

# Содержание

	Предисловие Абрахама Вергезе .....	7
<b>Глава 1</b>	Знакомство с применением искусственного интеллекта в медицине .....	13
<b>Глава 2</b>	Поверхностная медицина.....	37
<b>Глава 3</b>	Медицинский диагноз .....	57
<b>Глава 4</b>	Что такое глубокое обучение.....	77
<b>Глава 5</b>	Серьезные трудности .....	111
<b>Глава 6</b>	«Врачи-паттернисты» и изображения .....	137
<b>Глава 7</b>	Врачи, не работающие с образами .....	165
<b>Глава 8</b>	Психиатрия .....	197
<b>Глава 9</b>	Искусственный интеллект и организация здравоохранения .....	219
<b>Глава 10</b>	Важнейшие открытия.....	249
<b>Глава 11</b>	Действенная диета .....	275
<b>Глава 12</b>	Виртуальный медицинский ассистент.....	299
<b>Глава 13</b>	Глубокая эмпатия .....	329
	Благодарности.....	359
	Примечания.....	361



# Предисловие

*Жизнь можно понять лишь задним числом;  
но жить надо, глядя в будущее.*

**Сёрен Кьеркегор**

Среди многих качеств, которые делают нас людьми и выделяют среди животных, немалое место занимает потребность оглядываться назад. Трудно вообразить, как представитель другого биологического вида поздней ночью печально размышляет о погибшем товарище или об упущенном шансе устроиться на приличную работу. Мы, однако, возвели способность размышлять о прошлом в ранг науки, оглядываясь на свой собственный вид так, словно мы — Творец, просматривающий писаную историю человечества и отмечающий вехи его прогресса от укрощения огня до изобретения микрочипа. А потом мы стараемся придать всему этому какой-то внятный смысл.

Тезис Кьеркегора о том, что мы живем, устремляя взор в будущее, но осмысливаем жизнь, глядя в прошлое, означает лишь одно: мы вспоминаем прошлое, имея в лучшем случае (неточные) сведения о нем. Но, не в упрек Кьеркегору и Джорджу Сантаяне\* будет сказано, понимание истории не обязательно дает нам противоядие от ее повторения. Для того, чтобы в этом убедиться, достаточно бегло проглядеть текущие новости. Коротко говоря, прошлое ненадежно даже в качестве руководства по избеганию прежних ошибок. Определенно только будущее, ибо его сотворение целиком и полностью в наших руках.

---

\* Джордж Сантаяна (1863–1952) — американский философ и писатель испанского происхождения. Ему принадлежит высказывание «Кто не помнит своего прошлого, обречен пережить его вновь». — *Здесь и далее, кроме особо оговоренных случаев, прим. ред.*

Эти рассуждения приводят нас к футурологам, один из которых — автор этой чудесной книги. Такие люди, как он, услышав о том, что братья Райт поднялись в воздух, способны предвидеть бюджетные авиарейсы, крупные аэропорты и людей, высадившихся на Луне. Эти историки настоящего начинают свое исследование с того, что *происходит сегодня*; эти люди спрашивают не о том, как избежать ошибок прошлого, а о том, как приумножить достижения настоящего. Вооружившись карандашом и блокнотом или планшетом, они начинают разведывать научно-технологический фронт, они дотошно расспрашивают тех, кто неустанно сражается на передовых рубежах, а также тех, кто сумел прорваться и дальше. Они ищут новаторов, ученых, чудаков и мечтателей. Они прислушиваются, отслеживают события, просеивают полученную информацию и синтезируют новые знания на стыке многих научных дисциплин, чтобы все это обрело смысл для нас. Как вы увидите на примере книги «Искусственный интеллект в медицине», это весьма трудная в интеллектуальном плане задача, не говоря уже о том, что она требует и незаурядных творческих способностей. Для ее решения должно быть хорошо развито не только левое, но и правое полушарие, но при этом понадобится призвать на помощь муз, ибо такие книги, как эта, не просто доносят материал, но требуют от читателя вдохновения.

«Искусственный интеллект в медицине» — это третья книга Эрика Тополя; очередное исследование того, что *ждет нас в будущем*. В предыдущих работах, если взглянуть на них в свете нашего нынешнего положения, были изложены поистине провидческие идеи. В «Искусственном интеллекте в медицине» Эрик замечает, что мы живем в эру четвертой промышленной революции, революции настолько глубинной, что ее невозможно сравнить даже с изобретением парового двигателя, железных дорог и электричества, даже с переходом к массовому производству и даже с компьютерной эпохой, если принять во внимание масштабы перемен, которые повлечет за собой эта новая революция. Четвертая промышленная революция, когда все будет вращаться вокруг искусственного интеллекта (ИИ), робототехники и больших данных, уже началась и проявляется в том, как мы теперь живем и работаем, а возможно, и в нашем осмыслении себя как людей. Эта революция может ощутимо нам помочь, но может и серьезно навредить,

углубив пропасть между богатыми и теми, у кого с каждым годом становится все меньше денег.

Эта революция коснется всех сфер человеческой деятельности, и медицину она затронет не в последнюю очередь. Сама медицина в настоящее время переживает кризис. Несмотря на невероятный и исключительный прогресс в медицинской науке и врачебном деле за последние четыре десятка лет, мы все равно слишком часто не в силах помочь больным. Мы оказываемся не в состоянии следовать протоколу лечения, мы не преуспеваем в искусстве врачевания, потому что не видим перед собой уникальную личность. Мы знаем геном больных, но не умеем *выслушать* их истории, мы не врачуем их разбитые сердца. Мы не видим нейрофибром — припухлостей на теле, свидетельствующих о пароксизмальной гипертонии, — потому что не раздеваем больных во время осмотров, хотя это необходимо, ибо мы должны обращать внимание на состояние тела, а не смотреть на экраны. Поэтому мы не видим и ущемленную грыжу у пожилого больного, которая является причиной рвоты, и нам приходится дожидаться дорогой компьютерной томографии и объяснений рентгенолога, который скажет нам то, что мы могли бы увидеть собственными глазами буквально у себя под носом. Страны, расходующие баснословные деньги на здравоохранение, отстают по таким основным показателям, как, например, детская смертность, от многих стран, которые тратят значительно меньше. Думаю, очень показателен тот факт, что автор начинает свою книгу с описания случая из собственной жизни, когда ему не смогли верно диагностировать редкое заболевание, потому что врач не удосужился его выслушать, не увидел в нем человека, личность. Это очень печальная и болезненная история.

Нет ничего удивительного в том, что высокие технологии хотя и радикально изменили к лучшему нашу способность заглядывать в тайны человеческого организма, определять молекулярную структуру здоровых и больных тканей, но все же способны ошибаться — как и люди. Показательнейший пример — системы ведения электронных медицинских карт (ЭМК), которые внедрили в наши дни в большинстве госпиталей. Эти системы создали, чтобы упростить выставление счетов за лечение, а не для облегчения труда врачей и медицинских сестер. Такие системы угрожают благополучию врача, они являются одной из причин его выгорания и ухода из профессии; более того,

они провоцируют невнимательность врача, так как присутствуют в кабинете постоянно, как непрошенный, назойливый и неприятный гость: экран притягивает внимание врача, отвлекая его от пациента. В книге «Отравленный собственной болезнью» (Intoxicated by My Illness), потрясающем описании последних стадий рака предстательной железы, ее автор Анатолий Бруайяр с грустью замечает, что его урологу следовало бы «буквально на пять минут задуматься о ситуации пациента, задуматься по-настоящему, целиком, не отвлекаясь, ему следовало бы вникнуть в положение пациента, проникнуться им хотя бы ненадолго, заглянуть в его душу, а не только внутрь тела, чтобы понять, в чем заключается его болезнь, *ибо каждый человек болеет по-своему*»<sup>1</sup>. Это горькое суждение, высказанное незадолго до эры электронных медицинских карт, отражает фундаментальную потребность больного человека; эта потребность всегда была, есть и будет, она, я уверен, не изменится никогда, несмотря на то, что меняется окружающий нас мир. Это правило на все времена: *каждый человек переносит болезни по-своему*.

Я с воодушевлением и трепетом смотрю в будущее и жду, когда мы сможем обуздать большие данные. В силу способности быстро просматривать и обрабатывать огромные массивы данных искусственный интеллект и машинное обучение позволят достичь невероятной точности в диагностике заболеваний и в прогнозировании их течения. Я не хочу сказать, что искусственный интеллект сможет заменить человека: да, эти технологии, вероятно, обеспечат нас рекомендациями намного более точными, нежели сейчас, но все равно будет нужен искусный, заботливый и внимательный врач, чтобы вместе с пациентом и другими коллегами составить по-настоящему индивидуальную схему лечения. Более 2000 лет назад Гиппократ сказал: «Более важно знать, какой человек страдает некоей болезнью, нежели знать, какой болезнью страдает человек». В 1981 г. в редакционной статье, посвященной использованию компьютеров для оценки риска проведения нагрузочных проб в кардиологии, Роберт Калифф и Роберт Розати писали: «Правильная интерпретация и потенциальная польза компьютеризированных данных будет зависеть от мудрости лечащего врача, опирающегося, кроме того, и на другие, более ранние источники информации»<sup>2</sup>. Это вечный принцип, который будет верен всегда, пока мы говорим о людях, а не о деталях на конвейерной ленте.

В конце концов мы возвращаемся к констатации удивительного факта: мы люди, мы состоим из плоти и крови, мы обладаем разумом и сознанием, заключенными в не менее сложном теле. Взаимодействие тела и сознания человека сложно и до сих пор окутано тайной. Но нет никакой тайны в следующем: когда мы заболеваем, мы в первую очередь нуждаемся в уходе; болезнь, и особенно болезнь тяжелая, превращает нас в маленьких детей. И пусть нам не обойтись без технических навыков и знаний, пусть нам нужны научная точность и лучшее высокотехнологичное лечение, пусть мы хотим, чтобы наш врач «знал» нас (и, в отличие от времен Гиппократов, это подразумевает и знание генома, протеома, метаболома, транскриптома, а также расчетных данных, предоставляемых ИИ, и т. д.), — нам, безусловно, необходимо, чтобы все эти сведения нам излагал заботливый, сопереживающий врач; сопереживания мы хотим и от других медицинских работников. Мы хотим, чтобы врач — заботливый живой человек, а не машина — тратил на нас свое время, осматривал нас, хотя бы для того, чтобы подтвердить, где именно гнездится болезнь, и показывал это на нашем теле, а не в результатах биопсии или на рентгеновском снимке. Этот личный осмотр сам по себе выражает уважение к нашей личности, показывает важность нашей жалобы на боль, когда врач дотрагивается до больного места. Как сказал много лет назад Пибоди\*, секрет лечения пациента заключается в заботе о пациенте.

Мы хотим, чтобы те, кто нас лечит, заглянули нам в душу, узнали бы о наших сокровенных страхах, о цели нашей жизни, о том, ради чего мы готовы жить и умереть.

Это есть — и всегда будет — нашим самым заветным желанием.

Абрахам Вергезе,  
врач, профессор теории и практики медицины  
Медицинской школы Стэнфордского университета,  
автор книги «Рассечение Стоуна»

---

\* Фрэнсис Пибоди (1881–1927) — американский врач, автор известной и часто цитируемой в американской медицинской литературе статьи «Забота о пациенте» (The Care of the Patient).





## Глава 1

---

# Знакомство с применением искусственного интеллекта в медицине

*Можно надеяться, что таким путем мы построим не дивный новый мир, не некую идеальную утопию, а достигнем куда более скромной, но желанной цели — истинно человеческого общества.*

Олдос Хаксли

— Желательно, чтобы ваш семейный врач выписал вам антидепрессанты, — сказал мне ортопед.

Мы с женой недоуменно переглянулись. В конце концов, я пришел на прием к ортопеду (через месяц после операции замены коленного сустава), а отнюдь не за советами по поводу моего душевного здоровья.

Колени болели у меня с подросткового возраста из-за редкого заболевания, называемого рассекающим остеохондритом. Причина этой болезни до сих пор неизвестна, но последствия видны невооруженным глазом. К 20 годам, когда я поступил на медицинский факультет, мне уже были сделаны реконструктивные операции на обоих коленных суставах. В течение следующих 40 лет мне приходилось постепенно снижать физическую активность, последовательно исключив из нее бег, теннис, пеший туризм и эллиптические упражнения. Вскоре мне стало больно даже просто ходить, несмотря на внутрисуставные инъекции стероидов и синовиальной жидкости. Наконец в 62 года мне сделали операцию протезирования левого

коленного сустава. Ежегодно в США делают 800 тыс. таких операций, это одно из самых распространенных ортопедических вмешательств. Мой ортопед счел меня идеальным кандидатом: я был сравнительно молод, худощав и спортивен. По его словам, единственное серьезное осложнение — это инфекция, которая встречается в 1–2% случаев. Но я невольно помог обнаружить еще одно.

После операции мне назначили стандартную — и, как мне было сказано, единственную — физиотерапевтическую процедуру, которая началась на второй день после вмешательства. Лечение заключалось в интенсивном сгибании и разгибании ноги в суставе для профилактики образования рубцов внутри сустава. Я не мог полноценно согнуть ногу в колене, так что седло велосипеда пришлось поднять как можно выше, и я крутил педали, крича от боли после первых нескольких оборотов. Эту боль не мог снять даже оксикодон. Через месяц колено стало багрово-красным, опухло и практически перестало сгибаться. Оно болело так, что я мог спать лишь урывками, каждый раз не более часа. Иногда я просто плакал от невыносимых страданий. Именно поэтому ортопед и порекомендовал мне антидепрессанты. Это уже выглядело довольно безумно. А потом еще и хирург настоял на более интенсивной физиотерапии, хотя после каждого занятия мне становилось все хуже... Я с трудом вышел из клиники и забрался в машину, чтобы ехать домой. Ужасная боль, отек и скованность не проходили несмотря ни на что. Я был в отчаянии и перепробовал все, чтобы успокоить боль: акупунктуру, электроакупунктуру, холодный лазер, чрескожную электрическую нейростимуляцию, кожные мази и пищевые добавки, включая куркумин, кислую вишню и многое другое — вполне сознавая при этом, что ни один из этих методов не обладает доказанной эффективностью.

Через два месяца после операции к поискам лечения присоединилась моя жена, которая раскопала где-то книгу под названием «Артрофиброз». Я никогда не слышал о такой болезни, но оказалось, именно ею я и страдал. Артрофиброз — это осложнение, которое встречается у 2–3% больных, перенесших протезирование коленных суставов. Осложнение это встречается достаточно редко, но все же чаще, чем инфекция, о которой ортопед меня предупредил до операции. На первой же странице книги было четко описано мое состояние: «Артрофиброз — это катастрофа». Точнее, артрофиброз — это

неадекватная воспалительная реакция на протезирование колена, чем-то похожая на отторжение искусственного сустава. Исходом заболевания является обширное рубцевание тканей сустава. Когда я явился на прием к ортопеду через два месяца после операции, то сразу спросил, нет ли у меня артрофиброза. Он ответил, что я абсолютно прав, но он ничего не может сделать в первый год после операции — воспаление должно «выгореть», после чего можно будет снова вскрыть сустав и удалить образовавшиеся рубцы. Одна мысль о том, что мне придется прожить еще год в страшных мучениях, а потом снова решиться на операцию, повергла меня в шок.

По рекомендации одного моего друга я отправился на прием к физиотерапевту. Эта женщина за 40 лет повидала много пациентов с рассекающим остеохондритом, и она хорошо знала, что рутинные физиотерапевтические процедуры именно для таких больных, как я, — наихудший выход. Вместо стандартных нагрузок, включающих интенсивное сгибание и разгибание сустава (что в моем случае лишь усиливало формирование рубцов), эта женщина выбрала более щадящий подход: она посоветовала мне прекратить все физические нагрузки и назначила противовоспалительные препараты. Она от руки написала длинную инструкцию на целую страницу и каждый день присылала мне сообщения, интересуясь состоянием «нашего колена». Это было спасение. Я начал быстро поправляться. Теперь, много лет спустя, мне все еще приходится каждый день бинтовать колено, чтобы сгладить результаты «лечения». А главное — скольких мучений можно было бы избежать!

Как станет ясно из этой книги, искусственный интеллект (ИИ) мог бы предсказать, что меня могут ожидать разнообразные послеоперационные осложнения. Полный обзор источников — при условии, что нашлись бы такие опытные физиотерапевты, как та женщина, к которой я в итоге попал, — помог бы определить, что мне показана особая, нестандартная тактика послеоперационного лечения. Но не только врачи получили бы больше информации о риске, который может подстергать их подопечных. Виртуальный медицинский справочник в моем смартфоне или ноутбуке мог бы вовремя предупредить и меня, пациента, о высоком риске артрофиброза и о том, что риск этот становится еще выше на фоне стандартного послеоперационного лечения. Мало того, этот виртуальный консультант мог бы порекомендовать мне, куда можно обратиться за более

щающим лечением, чтобы избежать жутких страданий. А меня проблема застала врасплох, и ортопед даже не принял во внимание, что у меня в анамнезе рассекающий остеохондрит, когда обсуждал со мной возможный риск, — хотя, как выяснилось впоследствии, остеохондрит является одним из факторов, провоцирующих развитие моей серьезной патологии, артрофиброза.

Многие проблемы здравоохранения невозможно решить с помощью передовой технологии, алгоритмов или машин. Бездушная, как у робота, реакция врача на мой стресс превосходно иллюстрирует недостающий компонент медицинской помощи. Конечно, операция была выполнена грамотно и умело, но это лишь технический компонент. Предложение принимать антидепрессанты говорит об отсутствии человеческого отношения и сопереживания в современной медицине. Конечно, эмоционально я был подавлен, но проблема была вовсе не в самой депрессии, а в сильной боли и скованности, которая превращала меня в заржавевшего Железного Дровосека. Отсутствие сострадания у ортопеда было почти физически ощутимым: за все месяцы, прошедшие после операции, он ни разу по собственной инициативе не поинтересовался, как я себя чувствую. А специалист по лечебной физкультуре и физиотерапии не только обладала специальными медицинскими знаниями и опытом лечения моего осложнения — она действительно обо мне заботилась. Неудивительно, что нашу медицину поразила эпидемия назначений опиатов. Понятно, что врачу намного быстрее и проще назначить наркотики, чем слушать пациента, пытаться его понять.

Практически каждый, у кого есть хроническое заболевание, переживал то же, что и я. Такое вообще случается слишком часто. Мне повезло, что я сам врач и нахожусь внутри системы здравоохранения, — но, как вы сами видите, проблема настолько запущена, что даже знание системы изнутри не гарантирует хорошего лечения. Но и искусственный интеллект сам по себе тоже не решит эту проблему. Необходимо вмешательство человека, ибо по мере того, как машины берут на себя все более сложные задачи, человеку становится легче проявлять гуманность.

Искусственный интеллект в медицине — это отнюдь не футуристическая фантазия. Мощь искусственного интеллекта уже используется для спасения человеческих жизней. Мой близкий друг, доктор

Стивен Кингсмор, специалист по медицинской генетике, возглавляет исследования по генетической программе, которую проводят в детской больнице имени Рэйди в Сан-Диего. Недавно его группа попала в Книгу рекордов Гиннеса за расшифровку генома человека на материале одной пробы крови всего за 19,5 ч<sup>1</sup>.

Некоторое время тому назад один здоровый новорожденный младенец, прекрасно взявший грудь, был выписан вместе с мамой из родильного отделения домой на третий день жизни. Однако на восьмой день мать привезла малыша в отделение скорой помощи больницы имени Рэйди. У ребенка непрерывно следовали друг за другом судорожные припадки, то есть развилось состояние, называемое эпилептическим статусом. Никаких признаков инфекционного поражения не было. Результаты компьютерной томографии головного мозга были нормальными. Электроэнцефалограмма лишь зафиксировала судорожную активность головного мозга. Самые мощные противосудорожные препараты не действовали; наоборот, на фоне их введения приступы становились еще более выраженными. Прогноз для ребенка — поражение мозга или даже смерть — был крайне неблагоприятен.

Пробу крови отправили в Геномный центр больницы Рэйди для быстрой расшифровки всего генома ребенка. Вся последовательность нуклеотидов содержит 125 гигабайт информации, включая почти 5 млн мест, в которых геном ребенка отличался от наиболее распространенного варианта. ИИ-программе, специально предназначенной для анализа словарного состава естественных языков, потребовалось 20 секунд, чтобы проанализировать электронную историю болезни и определить 88 фенотипических признаков (почти в 20 раз больше, чем обозначили врачи в своем списке). Машинные алгоритмы быстро просеяли приблизительно 5 млн генетических вариантов и обнаружили 700 тыс. редких. Из них 962 варианта могли послужить причиной заболевания. Объединив эти данные с данными о фенотипе ребенка, система идентифицировала один дефект в гене под названием ALDH7A1 как наиболее вероятную причину эпилептического статуса. Это очень редкий вариант гена, встречающийся в популяции с частотой около 0,01%. Эта мутация вызывает нарушение метаболизма, приводящее к припадкам. К счастью, это нарушение можно корректировать ежедневным назначением витамина B<sub>6</sub> и аргинина при одновременном ограничении в рационе

лизина (тоже аминокислоты, как и аргинин). Когда эти изменения в диете были выполнены, приступы резко прекратились, и через 36 часов после поступления малыша выписали домой! Дальнейшее наблюдение показало, что мальчик здоров и растет без каких-либо признаков поражения мозга или отставания в развитии.

Ключом к спасению жизни этого ребенка стало определение подлинной причины его заболевания. Сегодня лишь немногие госпитали в мире секвенируют ДНК больных новорожденных и используют искусственный интеллект, чтобы получить *все* знания о пациенте и его геноме. И хотя опытные врачи в конечном счете, вероятно, нащупали бы правильное решение и назначили адекватное лечение, машины могут это делать быстрее и точнее, чем люди.

Итак, даже сейчас, в наше время, соединение усилий и талантов людей с возможностями искусственного интеллекта может привести к триумфальному успеху, если человек и машина действуют синергически. Но прежде чем петь хвалу возможностям искусственного интеллекта, давайте сначала посмотрим, что недавно пришлось пережить одному моему пациенту.

Однажды, вскоре после приема, мне позвонил один пациент и сказал:

— Я хочу, чтобы мне сделали стентирование.

Это был седовласый голубоглазый мужчина за семьдесят, владелец нескольких компаний, страдавший редким и тяжелым легочным заболеванием, называемым идиопатическим (этим странным медицинским словом мы пользуемся, когда не знаем причины заболевания) легочным фиброзом. Заболевание это зашло настолько далеко, что пульмонолог заговорил о желательности трансплантации легких. Мало того, у пациента появился новый симптом — повышенная утомляемость. Он начал уставать, пройдя квартал или проплыв 25 метров в бассейне. Больной обратился к своему пульмонологу, который назначил исследование функции дыхания. Изменений в показателях не было, и это недвусмысленно подсказывало, что причина не в легких.

Пациент, сильно обеспокоенный и подавленный таким развитием событий, пришел ко мне вместе с женой. В кабинет он вошел, еле волоча ноги, короткими шажками. Я был поражен его бледностью и выражением безнадежности в глазах. Жена подтвердила описанные пациентом симптомы: у него резко снизилась способность

к физической активности, он с трудом обслуживал себя, не говоря уже о каких-то дополнительных нагрузках.

Изучив историю болезни, опросив и осмотрев больного, я высказал предположение, что, вероятно, все дело в сердце. За несколько лет до этого, после того как у него появились при ходьбе боли в левой икре, ему поставили стент в левую подвздошную артерию, устранив окклюзию. Это раннее заболевание усилило мое беспокойство по поводу холестерина, который может с такой же вероятностью, что и в артериях ног, откладываться в стенках коронарных артерий. И, несмотря на то что у пациента не было никаких других факторов риска ишемической болезни сердца, кроме возраста и пола, я направил его на КТ с контрастом — посмотреть состояние его коронарных артерий. Правая коронарная артерия была сужена на 80%, но левая была полностью проходима и не поражена склеротическими бляшками. Это противоречило моему предположению. Правая коронарная артерия снабжает кровью лишь малую часть сердечной мышцы, и за все 30 лет карьеры кардиолога (из которых я 20 лет восстанавливал проходимость коронарных артерий) я не припомню ни одного больного, у которого такая сильная утомляемость была бы обусловлена сужением правой коронарной артерии.

Я объяснил пациенту и его жене, что не могу связать результат КТ с клинической картиной и что, возможно, это один из тех случаев, когда одно с другим не связано: имеющее место морфологическое нарушение не имеет никакого отношения к жалобам и объективным симптомам. Утомляемость, скорее всего, не связана с поражением коронарной артерии. Но основное заболевание — идиопатический легочный фиброз — вполне могло вызвать подобную симптоматику именно на фоне сужения правой коронарной артерии. К сожалению, сопутствующее легочное заболевание повышало риск инвазивного вмешательства.

Я дал ему возможность принять решение самостоятельно. Он раздумывал несколько дней, но в конце концов согласился на баллонную ангиопластику и стентирование правой коронарной артерии. Я был очень удивлен этим решением: на протяжении многих лет пациент не только очень неохотно соглашался на инвазивные вмешательства, но и отказывался даже от лекарств. Примечательно, что прилив энергии пациент ощутил сразу после операции. Стент был установлен через лучевую артерию, и поэтому больного отпустили

домой уже через несколько часов после вмешательства. Вечером он уже прогулялся по улице, обойдя несколько кварталов, а к концу недели проплыл несколько кругов в бассейне. Пациент сказал мне, что у него прибавилось сил: он уже несколько лет не чувствовал себя настолько хорошо. Это поразительное улучшение способности переносить нагрузку сохранялось и спустя много месяцев.

Примечательно в этой истории то, что компьютерный алгоритм упустил бы эту возможность. При всей пиар-шумихе по поводу искусственного интеллекта, улучшающего качество медицинской помощи, следует отметить: если бы ИИ использовали для оценки перспектив операции у этого больного с учетом всех данных медицинской литературы, то машина пришла бы к заключению, что восстановление проходимости правой коронарной артерии не приведет к устранению утомляемости. Ведь искусственный интеллект может оперировать только представленными данными, но лишен интуиции. Страховые компании, приняв во внимание вывод компьютерного алгоритма, наверняка отказались бы оплачивать инвазивное вмешательство на правой коронарной артерии.

Однако операция принесла больному несомненную и ощутимую пользу. Был ли это плацебо-эффект? Мне это представляется маловероятным: я знал этого пациента много лет, он всегда старался свести к минимуму любые изменения в состоянии своего здоровья — неважно, положительные или отрицательные. Своим характером он немного напоминает Ларри Дэвида\*, старого ворчуна с весьма... умеренным энтузиазмом. Ясно, что он последний человек в мире, на кого подействовало бы плацебо.

Задним числом понятно, что эффект от операции был связан с сопутствующим (точнее, даже основным) легочным заболеванием. Легочный фиброз приводит к повышению давления в легочных артериях, которые доставляют кровь в легкие, где она насыщается кислородом. За перекачивание крови в легкие отвечает правый желудочек сердца; повышение артериального давления в малом круге кровообращения приводит к тому, что правому желудочку приходится работать с большей нагрузкой для того, чтобы

---

\* Ларри Дэвид (род. 1947) — американский комик, актер и сценарист, автор сценария сериала «Умерь свой энтузиазм» (Curb Your Enthusiasm) и исполнитель главной роли.



преодолеть сопротивление легочных артерий. Эта нагрузка была слишком большой для правого желудочка моего пациента. Стент, установленный в правую коронарную артерию, снабжающую кровью правый желудочек, облегчил его работу и устранил неприятный симптом. Столь сложная взаимосвязь коронарного кровообращения и редкого легочного заболевания не описана в медицинской литературе.

Этот случай напоминает нам, что каждый из нас является собой уникальным, единственным в своем роде организмом, все хитросплетения которого никогда не распутает никакая машина. Кроме того, этот случай подчеркивает важную роль человеческого фактора в медицине: нам, врачам, давно известно, что пациенты знают свой организм, а значит, мы должны прислушиваться к ним. Алгоритмы — это холодные и бесчувственные прогностические инструменты, которые никогда не смогут познать человеческую натуру. Вот что главное: этот пожилой джентльмен чувствовал, что причиной ухудшения его состояния стало сужение правой коронарной артерии, и оказался прав. Я скептически отнесся к перспективам вмешательства, не предполагая, насколько успешным оно окажется, но был счастлив, увидев разительное улучшение.



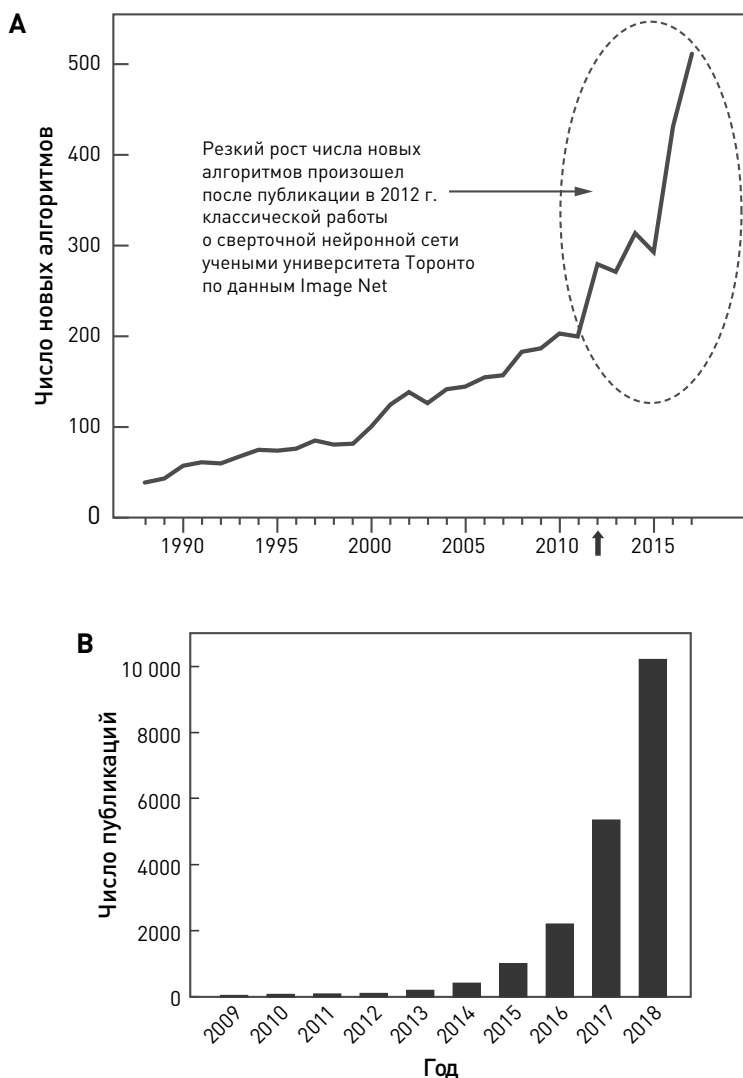
Искусственный интеллект исподволь, но все глубже проникает в нашу жизнь. Он уже работает на нас и в быту. ИИ заканчивает за нас слова, когда мы печатаем, дает непрошенные рекомендации в поисковиках, предлагает нам музыку, опираясь на нашу историю прослушиваний, отвечает на наши вопросы и даже выключает свет в квартире. Самой идее искусственного интеллекта более 80 лет, а имя он получил в 1950-е, но лишь недавно начали брать в расчет его потенциальное воздействие на здравоохранение. Многообещающей казалась способность искусственного интеллекта обеспечить многосторонний панорамный взгляд на медицинские данные пациента, улучшить качество принимаемых диагностических и лечебных решений, сократить количество ошибок в диагностике и ненужных исследований, помочь в назначении и интерпретации необходимых анализов и инструментальных исследований, рекомендовать лечение. В основе всего этого лежат данные. Мы уже давно вступили

в эпоху больших данных; в настоящее время мир ежегодно производит зеттабайты данных (в каждом зеттабайте секстиллион ( $10^{21}$ ) байт — достаточно, чтобы заполнить память приблизительно 1 трлн смартфонов). В медицине к массивам больших данных можно отнести нуклеотидную последовательность полного генома, медицинские изображения высокого разрешения и показатели, постоянно считываемые и передаваемые датчиками, которые закреплены на теле пациента. Данные поступают и поступают в колоссальном объеме, однако мы способны обработать лишь ничтожную их долю. Считается, что в лучшем случае 5%, не больше. Грубо говоря, у нас было что надеть, но некуда в этом пойти — до недавнего времени. Теперь искусственный интеллект обуздал необозримый конгломерат больших данных и заставил его работать.

Существует множество разновидностей ИИ. Традиционно машинное обучение включает логистическую регрессию, байесовские сети, «метод случайного леса», метод опорных векторов, экспертные системы и множество других инструментов, разработанных для анализа данных. Например, байесовская сеть — это модель, позволяющая оценивать вероятности. Если у меня есть список симптомов, с которыми обратился больной, то такая модель позволяет получить список всех возможных диагнозов с указанием их относительной вероятности. Забавно, что в 1990-е, когда мы составляли деревья решений, чтобы собранные нами данные могли говорить сами за себя (система была рассчитана на «автоанализ», чтобы на выводы не влияли искажения при интерпретации), мы не называли это машинным обучением. Однако теперь этот статистический метод значительно усовершенствован, и к нему относятся с почтением. За последние годы инструментарий ИИ проник в такие важные сетевые модели, как глубокое обучение и стимулированное обучение, оно же обучение с подкреплением (мы подробнее обсудим эти вопросы в главе 4).

Разновидность ИИ, отвечающего за глубокое обучение, приобрела особую значимость после 2012 г., когда была опубликована статья о распознавании образов<sup>2</sup>, уже ставшая классической.

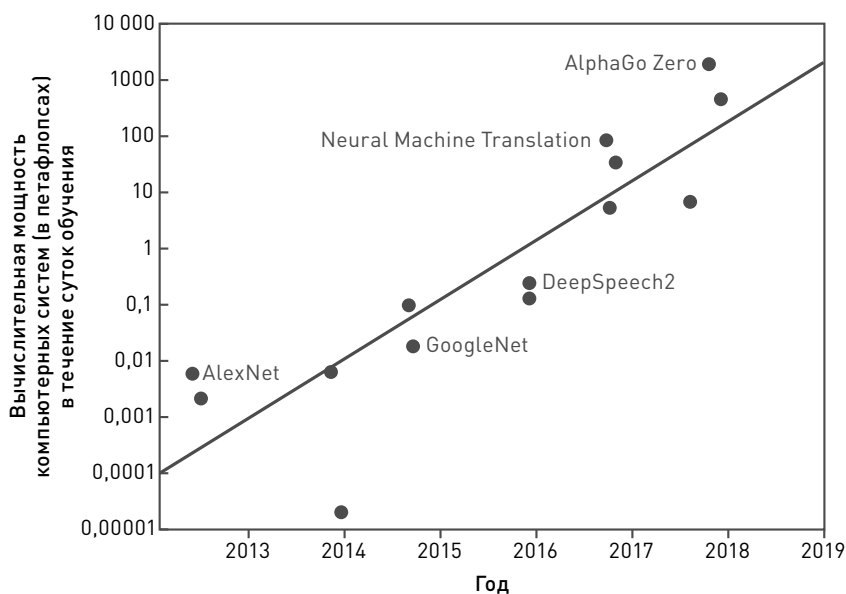
Число новых алгоритмов глубокого обучения искусственного интеллекта и публикаций на эту тему возросло лавинообразно (см. рис. 1.1), причем рост способности машин распознавать закономерности в огромных наборах данных носил экспоненциальный



**Рис. 1.1.** Рост числа алгоритмов глубокого обучения ИИ с 2012 г. после публикации статьи о распознавании образов. Источники: график А приведен с изменениями из: A. Mislove: "To Understand Digital Advertising, Study Its Algorithms." *The Economist* (2018): [www.economist.com/science-and-technology/2018/03/22/to-understand-digital-advertising-study-its-algorithms](http://www.economist.com/science-and-technology/2018/03/22/to-understand-digital-advertising-study-its-algorithms). График В приведен с изменениями из: C. Mims, "Should Artificial Intelligence Copy the Human Brain?" *The Wall Street Journal* (2018): [www.wsj.com/articles/should-artificial-intelligence-copy-the-human-brain-153355265?mod=searchresults&page=1&pos=1](http://www.wsj.com/articles/should-artificial-intelligence-copy-the-human-brain-153355265?mod=searchresults&page=1&pos=1).

характер. Увеличение в 300 тыс. раз вычислительной мощности компьютера в петафлопсах (петафлопс — скорость работы компьютера, равная выполнению квадриллиона ( $10^{15}$ ) операций с плавающей запятой в секунду) в течение суток обучения искусственного интеллекта является наглядной иллюстрацией изменений, наступивших после 2012 г. (см. рис. 1.2).

За последние несколько лет в ведущих медицинских изданиях был опубликован ряд исследований, основанных на глубоком обучении. Многие в медицинском сообществе были искренне удивлены потенциалом глубокого обучения ИИ: в статьях утверждалось, например, что искусственный интеллект способен диагностировать некоторые типы рака кожи так же, если не лучше, чем дерматолог высшей категории; выявлять некоторые особые типы аритмий не хуже кардиолога; интерпретировать результаты медицинских изображений не хуже квалифицированного специалиста по медицинской визуализации и оценивать гистологические препараты



**Рис. 1.2.** Экспоненциальный рост скорости вычислений — в 300 тыс. раз — в процессе выполнения различных обучающих ИИ программ. Источник: с изменениями из: D. Hernandez and D. Amodei, "AI and Compute", *Open AI* (2018): <http://blog.openai.com/ai-and-compute>.

не хуже патологоанатома; диагностировать различные заболевания глаз не хуже хорошего офтальмолога и предсказывать суицид у пациентов не хуже профессионального психиатра. Эти возможности обусловлены главным образом умением распознавать закономерности, при этом в ходе обучения машины усваивают эти закономерности на сотнях тысяч примеров (а вскоре — и на миллионах). Такие системы уже сейчас от года к году становятся все лучше и лучше, а показатель ошибок после изучения текстовых, речевых и визуальных материалов упал ниже 5%, что выше любых человеческих возможностей (см. рис. 1.3). И хотя, вероятно, существует предел, после которого дальнейшее улучшение обучения прекратится, мы его пока не достигли. В отличие от людей, которые часто устают, пребывают в дурном настроении, подвержены действию эмоций, недосыпают или отвлекаются, машины лишены всех этих недостатков, могут работать сутки напролет, без выходных и праздников, не жалуясь на судьбу (хотя и человек, и машина могут «заболеть» и выйти из строя). Вполне понятно, что в связи с этим ребром встает вопрос о будущей роли врачей и о том, какое влияние может оказать искусственный интеллект на медицинскую практику.

Я не верю, что глубокое обучение искусственного интеллекта сделает его способным лечить все болезни и устранять недостатки современного здравоохранения, но список, приведенный в табл. 1.1, дает представление о том, насколько широко можно использовать этот инструмент и насколько реклама преувеличивает его возможности. Со временем искусственный интеллект поможет нам продвигаться в решении всех перечисленных задач, но это будет марафон без финишной черты.

Примеры глубокого обучения демонстрируют его достаточно узкую специфичность: алгоритм, предсказывающий вероятность депрессии, не работает в дерматологии. Эти алгоритмы, построенные по принципу нейронных сетей, зависят от распознавания паттернов, то есть схем-образов, устойчивых наборов признаков, что будет полезно врачам, качество работы которых зависит от способности распознавать и интерпретировать изображения, — например, рентгенологам и патологоанатомам. Таких врачей я называю врачами-«паттернистами». Пусть и реже, но все же довольно часто всем клиницистам приходится в ходе работы так или иначе

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)