

D-Wave: пионер квантовых вычислений между наукой и бизнесом

Вступление: D-Wave — квантовый прорыв и биржевые качели. Канадская компания **D-Wave** стала первым стартапом в мире, решившим построить коммерческий квантовый компьютер еще в конце 1990-х. Спустя более 20 лет D-Wave продолжает идти своим особым путем в квантовых вычислениях, делая ставку на технологию *квантового отжига* (quantum annealing) для решения прикладных задач оптимизации. За последние пару лет компания пережила важнейшие вехи: **выход на биржу через слияние со SPAC**, внушительный рост выручки с рекордным результатом в первом квартале 2025 года, а также **научный прорыв**, продемонстрированный на страницах журнала *Science*. В то же время акции D-Wave испытали драматические взлеты и падения – от всплеска инвесторского энтузиазма до резкого спада к концу 2025 года. Разбираемся, как **пионер квантовых компьютеров** пришел к нынешнему положению, в чем особенности его подхода и бизнес-модели, кто стоит у истоков компании, какие клиенты уже пользуются ее технологиями, с какими вызовами D-Wave сталкивается на научном и коммерческом фронтах и каковы перспективы квантовых решений для индустрии и широкой аудитории.

От стартапа к бирже: путь первого квантового компьютера

D-Wave Systems была основана в 1999 году в Ванкувере (Канада) командой единомышленников-физиков и предпринимателей. Среди основателей – канадский теоретик **Джорди Роуз** (Geordie Rose), венчурный инвестор **Хэйг Феррис** (Haig Farris), инженер **Боб Уинс** (Bob Wiens), а также ученый-физик **Александр Загоцкин** (Alexandre Zagoskin), имевший украинские корни и опыт работы в Харьковском физтехе. Идея была по-настоящему авантюрной для конца 90-х: создать работающий квантовый компьютер и коммерциализировать его. В те годы квантовые вычисления были в основном академической темой, но D-Wave замахнулась на то, чтобы превратить научную концепцию в реальное устройство, способное решать задачи бизнеса.

Уже к середине 2000-х команда привлекла первые инвестиции и начала показывать прототипы. В 2007 году D-Wave объявила о демонстрации *Orion* – 16-кубитного квантового процессора, а несколько месяцев спустя – 28-кубитной версии. Эти ранние устройства заложили основу для первой продуктовой линейки. В 2011 году компания представила **D-Wave One** – первый в мире коммерческий квантовый компьютер (128 кубитов на сверхпроводниковом чипе). Он был продан за \$10–11 млн корпорации **Lockheed Martin**, которая стала одним из первых заказчиков D-Wave для своих исследовательских нужд ¹ ². В последующие годы D-Wave последовательно наращивала масштаб своих систем: 512-кубитный **D-Wave Two** (2013), ~1000-кубитный **D-Wave 2X** (2015), 2048-кубитный **D-Wave 2000Q** (2017) и, наконец, 5000+ кубитный **D-Wave Advantage** (2020).

Важно понимать, что количество кубитов в системах D-Wave – величина условная. Эти **неуниверсальные квантовые компьютеры** предназначены только для определенного класса задач и не могут выполнять произвольные квантовые алгоритмы. Тем не менее, на каждом этапе D-Wave демонстрировала увеличение масштабов и возможностей своих устройств. Компания заручалась поддержкой крупных клиентов и партнеров: кроме Lockheed Martin, ее ранние машины приобретали или тестировали **Google** (в сотрудничестве с NASA), военные подрядчики (например, университетский квантовый центр USC при поддержке BBC США), правительственные лаборатории (**Лос-Аламосская национальная лаборатория** и др.) ¹.

Прорывной для компании стал **2022 год**, когда D-Wave решилась выйти на публичный рынок. В августе 2022-го она объединилась с компанией-пустышкой **DPCM Capital** и через эту сделку SPAC разместилась на Нью-Йоркской фондовой бирже. Изначально **оценка D-Wave** при выходе на биржу превышала \1,2 млрд, акции дебютировали около \10 за штуку ³. Руководство выбрало необычную структуру сделки: для поощрения инвесторов SPAC был создан «бонусный пул» акций, чтобы снизить риск массовых отказов от сделки ⁴. С листингом D-Wave закрепила статус одной из немногих публичных квантовых компаний наряду с американскими конкурентами IonQ и Rigetti.

Однако эйфория быстро сменилась испытаниями. **Волатильность акций D-Wave** стала характерной чертой компании на бирже. Уже к концу 2022 года котировки обрушились на 86%, опустившись с \10 до ~\1,4 ³. 2023 год тоже выдался тяжелым – акция завершила год ниже \1, что поставило D-Wave и ее «коллег по цеху» Rigetti под угрозу делистинга из-за длительного несоответствия требованиям биржи ⁵. Инвесторы сомневались, сможет ли компания монетизировать свои разработки в обозримом будущем, ведь квантовые технологии пока далеки от массового применения.

Настоящие американские горки начались в **2024 году**. Осенью 2024-го весь сектор квантовых технологий испытал всплеск внимания после громкого объявления Google о новом квантовом чипе. На волне хайпа акции D-Wave в ноябре взлетели с \1 до \4-5 ⁶ ⁷, а торги шли рекордными объемами. Казалось, рынок наконец заметил недооцененных квантовых игроков. К началу декабря 2024-го стоимость D-Wave на время превышала \6 за акцию ⁸. Этим ростом не преминули воспользоваться крупные инвесторы: канадский пенсионный фонд PSP, являвшийся крупнейшим акционером D-Wave, продал почти 18,4 млн акций на пике цены, зафиксировав прибыль около \79 млн ⁹ ¹⁰. Этот шаг, позиционировавшийся как плановая ребалансировка портфеля, остудил ралли – после продаж инсайдеров котировки откатились.

Чтобы избежать делистинга, D-Wave в 2025 году провела обратный дробление акций (reverse split). В результате номинальная цена повысилась (старые центы превратились в десятки долларов), но волатильность никуда не делась. **Конец 2025 года** вновь принес разочарование: несмотря на ряд позитивных новостей, биржа встретила D-Wave охлаждением. Например, после публикации сильного отчета за третий квартал 2025 акции... упали на 22% в первую неделю ноября ¹¹. Котировки к концу года откатились примерно на треть от локальных максимумов октября ¹². На 18 ноября 2025 акция торговалась около \23 (после сплита), тогда как годовой пик превышал \45 ¹³. Ирония в том, что за год цена формально выросла в 17 раз (из-за пересчета номинала), но ранним инвесторам это мало чем помогло.

Почему рынок столь нервно реагирует на D-Wave? Инвесторы все еще ищут ответа на вопрос: **сможет ли квантовая компания построить устойчивый бизнес**. D-Wave пока убыточна, и хотя ее денежные резервы существенно выросли (за счет привлечения \300+ млн от SPAC и допэмиссий акций, компания закончила Q3'25 с внушительными \836 млн на счетах ¹⁴ ¹⁵), путь к прибыльности неясен. Любая новость – научная победа или крупная сделка – способна краткосрочно взвинтить курс, но без долгосрочного роста выручки и рынка все всплески сменяются спадами. Чтобы понять перспективы, нужно разобраться, что именно предлагает D-Wave и чем ее подход отличается от других.

Квантовый отжиг: особый подход D-Wave к вычислениям

D-Wave с самого начала пошла по пути, отличному от многих квантовых лабораторий. Вместо того чтобы строить **универсальный квантовый компьютер** (способный выполнять любой

алгоритм, подобно тем, что развивают IBM, Google и др.), D-Wave сфокусировалась на более узкой, но практичной задаче – решении оптимизационных задач методом *квантового отжига*. Этот подход основан на идеях **адиабатического квантового вычисления**: система из кубитов настраивается так, чтобы ее энергетический минимум соответствовал оптимальному решению некоторой задачи. Затем квантовый процессор «отпускают» в свободное квантовое эволюционирование – он медленно охлаждается и стремится в свое основное состояние (аналог процесса отжига металла, откуда и термин). Если все сделано правильно, в конце измерения система выдает набор битов – приближенное решение исходной задачи, которое соответствует наилучшему (или близкому к наилучшему) найденному минимуму целевой функции ^{16 17}.

Проще говоря, **D-Wave превращает задачу оптимизации в физический процесс**. Квантовые биты (кубиты) на сверхпроводниковом чипе D-Wave представляют переменные оптимизационной задачи. Взаимодействия между кубитами (через специальные связи – джозефсоновские переходы) кодируют «условия» задачи – например, параметры функции, которую нужно минимизировать. Затем квантовая машина за счет туннельных эффектов и квантовых флуктуаций пытается найти комбинацию значений переменных, минимизирующую функцию – фактически, находит очень хорошее (хотя не всегда абсолютно лучшее) решение сложной комбинаторной задачи. Такой процесс называют **квантовым отжигом** или **квантовой релаксацией** ¹⁸. Он особенно полезен для задач, где нужно перебрать огромное число вариантов и найти оптимальный – маршрутизация транспорта, составление расписаний, распределение ресурсов, оптимизация финансовых портфелей и т.п.

Уникальность подхода D-Wave в том, что их квантовые компьютеры **уже сегодня способны решать прикладные задачи**, пусть и специфические. Пока конкуренты бьются над увеличением числа управляемых кубитов и снижением ошибок в универсальных квантовых схемах, D-Wave выбрала *аналоговый метод*: её кубиты работают коллективно, как единая физическая система, решающая одну задачу оптимизации за «прогон». Это позволило компании намного раньше представить коммерчески доступные квантовые машины, пускай ограниченные по функциональности. **D-Wave фактически создала рынок квантовых вычислений для бизнеса**, предлагая решать узкий, но востребованный класс задач лучше (или перспективно лучше) классических методов.

Над научной концепцией квантового отжига трудилась интернациональная команда D-Wave. **Александр Загоцкин**, упомянутый сооснователь компании с образованием из Харькова, внёс вклад как теоретик в ранние годы, позже продолжив карьеру в научных кругах (он считается одним из пионеров квантовой инженерии, сейчас преподаёт в Великобритании). Другой ключевой фигурой стал **Эрик Ладизински** (Eric Ladizinsky) – физик, перешедший в D-Wave из американской лаборатории, работавшей над квантовыми битами. Ладизински возглавил разработку сверхпроводниковых кубитов D-Wave, применив опыт NASA и военных проектов. Также среди первых сотрудников был д-р **Мохаммад Амин** – коллега Роуза по университету, ставший ведущим ученым компании. D-Wave сумела собрать экспертов из разных стран и школ – в том числе талантливых выходцев из постсоветского пространства. Примером может служить **Павел Бунык** – выпускник МГУ, который стал главным архитектором квантовых процессоров D-Wave и руководил проектированием чипов на протяжении 2010-х годов ¹⁹. В квантовой индустрии кадры решают всё, и D-Wave исторически старалась переманить лучших, предлагая им возможность делать то, чего не было раньше – создавать первые в мире коммерческие квантовые машины.

Разумеется, **подход D-Wave имеет ограничения**. Квантовый отжигатор **не универсален** – он не сможет запустить алгоритм Шора для взлома шифров или вариационный алгоритм для химической молекулы, как универсальные квантовые компьютеры. Он хорош только там, где

задачу можно сформулировать в виде поиска минимума энергии, т.е. сведенную к модели спиновой стеклянной системы (Изинга). Практически это означает – задачи комбинаторной оптимизации и некоторые задачи машинного обучения (например, отбор признаков или кластеризация могут формулироваться как минимизация). Другой серьезный нюанс – **аналоговая природа квантового отжига**. Такие квантовые компьютеры работают без коррекции ошибок: кубиты D-Wave – сверхпроводящие контуры, которые должны сохранять квантовую когерентность во время “вычисления” (обычно на протяжении нескольких микросекунд). В реальности они подвергаются шумам, и по мере увеличения числа кубитов контролировать систему все сложнее. Квантовый отжиг чувствителен к помехам – если условия эволюции не соблюдены идеально, система может **застрясть** в одном из локальных минимумов и не найти оптимум. Поэтому эффективность отжига не всегда превышает продвинутое классические алгоритмы (такие как метод отжига на классических компьютерах или другие эвристики). На заре истории D-Wave многие ученые скептически относились к ее машинам: требовалось доказать, что там вообще есть квантовый эффект и запутанность между кубитами, а производительность лучше, чем у ноутбука. Постепенно D-Wave эти сомнения рассеяла, показав в ряде экспериментов квантовую природу процесса и более высокую скорость на отдельных задачах по сравнению с CPU ²⁰ ²¹. Но **масштабируемость** остается проблемой: просто увеличить число кубитов недостаточно, важно повысить их взаимосвязность и уменьшить шум, чтобы большие задачи решались эффективно. D-Wave, например, при переходе от поколения к поколению не только добавляет кубиты, но и улучшает архитектуру связей (граф связности кубитов). В чипе **Advantage** (5000+ кубитов) реализована топология Pegasus с координационным числом 15, тогда как в предыдущих было меньше – это расширяет класс графов задач, которые можно непосредственно задать на железе. Следующее поколение **Advantage2** (прототип которого уже тестируется) предлагает еще более мощную связь: топология Zephyr, где каждый кубит связан с 20 соседями ²² ²³. Финальная система Advantage2 планируется на ~7000 кубитов с улучшенными показателями когерентности. Тем не менее, без **коррекции ошибок** и с ростом аппаратного шума есть физический предел тому, насколько можно увеличить отжигатель, сохранив его пользу.

Еще одно ограничение: **каждый кубит D-Wave фактически аналоговый**. Он представляет не идеальный двухуровневый разряд, а сложную сверхпроводниковую цепь, способную находиться в суперпозиции токов. Управлять тысячами таких элементов и считывать результат – нетривиальная инженерная задача, требующая громоздкой криогенной системы (чип охлаждается до 0,02 K) и электроники. Поэтому квантовый компьютер D-Wave – это шкаф размером с большую серверную стойку, требующий особых условий эксплуатации. Ясно, что **обычному пользователю** такой девайс недоступен. Компания с самого начала ориентировалась на предоставление доступа к своим машинам через облако: еще в 2010-х D-Wave запустила облачный сервис **Leap**, через который исследователи и корпоративные клиенты могут отправлять задачи на квантовый отжигатель, не покупая сам компьютер. Этот ход делает технологию более **доступной бизнесу** – имея учетную запись, можно решать задачи на квантовом компьютере, находящемся в дата-центре D-Wave. Конечно, требуется перевести свою проблему в формат, понятный “отжигу” (так называемая QUBO – квадратичная безусловная оптимизация булевых переменных), что требует участия специалистов или использования библиотеки **D-Wave Ocean**. Но благодаря облаку даже небольшие компании могут экспериментировать с квантовой оптимизацией, не инвестируя миллионы в оборудование.

Конкуренция технологий: квантовый отжиг vs универсальный компьютер

Успехи D-Wave не остались незамеченными, и в какой-то момент стало ясно: **компания рискует остаться на обочине**, если не будет смотреть шире. Ведь параллельно гиганты вроде IBM, Google, а также стартапы IonQ, Rigetti и другие идут к созданию *универсальных* квантовых процессоров, которые, хоть сейчас и имеют меньше кубитов (десятки или сотни), со временем могут добиться квантового превосходства на гораздо более широком классе задач. В теории, когда появятся устойчивые универсальные квантовые компьютеры с тысячами (а тем более сотнями тысяч) **логических кубитов** с коррекцией ошибок, они смогут выполнять любые алгоритмы – от шифрования до симуляции химии – и решать задачи, недоступные классическим суперкомпьютерам. В таком будущем узкоспециализированный отжигатель может устареть, если не будет занимать свою нишу.

D-Wave предпринимает усилия, чтобы оставаться актуальной. С одной стороны, компания продолжает улучшать свою основную технологию квантового отжига, убеждая рынок, что этот подход приносит пользу уже сейчас, задолго до появления больших универсальных машин. С другой – *впервые за свою историю* D-Wave решила выйти за рамки одного подхода. В 2021–2022 гг. компания объявила, что **начинает разработку собственного гейт-моделейного квантового компьютера**. Это стало неожиданностью для отрасли: долгое время D-Wave гордилась альтернативной стратегией, противопоставляя себя конкурентам, но теперь фактически признала, что мир квантовых вычислений многогранен. В пресс-релизах D-Wave подчеркивает, что теперь она – «единственная компания, разрабатывающая как отжиговые, так и вентильные квантовые компьютеры» ²⁴. Цель – предоставить клиентам полный спектр квантовых решений. Пока что деталей о прогрессе немного: известно, что идут эксперименты с прототипами кубитов для **универсальной сверхпроводниковой архитектуры**, и компания нанимает специалистов в этой области. Возможно, D-Wave постарается использовать наработки по материалам, крионике и электронике от своих отжигателей, но реализовать совсем другую архитектуру.

Зачем D-Wave второй путь? Вероятно, **хеджирование рисков**. Если в ближайшие годы кто-то (например, IBM или исследовательский консорциум) построит квантовый компьютер с сотнями логических кубитов и продемонстрирует практическую пользу на прикладных алгоритмах, интерес к отжигу может упасть. D-Wave не хочет быть монопродуктовой компанией в момент, когда рынок определится с «победившей» технологией. Поэтому параллельно она развивает квантовый отжиг (где у нее явное лидерство) и делает задел на универсальные квантовые схемы, чтобы иметь компетенции и продукт, если этот сегмент начнет приносить деньги. Можно провести аналогию: **D-Wave хочет быть для квантовых вычислений тем, кем, скажем, компания NVIDIA стала для ИИ** – поставщиком вычислительной мощности для разных задач. Пока что D-Wave специализируется на оптимизации и адиабатических процессах, но в будущем ее портфель технологий может расшириться.

Стоит подчеркнуть: у квантового отжига могут быть собственные **эволюционные пути**, чтобы не отстать от конкурентов. Например, D-Wave исследует **гибридные алгоритмы**, сочетающие квантовый отжиг и классические методы. В облачной платформе Leap доступны гибридные решатели: часть вычислений берет на себя классический сервер, а особо трудные подзадачи – квантовый чип. Такой подход нивелирует недостатки чисто квантового решения, повышает надежность результатов и масштабируемость. Кроме того, теоретики компании работают над методами улучшения точности квантового отжига – своеобразными приемами **«квантовой эвристики»** и умного выбора параметров, чтобы обойти ловушки локальных минимумов. Все

это должно позволить отжигателям решать более крупные и сложные задачи, пусть даже универсальные квантовые компьютеры обгонят их в вычислительной мощности.

Наконец, D-Wave делает ставку на то, что **рынок квантовых вычислений не будет игрой с нулевой суммой**. Скорее всего, разные технологии займут свои ниши. Квантовый отжиг, будучи по сути «квантовым специализированным ускорителем», может прекрасно сосуществовать с универсальными квантовыми процессорами. Например, в задачах оптимизации логистики или расписаний отжигатели могут быть эффективнее, тогда как для моделирования молекул химии больше подойдут гейт-модели. Уже сейчас D-Wave пытается занять прочное место в корпоративном сегменте: стать той компанией, к которой идут за **практическими квантовыми решениями здесь и сейчас**. Ее слоган – *“the practical quantum computing company”* – отражает стратегию: сначала показать ценность на прикладных кейсах, даже если для этого пришлось поступиться универсальностью и некоторой «чистотой» квантовой теории.

В ближайшие годы конкуренция в квантовой отрасли только усилится. У D-Wave, помимо технологической гонки, есть и **прямые рыночные конкуренты**. Например, американская компания **IonQ** (тоже вышедшая на биржу через SPAC) разрабатывает универсальные квантовые компьютеры на ионах и привлекает большое внимание инвесторов – ее капитализация значительно превысила оценку D-Wave. **Rigetti Computing** пыталась конкурировать в сфере сверхпроводниковых гейт-моделей, но столкнулась с трудностями; тем не менее, она соперничает с D-Wave за доступ к финансовым рынкам и кадрам. Крупные корпорации (IBM, Google, Microsoft) не только развивают свои квантовые проекты, но и предлагают облачные сервисы, через которые тоже можно решать задачи оптимизации – порой с помощью классических симуляторов квантовых алгоритмов или специальных “квантовых вдохновленных” чипов. К слову о последних: японская **Fujitsu** выпускает *Digital Annealer* – классическое устройство, имитирующее квантовый отжиг для оптимизационных задач. Хотя это не квантовый компьютер, он конкурирует с D-Wave, предлагая решать схожие задачи быстрее, чем на традиционных CPU, но без квантовой экзотики. Все это подчеркивает: **D-Wave нужно бежать очень быстро, чтобы сохранить лидирующую позицию** в своей нише и не уступить будущие рынки более универсальным или мощным решениям.

Кто пользуется D-Wave: квантовые решения для бизнеса уже сегодня

Несмотря на все оговорки, **D-Wave сумела привлечь реальных клиентов**, которые используют (или по крайней мере экспериментируют) ее квантовые сервисы в практических целях. В первую очередь это крупные корпорации и научно-исследовательские организации, стремящиеся получить *competitive edge* за счет новых технологий или подготовиться к грядущей квантовой эре.

Еще на ранних этапах, как мы упоминали, **Lockheed Martin** стала первым покупателем D-Wave One и продолжает сотрудничество – она использует квантовый отжигатель для некоторых задач верификации программного обеспечения и других вычислительно сложных проблем. **Google** в 2013 году совместно с NASA установила систему D-Wave в исследовательском центре NASA Ames, пытаясь проверить ее на задачах машинного обучения. Хотя впоследствии Google сосредоточилась на собственном квантовом процессоре, этот проект показал интерес индустрии к отжигу. **NASA** и **USC (Университет Южной Калифорнии)** также долгое время эксплуатировали D-Wave в рамках академических исследований – например, для экспериментов в оптимизации и исследовании квантовых эффектов.

В последние годы D-Wave делает акцент на **корпоративных кейсах** в различных отраслях. Вот несколько ярких примеров:

- **Производство и логистика.** Автопроизводители и смежные фирмы обращаются к квантовому отжигу для оптимизации производственных процессов. В 2023–2024 годах турецкое подразделение Ford – **Ford Otosan** – протестировало решение D-Wave для оптимизации графика сборки автомобилей на заводе. Результат впечатляет: время расчета расписания выпуска ~1000 машин сократилось с получаса до **5 минут**, при этом квантовая модель учла множество ограничений (варианты комплектации, доступность линий и т.д.) ²⁵ ²⁶. Этот проект успешно перешел из эксперимента в промышленную эксплуатацию – квантовый алгоритм теперь реально помогает Ford в Турции ускорять производство. Японский автогигант **Denso** (поставщик компонентов) с помощью D-Wave оптимизировал движение автономных транспортных роботов на заводе, добившись **15% роста эффективности** их работы ²⁷. Немецкий исследовательский центр **Forschungszentrum Jülich**, один из лидеров суперкомпьютерной отрасли, не только стал первым HPC-центром, **закупившим квантовый отжигатель D-Wave** для интеграции с классическим экзафлопсным суперкомпьютером, но и планирует применять его для оптимизации логистических и научных задач в Европе.
- **Телеком и энергетика.** Японская телеком-компания **NTT DOCOMO** использует квантовый отжиг D-Wave для оптимизации распределения нагрузки на базовых станциях мобильной связи. В пилотных проектах удалось снизить нагрузку сигнализации на вышки на **15%** в часы пик за счет квантового перераспределения ресурсов ²⁸ ²⁹. Это помогает избежать перегрузок сети без установки дополнительного оборудования. В другом кейсе японский стартап **Groovenauts** совместно с строительным холдингом **Mitsubishi Estate** применили D-Wave для оптимизации маршрутов мусоровозов в городе: общее пройденное расстояние удалось сократить на **57%**, уменьшив выбросы CO₂ и количество машин при том же объеме работы ³⁰ ³¹. Подобные задачи маршрутизации и энергосбережения идеально подходят для квантового отжига.
- **Финансы и экономика.** Европейский банк **CaixaBank** и консалтинговые фирмы (например, **Deloitte**) сотрудничают с D-Wave в поиске оптимальных портфелей инвестиций и управлении рисками. Квантовые алгоритмы помогают просматривать огромное число комбинаций активов, стремясь максимизировать доходность при заданных ограничениях риска – это классическая оптимизационная задача в финансах. Пока что речь о прототипах, но банки уже заинтересованы, чтобы не упустить возможное квантовое преимущество в будущем.
- **Наука и фармацевтика.** D-Wave используется для исследований в материаловедении и биоинформатике. Например, фармацевтическое подразделение компании **Japan Tobacco** в 2025 году проводило совместно с D-Wave **доказательство концепции**: комбинируя квантовый отжиг с ИИ-генеративными моделями, исследователи генерировали улучшенные варианты молекул-лекарств ³². Квантовый компьютер помог быстро просеивать пространство возможных химических соединений, оптимизируя определенные свойства, что потенциально ускоряет разработку новых лекарств. В итоге проект показал, что квантовые методы могут дать более качественные кандидаты в препараты за меньшее время, чем чисто классические подходы.
- **Государственный сектор и оборона.** У D-Wave есть подразделение **D-Wave Government** в США, работающее над проектами для госструктур. Известно, что квантовый отжигатель установлен в компании **Davidson Technologies** – это оборонный подрядчик,

предоставляющий квантовый доступ различным агентствам на условиях коммерческого хостинга ³³. Такие системы могут применяться в задачах военного логистического планирования, оптимизации маршрутов для снабжения, раскладки коммуникационных сетей и даже, возможно, в криптоаналитических экспериментах (хотя для взлома шифров отжиг не подходит, но он может помочь, к примеру, в анализе сложных сетевых графов). В 2023 году D-Wave анонсировала облачный сервис для правительственных клиентов, включая США и другие страны, предлагая квантовые решения для задач национальной безопасности ³⁴.

- **Розничная торговля.** Канадская компания **Pattison Food Group** (владелец сети супермаркетов Save-On-Foods) автоматизировала составление еженедельных графиков доставки онлайн-заказов с помощью квантового решения D-Wave. Ранее 3–4 сотрудника тратили по 80 часов на ручное планирование маршрутов и расписаний водителей. Квантовый отжиг смог учесть все бизнес-правила (стаж водителей, пожелания, ограничения по часам) и сократил время составления графика на **80%**, до 15 часов в неделю ³⁵ ³⁶. Это реальная экономия трудозатрат и более гибкое расписание, что напрямую влияет на эффективность сервиса доставки.

Список подобных проектов постоянно растет. **D-Wave регулярно сообщает** о новых партнерствах с мировыми корпорациями. К лету 2022 года ее клиентами уже стали такие игроки, как **Volkswagen** (оптимизация городского трафика, например, эксперимент в Пекине и Алматы по расчету разгрузки дорог с помощью квантового отжига ³⁷), **NEC** (японский ИТ-гигант, интегрирующий квантовые решения в свой пакет услуг), **Koç Holding** (крупнейший конгломерат Турции), университеты и научные центры (например, уже упомянутые USC, Jülich) ³⁸ ¹. Это свидетельствует, что бизнесу интересна технология, особенно в секторах, где оптимизация дает конкурентное преимущество или экономию средств.

Важно отметить, какую **пользу получают компании сейчас**. В большинстве случаев квантовый отжиг не заменяет полностью существующие системы, а работает как ускоритель или дополняющий модуль. Например, Ford все так же планирует производство, но теперь алгоритм делает это быстрее; Docomo все так же управляет сетью, но квантовый инструмент предлагает лучшую конфигурацию нагрузки. Иногда квантовый компьютер решает задачу примерно на том же уровне, что и классические методы, но перспектива в том, что с усложнением задач квантовый подход **масштабируется лучше**. То есть сегодня квантовый отжиг уже сопоставим с традиционными алгоритмами на небольших проблемах, а завтра на больших проблемах может их обойти. Получается, компании-инноваторы как бы “покупают билет” в будущее: обкатывают квантовые методы сейчас, они будут готовы эксплуатировать их по полной, когда преимущества станут очевидными. К тому же, есть имиджевая составляющая – громкие успехи с квантовым компьютером в пресс-релизе дают репутацию технологического лидера (пример – проекты Volkswagen или Mitsubishi Estate, которые широко освещались). Таким образом, **коммерческая ценность D-Wave пока точечная**, но ощутимая: сокращение времени расчетов, снижение издержек на планирование, оптимизация ресурсов, и все это – с прицелом на дальнейший рост квантового преимущества.

Рекордная выручка и спады: финансовые итоги 2025 года

Для компании, столько лет работавшей без прибыли, **2025 год начался на мажорной ноте**. D-Wave объявила о рекордных финансовых результатах в первом квартале 2025 года. Выручка за Q1 составила **\\$15 млн**, что более чем в 5 раз превышало уровень годом ранее ³⁹ ⁴⁰. Это стало лучшим кварталом за всю историю D-Wave. Валовая прибыль тоже достигла рекорда (\\$13,9 млн),

а убытки сократились более чем на две трети. Такие показатели удивили даже оптимистов – казалось, платформа D-Wave наконец начала зарабатывать по-настоящему.

Компания объяснила, **за счет чего удалось сделать рывок**. Главным фактором стала **первая продажа квантового компьютера Advantage™ в частные руки** – крупному исследовательскому институту ³⁹ ⁴⁰. Как мы уже знаем, этим институтом, вероятно, был немецкий центр Jülich, оформивший покупку системы D-Wave для своего суперкомпьютерного комплекса. Ранее D-Wave в основном предоставляла доступ к своим машинам по подписке или заключала договоры об установке с передачей в аренду (например, как с USC или Davidson Tech). Прямая продажа “железа” за десятки миллионов долларов сразу отразилась на выручке квартала. Кроме того, несколько существующих клиентов расширили использование квантовых сервисов. D-Wave упомянула **рост доходов от облачных услуг и профессиональных услуг** – видимо, больше компаний вышло из стадии пилотов к оплачиваемым подпискам или проектам по разработке квантовых приложений.

Еще один компонент выручки – **контракты в новых отраслях**, заключенные в конце 2024 и начале 2025. D-Wave упоминала, что в первом квартале 2025 у нее появились оплачиваемые проекты в **производственном секторе, фармацевтике и обороне** ⁴¹. Мы видим отражение этого в примерах (Ford Otosan перешел к коммерческой эксплуатации – возможно, включив платежи D-Wave; Japan Tobacco профинансировала PoC; Davidson Tech начала платить за поддержку Advantage2 в интересах Минобороны). Все это сложилось в ощутимый прирост дохода.

Помимо финансов, D-Wave похвасталась и **технологическим достижением**, которое случилось в том же квартале. В марте 2025 года международная группа ученых во главе с D-Wave опубликовала в журнале *Science* статью, где **впервые продемонстрировано квантовое превосходство на полезной задаче** ⁴² ⁴³. Этот прорывной результат стал мощным аргументом в пользу выбранного компанией подхода и, конечно, сыграл роль и в маркетинге. Статья под названием *“Beyond-Classical Computation in Quantum Simulation”* описывала, как квантовый отжигатель D-Wave сумел провести **симуляцию сложной квантовой системы в миллионы раз быстрее** классического суперкомпьютера ⁴³ ⁴⁴. Речь шла о моделировании динамики магнитного материала (спинового стекла) – задачи из области квантовой физики материалов. Исследователи промоделировали эволюцию системы спинов на решетке, используя прототипный отжигатель Advantage2 (с несколькими сотнями кубитов) и одновременно пытались сделать то же на мощнейшем суперкомпьютере **Frontier** (США) – одном из лидеров мирового рейтинга HPC. Оказалось, что наиболее сложную конфигурацию квантовый компьютер D-Wave **просчитал за несколько минут**, тогда как классическому суперкомпьютеру потребовались бы **миллионы лет** вычислений для достижения сопоставимого результата ⁴⁵ ⁴⁶. Более того, вычисление на традиционном компьютере потребляло бы энергии больше, чем вырабатывается во всем мире за год, из-за необходимости перебора громадного числа состояний ⁴⁷ ⁴⁸. Такой разгромный перевес стал историческим – ранее все заявления о превосходстве квантовых вычислений касались искусственных задач (например, случайного схемного сэмплирования Google в 2019-м) и вызывали споры. Здесь же D-Wave показала решение *практически значимой* задачи (пусть и научной, но имеющей отношение к материалам для технологий) на уровне, где классический расчет бессилён.

Эта новость получила широкий резонанс. Руководитель D-Wave, д-р **Алан Барац**, заявил: «*Наше достижение без сомнения показывает, что квантовые отжигатели D-Wave способны решать полезные задачи за пределами возможностей самых мощных суперкомпьютеров мира*» ⁴⁹. Для компании это был не только научный триумф, но и очень удачный PR-повод – редкий случай, когда относительно небольшая фирма обошла гигантов вроде IBM (чей суперкомпьютер

использовался для сравнения). В сочетании с финансовыми успехами первого квартала, публикация в *Science* создала ощущение, что **D-Wave вышла на новый уровень**: и деньги пошли, и технология доказала свою силу. Неудивительно, что весной 2025 акции компании подросли – вера инвесторов укрепилась.

Тем не менее, эйфория продлилась не весь год. **К середине 2025** стало ясно, что взрывной рост выручки носил разовый характер. Продажи целых систем случаются не каждый квартал – во втором и третьем кварталах таких крупных сделок не повторилось, и доходы вернулись на более скромные уровни (для примера, в Q3 2025 выручка была около \$3,7 млн ⁵⁰). Более того, тревожным сигналом стало **снижение новых заказов (bookings)**: в Q1 2025 они просели до \$1,6 млн против \$4,5 млн годом ранее ⁵¹, и хотя в Q3 бронирования опять выросли до \$2,4 млн ⁵², этого мало для устойчивого тренда. Иными словами, pipeline будущих продаж был слаб, а разовая большая сделка лишь временно замаскировала проблему. Руководство объяснило просадку заказов задержками некоторых сделок и сезонностью, но рынок воспринял это настороженно.

Акции D-Wave, взлетевшие на рекордах весной, к осени начали **сдавать позиции**. Особенно показательной была реакция на отчет за третий квартал, о котором мы говорили: несмотря на удвоение выручки год к году и даже заключение нового крупного контракта (D-Wave похвасталась соглашением на €10 млн о будущей поставке Advantage2 в Италию ⁵³), инвесторы отреагировали распродажей. Причина в том, что **сомнения в долгосрочной модели** остались. Компания все еще генерирует большие убытки (пусть и сокращающиеся), а главное – объемы продаж исчисляются несколькими миллионами долларов в квартал, что для публичной high-tech фирмы очень мало. Рынку хотелось бы увидеть экспоненциальный рост как в облачных компаниях или производителях ИИ-чипов, а квантовый бизнес развивается постепенно. Пока D-Wave не сможет убедить, что спрос на ее продукты станет массовым (десятки и сотни компаний платят значительные деньги за квантовые решения), **биржа будет реагировать на нее нервно**. Отсюда и резкие скачки курса: новости о прорывах и крупных сделках вызывают всплеск энтузиазма, а затем следует откат, когда появляется осознание, что до крупномасштабных доходов еще далеко. Тем не менее, финансовое состояние D-Wave сейчас прочнее, чем до выхода на биржу: имеющихся средств хватит, по заявлениям менеджмента, “до достижения безубыточности” ⁵⁴ ⁵⁵, то есть на несколько лет вперед. Это дает шанс спокойно продолжать исследования и развитие продуктов, не опасаясь мгновенного разорения.

Научный пиар: квантовое превосходство и новые «выстрелы»

История с публикацией в *Science* высветила интересный аспект: **научные достижения становятся для квантовых компаний частью маркетинга**. D-Wave, пережив период скепсиса, сумела блестяще воспользоваться своим научным результатом, чтобы заявить о себе на весь мир. Громкий термин «квантовое превосходство» (quantum supremacy) – изначально введенный для обозначения момента, когда квантовый компьютер превзойдет классический – давно витает в инфополе, и каждая команда мечтает ассоциировать его со своими успехами. Google в 2019-м сделала это первой, хотя и на бесполезной задаче; теперь D-Wave перехватила пальму первенства в **полезном квантовом превосходстве**. Можно ожидать, что впереди нас ждет **еще ряд подобных прорывных демонстраций**.

Вероятные направления – **квантовая химия и материаловедение**. Например, конкуренты D-Wave из мира гейт-моделей (IBM, Google или стартапы вроде PsiQuantum) наверняка попытаются показать квантовое преимущество в симуляции молекул или реакций, что имеет большое

прикладное значение для создания лекарств, новых материалов, удобрений и т.п. Если им удастся с помощью квантового компьютера точно рассчитать некую молекулу, недоступную для классического моделирования, это будет мощный прорыв. Другой фронт – **криптография**: демонстрация квантового ускорения в решении задач дискретной математики (например, факторизации чисел или взломе криптографических хешей) сразу произведет эффект разорвавшейся бомбы в ИТ-сфере. Правда, текущие квантовые машины еще слишком малы для взлома реальных шифров, но можно ожидать прогресса в ближайшие годы, хотя бы на упрощенных примерах.

В самом секторе отжига тоже возможны **новые яркие кейсы**. После успешной симуляции спинового стекла D-Wave может взяться за другие задачи материалов: к примеру, моделирование молекулярных магнитов, высокотемпературных сверхпроводников или новых фаз веществ. Если квантовый отжиг снова покажет результат, недостижимый для суперкомпьютеров, это укрепит его позицию как инструмента для науки. Помимо Science, к публикациям подключаются и независимые исследователи: уже сейчас есть работы, где ученые используют D-Wave для комбинаторных расчетов в биологии, транспортных задачах, даже в решении головоломок – все это создает **экосистему успехов**, подтверждающих пользу технологии.

Конечно, **маркетинг на квантовых победах** – палка о двух концах. Упомянутый термин «квантовое превосходство» в научной среде часто критикуется как размытый и слишком ориентированный на шум в прессе. Компаниям важно не скатиться в голословные заявления. D-Wave, по крайней мере, подкрепила свои слова публикацией в топ-журнале, рецензенты которого подтвердили корректность эксперимента. Другие игроки тоже понимают: чтобы впечатлить солидную аудиторию (включая тех же инвесторов), мало кричать о рекорде – нужно авторитетное подтверждение. Поэтому, вероятно, мы увидим рост числа **совместных исследований квантовых фирм с учеными** и появление статей с громкими заголовками. Для отрасли в целом это скорее положительно – здоровая конкуренция будет стимулировать прогресс.

D-Wave явно не намерена останавливаться. После успеха со спиновым стеклом компания может попытаться расширить масштаб: например, провести симуляцию на уже полноценном **Advantage2** с тысячами кубитов, что еще сильнее оторвет планку сложности от классических расчетов. А может, она выберет совершенно другую задачу – например, **оптимизация в реальном времени**, показав, как квантовый отжиг в связке с сенсорами и классическим ПО управляет каким-то процессом лучше человека. Представьте, если бы D-Wave удалось, скажем, на оптимальном уровне управлять “умным” складом или городской инфраструктурой – такой практический прорыв тоже стал бы сенсацией.

Вопрос в том, **не превратится ли это в гонку пиара** в ущерб реальному прогрессу. Пока что отрасль старается держать баланс: заявления сопровождаются реальными улучшениями в железе и алгоритмах. D-Wave для себя выбрала верную тактику – она делает акцент, что ее достижения *практичны*. В комментариях к статье в Science компания подчеркнула, что, в отличие от прежних “квантовых превосходств” для абстрактных задач, здесь решена **реальная проблема**, имеющая ценность для материаловедения ⁵⁶. То есть это не просто шоу, а исследование, которое могут тут же взять на вооружение физики. Такой подход заслуживает уважения и, вероятно, будет подхвачен конкурентами – звучит куда солиднее, чем “мы сделали то, что никому не нужно, но быстрее всех”.

Команда и кадровый голод: борьба за квантовые мозги

Развитие квантовых компьютеров – интеллектуально емкий бизнес, и **D-Wave с первых дней уделяла огромное внимание формированию сильной команды инженеров и ученых**. Мы уже упоминали ключевых персоналий: Роуз как визионер и “двигатель” стартапа, Загоцкин как научный гуру-теоретик, Ладизински как опытный практик по кубитам. Со временем компания привлекла многих других специалистов мирового уровня. В советниках D-Wave числились профессор квантовой физики, нобелевские лауреаты консультировали по отдельным вопросам.

Однако удержать таланты непросто. Квантовый бум 2015–2023 годов породил сотни стартапов и корпоративных команд, и **конкуренция за кадры** обострилась. В какой-то момент D-Wave даже пережила “утечку мозгов” – например, сооснователь Джорди Роуз покинул компанию и занялся другими проектами (ИИ-стартап Sanctuary). Тем не менее, костяк инженеров остался, и пришли новые лидеры. В 2020 году CEO D-Wave стал **Алан Барац** – менеджер с опытом в крупных ИТ-компаниях (Oracle, IBM) и пониманием, как доводить разработки до продукта. Он привел с собой часть команды из Кремниевой долины, чтобы усилить коммерческую жилку фирмы. Штаб-квартира D-Wave сегодня разделена между канадским офисом (научно-инженерный центр под Ванкувером) и американским (Пало-Альто, для работы с клиентами и правительством) ⁵⁷. Это помогает привлекать таланты и на Западном побережье США, где они изобилуют (но где и конкуренты не дремлют).

Поглощения стартапов – еще один способ восполнить компетенции. Тут D-Wave действовала осторожно. Она не совершала громких приобретений, в отличие от некоторых коллег (Rigetti, к примеру, покупала небольшие компании по ПО). D-Wave в основном растила технологию “внутри дома”. Отчасти потому, что область квантового отжига уникальна – не было других компаний, кого можно купить с выгодой; отчасти из-за финансовых ограничений (до SPAC у D-Wave не было лишних сотен миллионов на слияния). Однако компания активно сотрудничает с партнерами, заключая исследовательские соглашения. Например, проект с генеративным ИИ в фарме был сделан вместе с **Universitat Politècnica de Valencia** – по сути, D-Wave привлекает внешних ученых к разработке приложений. В академической сфере она поддерживает программы для студентов и стажировки, чтобы привлекать молодых специалистов. Многие выпускники вузов, поработавшие на квантовых тестовых проектах, затем приходят работать в D-Wave или партнёрские фирмы – так постепенно формируется **сообщество квантовых разработчиков** вокруг технологий D-Wave.

Конечно, **конкуренты не спят**. Большие технологические корпорации могут предложить гораздо более высокие зарплаты топовым физикам и инженерам. Некоторых специалистов D-Wave переманивали – так, в 2015 году нашумел переход одного из ведущих сотрудников в команду квантового ИИ Google. Но у D-Wave есть козыри: она дает шанс довести разработки до реального продукта, тогда как в академии или мегакорпорации исследования могут годами пылиться без практического выхлопа. Для многих ученых привлекательно видеть, как их квантовая схема реально решает задачу клиента, пусть даже небольшую. К тому же D-Wave предлагает **публиковаться**, участвовать в конференциях – это важно для исследовательской карьеры, чего не всегда позволяют закрытые корпоративные проекты.

Интересно, что **география квантовых кадров** в D-Wave остается интернациональной. Помимо канадцев и американцев, значительную роль продолжают играть выходцы из России, Украины, стран Европы и Азии. Квантовая физика – глобальная наука, и D-Wave как один из пионеров стала точкой притяжения для лучших умов вне зависимости от гражданства. Сейчас, правда, политические реалии усложняют свободное перемещение специалистов, но на заре компании

украинско-российский трек был замечен (уже упомянутые Загоцкий, Бунук, а также ученые Евгений Ильичёв, Анатолий Смирнов и др. сотрудничали с D-Wave).

В будущем D-Wave, вероятно, продолжит **расширять команду** в связи с запуском направления вентильного квантового компьютера. Это потребует новых экспертов – специалистов по квантовой микроскопии, теории квантовых ошибок, разработчиков компиляторов квантовых алгоритмов. Компания уже открывала вакансии в этих областях. Однако конкуренция здесь особо сильна: IonQ, IBM, PsiQuantum – все ищут таких же людей. Возможно, D-Wave поможет своя репутация и накопленный опыт в одной сфере, чтобы привлечь энтузиастов сделать нечто подобное в другой.

Перспективы: квантовые вычисления для бизнеса и каждого из нас

Каковы же **дальнейшие перспективы D-Wave** и ее продуктов? В краткосрочной и среднесрочной перспективе компания, похоже, закрепится как поставщик оптимизационных решений для предприятий. То есть основной профиль – помогать бизнесу решать сложные задачи оптимизации лучше и быстрее, чем они могли до этого, используя комбинацию квантовых и классических инструментов. Каждым успешным кейсом D-Wave будет расширять круг потенциальных клиентов: история с Ford может подтолкнуть другие автоконцерны попробовать квантовый отжиг, успехи в телекоммуникациях – заинтересовать других операторов, и так далее. **Эффект снежного кома** может проявиться, когда несколько компаний в отрасли начнут пользоваться квантовым сервисом – остальные из опасения отстать тоже подключатся. В таком сценарии уже к концу десятилетия оптимизационные квантовые вычисления могут стать **де-факто стандартным инструментом** в ряде нишевых областей (логистика, производственный scheduling, perhaps финансовая оптимизация). Облачная модель распространения этому сильно помогает: порог входа невысокий (нужна только подписка и специалисты, которые умеют ставить задачу для квантового компьютера). Кстати, появляется и целый слой посредников – консалтинговых компаний, готовых адаптировать бизнес-задачи под квантовые решатели. D-Wave сотрудничает с такими партнерами, предлагая программу *D-Wave Launch* для быстрого старта квантовых проектов с менторством специалистов ⁵⁸. Все это направлено на то, чтобы **квантовые вычисления стали рутиной** для предприятий, а не экзотикой.

Однако, **когда речь заходит об обычных пользователях**, перспективы туманнее. Вряд ли в ближайшие 5–10 лет частное лицо будет напрямую пользоваться продуктами D-Wave – разве что из любопытства. Слишком специфичны задачи, под которые заточен квантовый отжиг. Среднестатистическому человеку не нужно оптимизировать сложные графы – эти проблемы возникают у компаний или в науке. Можно вообразить разве что косвенное использование: например, в будущем навигатор в вашем смартфоне может рассчитывать оптимальный маршрут с помощью квантового бэкэнда на облаке, или приложение для персональных финансов будет подбирать инвестиционный портфель, консультируясь с квантовым сервисом. Но пользователь даже не узнает об этом – интерфейс останется привычным, просто внутри где-то будет работать квантовый алгоритм.

Для **малого и среднего бизнеса** барьеры тоже есть: чтобы получить выгоду, нужна задача достаточного масштаба и сложностей, ради которой стоит привлекать квант. Не каждое предприятие сталкивается с проблемами уровня комбинаторного взрыва. Однако по мере роста доступности платформ (и снижения стоимости) квантовые решения могут просачиваться и вниз по масштабу. Например, сети среднего размера – логистические фирмы, региональные

госпитали (расписание операций и персонала), даже крупные муниципалитеты (оптимизация коммунальных ресурсов) – все они теоретически могут воспользоваться квантовым облаком. На практике, им сперва нужны будут готовые **прикладные приложения**, не требующие штата квантовых программистов. D-Wave и партнеры, вероятно, будут разрабатывать такие вертикальные приложения – своего рода “полуфабрикаты” для типовых задач. Как когда-то компании покупали готовое ERP-решение для управленческих нужд, так в будущем могут покупать модуль “Quantum Optimizer” для, скажем, управления цепочкой поставок, работающий поверх их данных. D-Wave уже движется к этому, формируя библиотеку примеров и шаблонов решений на своем софте Ocean, выпуская гайд по квантовой оптимизации ⁵⁹ ⁶⁰ .

Что касается дальнейшего будущего, многое будет зависеть от прогресса в самой квантовой индустрии. Если в 2030-х годах универсальные квантовые компьютеры перейдут порог в **миллионы кубитов** (с коррекцией ошибок) и начнут решать практически все важные задачи быстрее классических машин, роль квантового отжига может снизиться. D-Wave тогда либо трансформируется в провайдера широкого спектра квантовых услуг (что она пытается делать, разрабатывая гейт-систему), либо найдет узкую нишу, где ее технология все еще эффективнее/дешевле. Стоит помнить, что аналоговые квантовые машины могут обладать преимуществом **энергетической эффективности** и скорости на узкоспециализированных задачах – даже когда универсальный квантовый компьютер научится все, может оказаться экономически выгоднее запускать оптимизацию на отжигателе (аналогия: у нас есть универсальный компьютер – CPU, но мы все равно используем специализированные GPU или даже ASIC для отдельных задач, потому что это дешевле и быстрее на конкретном типе расчетов).

Будут ли квантовые компьютеры D-Wave персональными? Вероятнее нет, и в этом нет необходимости. Модель облака и удаленного доступа прекрасно подходит для такого рода ресурсов, как квантовый процессор, которым можно поделиться между тысячами пользователей поминутно. Может статься, что через пару десятилетий квантовый чип станет таким же обыденным “бекендом” в облаке, как сейчас, к примеру, графические ускорители или нейросетевые TPU. Вы даже не знаете, на каком железе работает ваш поисковый запрос или голосовой помощник, – возможно, часть нагрузки уже идут на квантовых модулях. D-Wave стремится как раз встроиться в эту парадигму: она развивает **API и инструменты**, чтобы интегрировать квантовые решения в существующие ИТ-инфраструктуры. Уже сейчас её **Leap API** позволяет разработчикам вызывать квантовый отжиг в своих программах практически так же, как вызов облачной функции. По мере стандартизации подобных интерфейсов грань между квантовыми и классическими вычислениями для конечного пользователя сотрется.

Подводя итог, **D-Wave – уникальный пример компании, прокладывающей коммерческий путь квантовым технологиям**. Пройдя через годы скепсиса, она доказала жизнеспособность квантового отжига на реальных задачах, создала экосистему клиентов и разработчиков, вышла на биржу ради масштабирования амбиций. Её дальнейший успех не гарантирован – впереди жесткая конкуренция, научные барьеры и необходимость превращать прорывы в стабильный доход. Но даже если завтра D-Wave растает на волнах рынка, ее вклад останется: она **показала, что квантовые компьютеры – это не только лабораторные игрушки, но и инструменты, которыми могут пользоваться предприятия**. А значит, дорога к широкому применению квантовых вычислений уже открыта, и D-Wave уверенно шагает по ней, пусть местами и спотыкаясь. Индустрия внимательно следит за каждым шагом – ведь на примере D-Wave во многом будет написан учебник по тому, как (и как не) следует коммерциализировать радикально новую технологию.

Источники:

1. D-Wave Expands Global 2000 Customer Base – *пресс-релиз D-Wave от 28.07.2022* (список новых корпоративных клиентов, включая Deloitte, Koç Holding, CaixaBank, и упоминание ключевых заказчиков: Volkswagen, DENSO, Lockheed Martin, USC, Los Alamos) ³⁸ ¹ .
2. D-Wave Quantum Computer: Commercial QC Pioneer – *The Quantum Insider, 01.07.2022, James Dargan* (история основания D-Wave в 1999, описание технологии квантового отжига, линейка продуктов от D-Wave One до Advantage2) ⁶¹ ⁶² .
3. An Amazing Journey: Pictures from D-Wave's Early Days – *Geordie Rose, Medium blog, 08.08.2022* (воспоминания сооснователя о старте D-Wave, фото команды на Боуэн-Айленде ~2000 г., основатели: Bob Wiens, Geordie Rose, Alexandre Zagoskin, Haig Farris) ⁶³ ⁶⁴ .
4. Dr. Alexandre Zagoskin – *страница на сайте Loughborough University* (биография сооснователя D-Wave А.М. Загоцкина: образование в Харькове (Украина, СССР), роль в D-Wave как VP Research и Chief Scientist) ⁶⁵ ⁶⁶ .
5. D-Wave's Largest Investor Sells 18.4 Million Shares... – *The Quantum Insider, 20.12.2024, Matt Swayne* (детали волатильности акций D-Wave: выход на биржу через SPAC в авг.2022, падение с \$10 до \$1.44 к концу 2022, новое снижение в 2023, рост в ноябре 2024 с \$1 до \$4.65 на новостях о квантовом чипе Google, продажа акций фондом PSP и комментарии о рисках) ³ ⁷ .
6. D-Wave Posts Record Revenue, Touts Quantum Advances in Q1 2025 – *The Quantum Insider, 09.05.2025, Matt Swayne* (финансовые результаты Q1 2025: рекордная выручка \$15 млн, объяснение – продажа системы Advantage крупному институту, расширение коммерческих внедрений в производстве, фарме, обороне; упоминание публикации в Science о квантовом превосходстве на реальной задаче; примеры: Ford Otosan сократил планирование 1000 авто с 30 мин до <5, проект с Japan Tobacco по генерации молекул, поставка системы в центр Юлих для интеграции с экзафлопсным суперкомпьютером) ³⁹ ⁵⁶ .
7. D-Wave Stakes Claim on Quantum Supremacy For Real-World Problem – *The Quantum Insider, 12.03.2025, Matt Swayne* (анонс публикации в Science: статья “Beyond-Classical Computation in Quantum Simulation”, квантовый отжиг D-Wave превзошел суперкомпьютер Frontier в симуляции спиновых систем; квантовый расчет за минуты против ~10⁶ лет классического; цитаты Барца о достижении квантового превосходства на полезной задаче) ⁴³ ⁴⁴ .
8. Customer Success Stories – *D-Wave official site, 2025* (подборка кейсов клиентов: Pattison Food Group – квантовый авто-составитель расписаний доставок с экономией 80% времени; NTT Docomo – оптимизация нагрузки базовых станций, снижение сигнализации на 15%; Groovenauts/Mitsubishi – оптимизация маршрутов мусоровозов, снижение пробега на 57%; DENSO – улучшение эффективности заводских AGV на 15%) ³⁵ ³⁰ .
9. D-Wave Reports Third Quarter 2025 Results – *отчет D-Wave, 06.11.2025 / MarketBeat article “An Earnings Win With a Stock Slump”* (результаты Q3 2025: выручка \$3.7 млн, рост >100% г/г, новые заказы \$2.4 млн; заключен контракт на €10 млн (Advantage2 для Италии); сообщение о \$836 млн на счетах; реакция рынка – падение акций ~22% за неделю после отчета, пояснение что инвесторов беспокоит отсутствие пути к скорой прибыльности несмотря на успехи) ⁶⁷ ¹¹ .
10. D-Wave Systems – *Википедия (русский язык)* (общая справка: D-Wave – не универсальный квантовый компьютер, а машина квантового отжига для узкого класса задач; история: демонстрации 16, 28 кубитов в 2007, D-Wave One 128 кубитов в 2011, продажи Lockheed Martin; доказательство квантовой когерентности в 2014; принцип работы – квантовая релаксация (отжиг) с охлаждением до 20 мК; стоимость системы 2000Q – \$15 млн; критика: упоминание скептицизма профессора Скотта Ааронсона в 2012, результатов тестов Катерины МакГью в 2013 (D-Wave One vs Intel CPU на QUBO задачах)) ¹⁸ ²⁰ .

- 1 24 38 57 58 **D-Wave Expands Global 2000 Customer Base**
<https://www.dwavequantum.com/company/newsroom/press-release/d-wave-expands-global-2000-customer-base/>
- 2 18 19 20 21 **D-Wave Systems — Википедия**
https://ru.wikipedia.org/wiki/D-Wave_Systems
- 3 5 6 7 8 9 10 **D-Wave's Largest Investor Sells 18.4 Million Shares During Quantum Stock Rally**
<https://thequantuminsider.com/2024/12/20/d-waves-largest-investor-sells-18-4-million-shares-during-quantum-stock-rally/>
- 4 **D-Wave Systems and DPCM Capital Announce Unique 'Bonus Pool ...**
<https://www.bctechology.com/news/2022/7/29/D-Wave-Systems-and-DPCM-Capital-Announce-Unique-Bonus-Pool-Structure-for-Their-Upcoming-Business-Combination.cfm>
- 11 12 13 14 15 33 50 52 53 67 **QBTS Stock Falls Despite Strong Q3 Earnings and Tech Progress**
<https://www.marketbeat.com/originals/an-earnings-win-with-a-stock-slump-whats-happening-with-d-wave/>
- 16 17 22 23 61 62 **D-Wave Quantum Computer: Commercial QC Pioneer [2024]**
<https://thequantuminsider.com/2022/07/01/d-wave-quantum-computer/>
- 25 26 32 39 40 41 42 54 55 56 **D-Wave Posts Record Revenue, Touts Quantum Advances in Q1 2025 Report**
<https://thequantuminsider.com/2025/05/09/d-wave-posts-record-revenue-touts-quantum-advances-in-q1-2025-report/>
- 27 28 29 30 31 35 36 59 60 **Customer Success Stories | D-Wave**
<https://www.dwavequantum.com/learn/customer-success-stories/>
- 34 **D-Wave makes its quantum annealers available for national security ...**
<https://www.nextgov.com/emerging-tech/2025/11/d-wave-makes-its-quantum-annealers-available-national-security-work/409225/>
- 37 **Квантовый отжиг испытали на модели трафика в Алматы - N + 1**
<https://nplus1.ru/news/2025/08/14/adiabaticeskii-processor-d-wave-uskoril-planirovanie-trafika-v-gorodskoi-seti>
- 43 44 45 46 47 48 49 **D-Wave Stakes Claim on Quantum Supremacy For Real-World Problem**
<https://thequantuminsider.com/2025/03/12/d-wave-stakes-claim-on-quantum-supremacy-for-real-world-problem/>
- 51 **D-Wave (QBTS) Eyes 170% EPS Jump to -\$0.05 Amid 1806% Rally**
<https://tickeron.com/blogs/d-wave-qbts-eyes-170-eps-jump-to-0-05-amid-1806-rally-11410/>
- 63 64 **An Amazing Journey: Pictures from D-Wave's Early Days | by Geordie Rose | Medium**
<https://geordierose.medium.com/an-amazing-journey-pictures-from-d-waves-early-days-e353c8a627e8>
- 65 66 **Alexandre Zagoskin | Physics | Loughborough University**
<https://www.lboro.ac.uk/departments/physics/staff/alexandre-zagoskin/>