пока Кэйди не поймет, чего мы от нее хотим.

С такими, как Кэйди, дело продвигалось медленно. В отличие от Либби, они просто отказывались шевелиться, попав в головную катушку. Но в конце концов всех удалось на-

учить тыкать носом в мишень по свистку и в той или иной степени воздерживаться от тычка при запрещающем жесте в виде скрещенных рук. Одни освоили этот фокус за пару месяцев, другим понадобилось полгода.

Теперь можно было переходить к сканированию. Если удача будет на нашей стороне и эксперимент спланирован правильно, то вскоре мы выясним, что же происходит у этих собак в голове.

Глава 2

Зефирный эксперимент

Патриция предпочитала приходить на томографию пораньше, поэтому прекрасным апрельским днем 2014 года они с Кэйди оказались в очереди первыми. Я приехал за полчаса до них, чтобы включить компьютеры и подготовить помещение. Застелил выдвижной стол свежей пленкой, поставил лестницу, чтобы собаки могли забираться в аппарат сами. Через несколько минут пришел Питер и начал выкладывать свои приборы у дальнего торца томографа. Прежде всего – кнопочный счетчик, чтобы фиксировать время каждого испытания. Одну кнопку он будет нажимать, когда Патриция дунет в свисток, а вторую – когда Кэйди ткнет носом мишень. Затем Питер приклеил скотчем зеркальце к внутренней стенке тоннеля – отслеживать момент касания мишени. Наконец, закрепив в головной катушке опору для морды, мы отправили всю конструкцию вглубь аппарата.

В процедурную вбежала Кэйди, радостно виляя не просто хвостом, а всем задом. Она проходила это испытание уже в десятый раз. Ни намек на беспокойство. Через несколько минут, дав собаке слегка утомониться, Патриция скомандовала: «В катушку!»

Кэйди взбежала по лестнице и положила морду на опо-

ру, дожидаясь, когда Патриция обойдет аппарат и встанет у дальнего торца, прямо напротив Кэйди. По плану предполагалось для разминки прогнать десять раз «можно/нельзя», ничего пока не сканируя. Идеального исполнения мы не ожидали, но хотя бы 80 % правильных действий в обоих случаях получить хотелось бы.

Однако Кэйди впала в режим «в томографе шевелиться нельзя» и на свисток не реагировала вовсе. Надо было что-то делать. Марк предложил выпустить ее из томографа и ненадолго вернуться к игре.

– Гуляй! – велела Патриция.

Кэйди задом выползла из томографа и с абсолютно безмятежным видом, ничуть не обескураженная, спустилась по лестнице.

Мы расставили на полу несколько пластиковых мишеней, как в самом начале обучения. И хотя обычно от собаки нам требовалось спокойствие, тут я, подстраиваясь под характер Кэйди, затеял с ней возню, чтобы растормошить и настроить на игровой лад. Патриция свистнула и указала на мишень. Кэйди кинулась к ней, сбивая мишени на ходу. Мы дружно осыпали ее похвалами.

Посшибав мишени минут десять, Кэйди вроде бы созрела для повторного испытания в томографе. На этот раз дело пошло на лад. До идеала все равно было далеко, но все-таки примерно в 75 % случаев мишень она ткнула. Теперь можно было переходить к настоящему сканированию.

МРТ – удивительный метод исследования. Лучшего способа заглянуть внутрь организма пока еще не придумали. Для МРТ не требуется ни рентген, ни другое ионизирующее излучение, только мощнейший магнит и высокотехнологичная аппаратура, выстраивающая изображение. И поскольку радиация в процессе не участвует, МРТ безопасна для здоровья.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.