

Китайский путь к «квантовому превосходству»

Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ анализирует планы и направления реализации госполитики Китая по развитию квантовых технологий.

Китай стал одним из мировых лидеров в области *квантовых коммуникаций* благодаря ряду успешных проектов. Среди них самый известный – запущенный в 2016 г. спутник квантовой связи «Мо-цзы» (Mozi), поддерживающий квантовое распределение ключей (обмен ключами между абонентами с использованием законов квантовой физики). Китай первым в мире реализовал подобный способ передачи фотонов по беспроводному каналу связи, позволяющий обходить существующие ограничения квантовых оптоволоконных сетей, в частности затухание оптического сигнала. В 2017 г. в КНР создали самую протяженную (более 2 тыс. км) наземную квантовую сеть, которая позже превратилась в крупнейшую в мире интегрированную наземно-космическую квантовую сеть связи общей протяженностью более 4.6 тыс. км.

В области *квантовых вычислений* и *процессоров* для их реализации КНР в целом все еще отстает от США (по ряду [оценок](#), на 3-4 года). При этом на данный момент Китай достиг значительных успехов в сверхпроводниковых и фотонных квантовых вычислениях, став единственной страной, достигшей «квантового превосходства»¹ с помощью двух различных технологических платформ, на которых базируются разработки по созданию квантовых компьютеров². В стране реализован фотонный процессор с 255 кубитами³ «Цзючжан 3.0» (Jiuzhang 3.0), в 2023 г. [побивший](#) мировой рекорд по скорости решения задачи выборки гауссовых бозонов, и сверхпроводящий процессор с 176 кубитами «Цзу чунчжи 2.1» (Zuchongzhi 2.1), к которому через «облако» открыт [доступ](#) для всех.

Принципы госполитики

Исследования и разработки в области квантовых технологий в КНР ведутся уже около сорока лет⁴. Приоритетными векторами политики являются финансирование научных фондов, коллабораций, грантовых и стипендиальных программ, поддержка проектов, реализуемых государственными академическими институтами и ведущими университетами (Научно-технический университет Китая, Университет Цинхуа, Пекинский университет и др.). Чтобы бизнес мог далее подхватывать научные разработки, при поддержке государства «выращиваются» собственные компании-лидеры по всей цепочке создания стоимости – от производства материалов для микрочипов до конечных квантовых устройств. Сегодня в стране действуют 12 специализированных научно-исследовательских институтов и 33 компании в области квантовых технологий.

В стратегических документах КНР тематика квантовых технологий как отдельное приоритетное направление впервые выделена в 2006 г.⁵ (табл. 1). Собственно стратегия развития квантовой науки представлена в принятой в 2016 г. Национальной программе ключевых исследований и разработок. Развитие квантовой науки в Китае стали усиленно поддерживать с 2014 г., после масштабной [реорганизации](#) системы планирования и финансирования НИОКР, нацеленной на развитие инноваций, создание совместных межинституциональных центров, увеличение инвестирования в НИОКР, оптимизацию системы управления грантами.

По линии Программы инноваций в области науки и техники в КНР с 2016 г. реализуют ряд мегапроектов в области квантовых коммуникаций и вычислений. В их числе – развертывание сети [квантовых коммуникаций](#) с использованием компактных наземных станций, которая в перспективе дополнит и расширит возможности экспериментального спутника «Мо-цзы», работающего пока только ночью. В рамках данного проекта [планируется](#) вывести несколько небольших спутников (массой менее 100 кг) на солнечно-синхронные орбиты высотой до 800 км, затем создать широкозонную квантовую сеть связи, сочетающую высоко- и низкоорбитальные спутники.

¹ Под этим термином понимают способность квантового компьютера решить задачу эффективнее, чем самый мощный классический компьютер.

² Основными технологическими платформами для разработки квантовых процессоров являются: 1) сверхпроводники, 2) ионы в ловушках, 3) нейтральные атомы и 4) фотоны.

³ Кубит (или квантовый бит) – основная единица информации в квантовых вычислениях.

⁴ Первые фундаментальные научные исследования в области квантового управления и информации были поддержаны в 1986 г. за счет «Программы 863», а также за счет «Программы 973» в 1997 г.

⁵ В рамках Национального средне- и долгосрочного плана научно-технического развития на период до 2020 г.

Таблица 1. Основные инициативы Китая в области развития квантовых технологий

Программа / инициатива	Период реализации	Ключевые аспекты
Национальный средне- и долгосрочный план научно-технического развития	2006–2020 гг.	Квантовые технологии впервые упомянуты как отдельная тематика исследований и разработок (в контексте развития полупроводниковой электроники и систем квантовых коммуникаций и вычислений).
Промышленная стратегия «Сделано в Китае – 2025»	2015–2025 гг.	Квантовые вычисления вошли в 10 ключевых направлений развития производственного сектора.
Национальная программа ключевых исследований и разработок	2016 г.	Определена стратегия развития квантовой науки, ориентированная на продвижение собственных инноваций.
13-й пятилетний план	2016–2020 гг.	Инвестиции в размере 10 млрд долл. на создание крупнейшего в стране квантового центра в г. Хэфэй. В настоящее время он включает более 20 квантовых предприятий, также на его долю приходится более 12% всех китайских «квантовых» патентов.
Программа инноваций в области науки и техники	2016–2030 гг.	Квантовые коммуникации и вычисления включены в список технологических мегапроектов, реализуемых до 2030 г.
План развития искусственного интеллекта нового поколения	2017–2030 гг.	Квантовые вычисления получают поддержку как смежные технологии, способные многократно расширить возможности ИИ за счет повышения производительности алгоритмов машинного обучения.
План реализации мер по ускорению модернизации образования	2018–2022 гг.	Определены 10 ключевых задач по продвижению модернизации образования, включая требования к расширению использования информационных, в т.ч. квантовых, технологий.
План модернизации образования Китая до 2035 г.	2019–2035 гг.	Повышение доли государственных расходов на образование до 4% в ВВП ежегодно. Введение в программы бакалавриата новых специальностей, связанных с квантовыми технологиями. Появление ученых степеней в области квантовой науки.
14-й пятилетний план	2021–2025 гг.	Увеличение расходов на фундаментальные исследования и рост налоговых субсидий на НИОКР для производственных компаний (с 75% до 100%). Стимулирование разработок для реального сектора.
Руководство по ускорению трансформации и модернизации традиционных отраслей обрабатывающей промышленности	с 2023 г.	Усиление мер господдержки, стимулирующих отрасли производства к переходу на передовые технологии, в том числе основанные на квантовых коммуникациях.

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Участие бизнеса

Квантовые вычисления вошли в 10 ключевых направлений развития производственного сектора в соответствии с новой промышленной стратегией «Сделано в Китае – 2025», нацеленной на достижение независимости от иностранных технологий (доля комплектующих местного производства должна достигнуть 70% к 2025 г.). Необходимое условие для создания суверенной квантовой отрасли – развитие технологий производства материалов и оборудования.

Большинство разработок КНР быстро трансформируются в продукты. [Первый](#) китайский квантовый компьютер для коммерческого применения с 24 сверхпроводящими кубитами в 2022 г. создала компания Origin Quantum; в 2024 г. она представила квантовый компьютер [третьего поколения](#) с 72 сверхпроводящими кубитами, открыв к нему удаленный доступ исследователям со всего мира. В начале этого года в Китае разработали [квантовый протокол](#) электронной коммерции, который позволяет осуществлять онлайн-торговлю между несколькими пользователями.

Власти активно стимулируют разработки для реального сектора посредством налогового вычета для производственных предприятий на расходы на НИОКР (действует с 2021 г.) и планируют его увеличить с 75% до 100%. В текущей пятилетке (2021–2025 гг.) поставлены цели создания инфраструктуры квантовой передачи информации на отраслевом уровне и интеграции квантовых вычислений в промышленные экосистемы. Уже ведущуюся в ряде отраслей реализацию подобных проектов форсируют новые вызовы. Так, в 2022 г. после масштабной [утечки](#) данных Китайская академия железнодорожных наук разработала план внедрения квантовой связи в инфраструктуру высокоскоростной железнодорожной сети КНР. С 2023 г. Банк Китая и другие банки [пилотируют](#) применение алгоритмов квантового ИИ для целей обнаружения мошенничества с кредитными картами и оптимизации инвестиционных портфелей.

В соответствии с Руководством по ускорению трансформации и модернизации традиционных отраслей обрабатывающей промышленности, которое в конце прошлого года опубликовало Министерство промышленности и информатизации КНР, должна быть усилена господдержка высокотехнологичных производств, использующих в своей деятельности передовые технологии, в том числе квантовые коммуникации. Ряд китайских провинций к 2025 г. [планируют](#) запустить пилотные зоны и инкубаторы для развития новых индустрий, включая квантовые технологии, 6G и др.

Развитие кадровых ресурсов

В стратегических документах последней пятилетки квантовые технологии объявлены одной из основ китайского технологического суверенитета и важным направлением подготовки кадров. В рамках ведущихся в КНР с 2018 г. реформ образования [запущены](#) две инициативы (со сроками реализации до 2022 и 2035 гг.), нацеленные на модернизацию программ подготовки специалистов в сфере высоких технологий в целом и в области квантовых вычислений в частности. В 2021 г. среди программ бакалавриата в колледжах и университетах появилась новая специальность «квантовая информатика», а Университету науки и технологий Китая (USTC) первому в стране было разрешено присуждать ученые степени в области квантовой науки.

Ведущие китайские компании (Origin Quantum, CIQTEK, Alibaba) вовлекают молодежь в изучение квантовых наук, открывая собственные образовательные и исследовательские центры. В 2022 г. компания CIQTEK совместно с USTC открыли в одной из школ экспериментальную квантовую лабораторию. Тем не менее развитие фундаментальных исследований в этой области, в силу крайней дороговизны, остается прерогативой государства; пока даже крупным корпорациям не под силу долгосрочные инвестиции в квантовые разработки. Известен случай, когда компания Alibaba передала Чжэцзянскому университету свою лабораторию квантовых вычислений со всем ее экспериментальным оборудованием.

Санкции как катализатор

На фоне успехов Китая США начали утрачивать доминирующее положение в «квантовой гонке». И с целью сдерживания Поднебесной ввели ряд санкций: [законом о реформе экспортного контроля \(2018\)](#) распространили экспортные лицензии на продукцию квантовых технологий (критически важные холодильные установки и криогенику, программное обеспечение для квантовых компьютеров); также ограничили [исполнительным указом \(2023\)](#) прямые инвестиции в высокотехнологичные китайские компании, доходы которых минимум наполовину связаны с квантовыми вычислениями, ИИ или передовыми полупроводниками.

Ограничения на импорт криогенных систем охлаждения (для процессоров на ионах в ловушках) привели к тому, что китайские исследователи переключились на альтернативные квантовые технологии – фотонные процессоры, не нуждающиеся в интенсивном охлаждении. В 2022 г. ученые из КНР разработали новую технологию сверхнизкого охлаждения с использованием газообразного гелия, которая потенциально может заменить дорогостоящие криогенные установки. Способность обходить ограничения, призванные замедлить развитие передовых технологий, в последние годы стала, по сути, одним из главных факторов роста КНР. Сейчас правительство направляет основные усилия на разработку альтернативных платформ квантовых вычислений. В 2023 г. Китай стал третьей страной в мире (после США и Канады), имеющей полный цикл собственного производства квантового процессора.

Однако усиление конкуренции в сфере передовых технологий между США и Китаем может замедлить переток знаний и темпы мирового научно-технического прогресса в целом. В долгосрочной перспективе векторы научно-технической и инновационной политики этих стран, а также других, в частности России, будут все больше зависеть от геополитических вызовов и необходимости ответа на них.



Источники: Официальные сайты органов власти КНР, нормативные правовые акты, сообщения в деловых СМИ, результаты проекта «Экспертно-аналитическое сопровождение деятельности по развитию высокотехнологичных направлений в 2024 г., включая подготовку ежегодного доклада (“белой книги”) о развитии отдельных высокотехнологичных направлений» тематического плана научно-исследовательских работ, предусмотренных Государственным заданием НИУ ВШЭ.

■ Материал подготовили **А. Г. Малашина, Ю. В. Туровец**

Данный материал НИУ ВШЭ может быть воспроизведен (скопирован) или распространен в полном объеме только при получении предварительного согласия со стороны НИУ ВШЭ (обращаться issek@hse.ru). Допускается использование частей (фрагментов) материала при указании источника и активной ссылки на интернет-сайт ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (issek.hse.ru), а также на авторов материала. Использование материала за пределами допустимых способов и/или указанных условий приведет к нарушению авторских прав.