



МОСКОВСКАЯ
МЕДИЦИНА



НИИ
ОРГАНИЗАЦИИ
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
И МЕДИЦИНСКОГО
МЕНЕДЖМЕНТА

18+



Фото: Гига Чат

КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ ДЛЯ ЛИДЕРОВ МЕДИЦИНЫ И ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

САММАРИ ЭКСПЕРТНОГО ОТЧЕТА ВЭФ И ACCENTURE

МОСКВА
2026

| Термин | Определение |
|-----------------------------------|--|
| Квантовые технологии | Технологии создания вычислительных систем, которые основываются на принципах квантовой механики и позволяют управлять сложными системами на уровне отдельных частиц |
| Квантовый компьютер | Вычислительное устройство, использующее в работе законы квантовой механики |
| Квантовые коммуникации | Технология передачи данных посредством квантовых явлений |
| Квантовые датчики | Сверхчувствительные измерительные приборы, работающие на основе принципов квантовой механики |
| Высокопроизводительные вычисления | Технология, позволяющая использовать суперкомпьютеры, кластеры или группы серверов для решения сложных вычислительных задач и обработки больших массивов данных, превосходящее возможности обычных компьютеров |
| Цепочка ценности | Полная последовательность действий компании, которые добавляют продукту определенную ценность для клиента |
| Постквантовое шифрование | Криптографические алгоритмы защиты данных, способные отражать кибератаки мощных квантовых компьютеров |
| Суперпозиция | Состояние, при котором частица может находиться одновременно в нескольких состояниях, пока не произойдет измерение |
| Запутанность | Состояние двух частиц, при котором их свойства настолько взаимосвязаны, что изменение состояния одной частицы сразу отражается на другой независимо от расстояния между ними |
| Квантовое распределение ключей | Процесс выработки и распределения секретных ключей, реализуемый с помощью квантовых криптографических протоколов и квантовых каналов связи |

| | |
|--|---|
| Квантовый генератор случайных чисел | Устройство, формирующее истинно случайные (недетерминированные) числовые последовательности на основе непредсказуемых квантовых процессов |
| Квантовый решатель | Алгоритм или программное обеспечение для решения сложных вычислительных задач |
| Бенчмарк-модель | Стандартизированный набор данных для объективной оценки и сравнения производительности ИИ-моделей по таким критериям, как точность, скорость, логика рассуждения и генерация кода |
| Криптографическая гибкость | Подход к проектированию ИТ-систем, позволяющий оперативно менять используемые криптографические алгоритмы, протоколы или ключи без перестройки инфраструктуры |
| Атака по типу «собрать сейчас, расшифровать позже» | Киберугроза, при которой зашифрованные чувствительные данные крадут в настоящий момент, чтобы позже расшифровать их с помощью мощных квантовых компьютеров |
| Квантовый отжиг | Метод квантовых вычислений для решения сложных задач оптимизации, основанный на поиске глобального минимума энергии целевой функции |



Многие сложные задачи в биологии и медицине — от моделирования молекулярных взаимодействий до измерения слабых биологических сигналов — основаны на квантовых физических явлениях. Прецизионное воссоздание этих процессов и их точное измерение открывают новые пути к пониманию человеческого организма и, следовательно, улучшению общественного здоровья. В результате растет актуальность квантовых технологий в сфере здравоохранения, поскольку они способны существенно ускорить разработку лекарств, обеспечить раннюю и неинвазивную диагностику, повысить эффективность лечения и защитить конфиденциальные медицинские данные.

В этой связи Всемирный экономический форум и консалтинговая компания Accenture выпустили совместный экспертный доклад «Квантовые технологии: стратегические приоритеты для лидеров медицины и здравоохранения», охватывающий первоначальный прогресс, ключевые вызовы и факторы,

определяющие темпы внедрения квантовых инноваций. В докладе представлены кейсы применения квантовых технологий, а также оценивается готовность к более широкому внедрению квантовых методов. В документе определены ключевые основы в области регулирования, стандартизации и подготовки кадров, которые необходимо заложить для перехода от исследований к практике, улучшения исходов лечения и укрепления систем здравоохранения.

Квантовые инновации больше не рассматриваются как очередной эксперимент, а служат стратегическим инструментом для достижения ключевых бизнес-целей. Как указано в экспертном докладе, объем венчурного финансирования стартапов в области квантовых технологий достиг почти 2 млрд долларов США в 2024 году, что свидетельствует о серьезном намерении инвесторов извлечь выгоду в долгосрочной перспективе. Советы директоров крупных компаний готовы одобрять значительные

инвестиции, что отражает как масштаб возможностей, так и риски бездействия в условиях напряженной конкурентной среды.

Ведущие учреждения по всему миру предпринимают уверенные шаги по интеграции квантовых технологий в системы здравоохранения. Так, Кливлендская клиника совместно с компанией IBM при поддержке Национального института здравоохранения США продвигает биомедицинские исследования с помощью локального квантового компьютера. В ОАЭ Технологический инновационный институт сотрудничает с региональными больницами и международными технологическими компаниями для изучения возможностей зондирования

и моделирования на основе квантовых возможностей. В рамках программы Horizon Europe действует межгосударственный консорциум ЕС, объединяющий университеты, стартапы и фармацевтические компании для разработки решений в области квантовой медицины.

КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



По мере развития квантового оборудования для регистрации сигналов, коммуникации и обработки данных формируются следующие четыре **ключевых направления применения технологий**:

1. Ускорение ресурсоемких научных исследований и разработок, сокращение затрат и времени вывода новых терапевтических средств на рынок;
2. Совершенствование операционных процессов за счет оптимизации деятельности по планированию, логистическому обеспечению и координации медицинской помощи между поставщиками и плательщиками услуг;
3. Защита информационной инфраструктуры, включающей медицинские записи, клинические рабочие процессы и модели искусственного интеллекта (ИИ);
4. Повышение точности диагностики, создание возможностей для раннего

выявления заболеваний и улучшение анализа данных о пациентах.

В качестве приоритетных для развития технологий авторы отчета выделяют **квантовые компьютеры, квантовые коммуникации и квантовые датчики**.

Квантовые вычисления позволяют решать сложные задачи, которые классические компьютеры либо не могут решить, либо решают недостаточно быстро. **Квантовые компьютеры** функционируют на основе принципов квантовой механики, таких как запутанность и суперпозиция. С помощью таких компьютеров можно моделировать свойства и взаимодействия молекул, использовать структуру молекул при разработке лекарств, моделировать сложные биологические системы и оптимизировать бизнес-процессы, которые обычно плохо поддаются анализу.

Квантовые датчики способны обнаруживать и измерять мельчайшие изменения

во времени, гравитации, температуре, давлении, вращении, ускорении, частоте и магнитных и электрических полях на основе квантовых явлений. Выявляя слабые магнитные и биоэлектрические поля *in vivo*, они обеспечивают сверхчувствительную диагностику и визуализацию, что способствует прорывам в картировании головного мозга, кардиологии, скрининге заболеваний и фармацевтическом производстве.

Квантовые коммуникации основаны на генерации и использовании квантовых состояний для реализации протоколов связи. Технология обеспечивает конфиденциальность медицинской информации и клинической инфраструктуры с помощью квантового распределения ключей и квантовых генераторов случайных чисел. Вследствие чего передача данных защищена не только алгоритмами, но и законами физики.

Возможности наук о жизни и здоровье расширяются за счет технологических достижений и благодаря преодолению ограничений, характерных для традиционных методов. Поэтому разработка новых базовых технологий на основе принципов квантовой механики запускает волну инноваций, удовлетворяющих важнейшие стратегические потребности (табл. 2).

Чтобы изучить актуальные достижения, барьеры и потенциал квантовых инноваций, авторы доклада предлагают рассмотреть их развитие через призму различных **ролей экосистемы здравоохранения**: изобретатели, поставщики и регуляторы (табл. 1).

Таблица 1. Роли акторов, развивающих квантовые инновации в здравоохранении

| Кто развивает квантовые инновации в экосистеме здравоохранения? | | |
|--|--|---|
| Изобретатели | Поставщики | Регуляторы |
| <ul style="list-style-type: none"> • Научно-исследовательские институты генетики • Фармацевтические лаборатории и компании • Биотехнологические фирмы • Диагностические центры • Технологические стартапы | <ul style="list-style-type: none"> • Больницы • Поставщики медицинского оборудования • Аптечные сети • Партнерские сети между плательщиками и поставщиками медицинских услуг | <ul style="list-style-type: none"> • Регуляторные органы • Разработчики стандартов • Международные и государственные ведомства в области здравоохранения • Поставщики технологических и инфраструктурных решений (ИТ-сети, гиперскейлеры, высокопроизводительные вычислительные центры) |

Таблица 2. Барьеры, потребности и возможные способы применения квантовых технологий на каждом этапе цепочки ценности в здравоохранении

| Область применения | Текущие барьеры | Стратегическая необходимость | Потенциал квантовых технологий |
|---|---|---|--|
| Исследования и разработки | Несмотря на прорывные достижения в области ИИ, акторы испытывают значимые трудности с тем, чтобы спрогнозировать токсичность новых лекарств, перенести лабораторные результаты в реальную биологическую среду, обобщить знания для определения новых терапевтических мишеней, а также интерпретировать базовые механизмы функционирования организма | Необходимо создать такие инструменты для составления прогнозов и осуществления измерений, которые сократят финансовые и временные затраты и нивелируют критерии неопределенности на ранних этапах исследований, особенно в ходе фармацевтической разработки | Технологии на основе квантовой химии и машинного обучения помогут с высокой точностью моделировать молекулярные и биологические системы. Применение квантовых датчиков позволит сверхточно выявлять и описывать биологические процессы на молекулярном и клеточном уровнях |
| Скрининг и диагностика | Современные диагностические инструменты либо не способны улавливать сигналы, характеризующие ранние стадии прогрессирования болезни, либо требуют инвазивных методов вмешательства | Чтобы своевременно выявлять и, следовательно, лечить заболевания, нужно внедрить высокочувствительное оборудование | Квантовые датчики подходят для быстрого обнаружения магнитных и биоэлектрических сигналов без инвазивного вмешательства |
| Принятие решений и оказание услуг | Продолжает расти риск утечки данных и сохраняется фрагментарность цифровых систем здравоохранения | Следует развернуть безопасную интегрированную инфраструктуру для оказания медицинских услуг с помощью ИИ | Системы связи с квантовым или постквантовым шифрованием обеспечивают защиту электронных медицинских карт, клинических рабочих процессов и автоматизированных циклов разработки ИИ-моделей |
| Оптимизация процессов и выполнение рабочих операций | Традиционная методология по оптимизации бизнес-процессов слишком неповоротлива для оперативного принятия решений в сложных системах | Эффективно управлять медицинской помощью и распределением ресурсов становится возможным в условиях крупномасштабной адаптивной оптимизации операционной деятельности | Квантовые и гибридные решатели способствуют динамическому планированию и логистическому обеспечению поставщиков медицинских услуг |

КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ



Текущие достижения в области высокопроизводительных вычислений и искусственного интеллекта не подходят для глубокого изучения поведения молекул на квантовом уровне, тем самым ограничивая масштабируемость цифрового решения. В свою очередь классические подходы зондирования достигли пределов точности и не позволяют измерять и моделировать живые системы. Поэтому в разработке новых терапевтических средств — начиная с определения мишени и скрининга кандидатов и заканчивая оптимизацией биопроизводства и оценкой качества — приобретают актуальность квантовые технологии.

I. Рыночная готовность (до 2 лет)

Технологии находятся в начальной точке внедрения, когда их производительность оценивается по отраслевым стандартам, а их внедрение обеспечивает быструю

окупаемость инвестиций в краткосрочной перспективе. К этой категории относятся продукты, разрешенные к реализации на рынке или только для использования в научно-исследовательских целях.

Практические шаги для развития:

1) определить области контроля качества в биопроизводстве, где квантовые датчики могут заменить или дополнить существующие системы измерения; 2) установить партнерство с поставщиками квантовых технологий для проведения сравнительных пилотных проектов в реальных условиях; 3) отслеживать показатели эффективности, надежности и стоимости жизненного цикла с целью доказать практическую ценность решения и заложить основы для его масштабирования.

Результаты: повышение точности рабочих процессов и сокращение количества неудачных партий продукта.

II. Готовность прототипа (3–5 лет)

На этой стадии находится большинство текущих разработок, они уже имеют производственные прототипы и прошли научно обоснованную валидацию. Сформированы массивы данных для сопоставления производительности технологии со стандартными показателями. Имея прототип, акторы могут получить конкурентное преимущество на рынке в ближайшей перспективе, оформить интеллектуальную собственность, привлечь высоко востребованных специалистов в области квантовых технологий и наладить собственные рабочие процессы.

Практические шаги для развития:

1) запустить целевые пилотные проекты в сотрудничестве с больницами, фармацевтическими компаниями или контрактными исследовательскими организациями; 2) четко определить ключевые показатели эффективности (разнообразие решений, время получения результатов, коэффициент оттока пользователей и др.); 3) заранее обратиться в регуляторные органы для согласования стандартов валидации.

Результаты: ускорение сроков разработки, снижение оттока пользователей и наполнение портфеля более перспективными лекарственными разработками.

III. Готовность к экспериментальной проверке (6–10 лет)

Пока технологии еще не готовы к корпоративному применению, но уже отвечают требованиям технической осуществимости. Инвестируя в подобные разработки, акторы могут сформировать эталоны, стандарты данных и механизмы интеграции с инфраструктурой и, следовательно, гарантировать себе

преимущество, когда технологии перейдут к промышленному применению.

Практические шаги для развития:

1) запустить отраслевые и академические партнерские исследования по проверке производительности на реальных данных; 2) разработать гибридные рабочие процессы, предусматривающие интеграцию с конвейерами на основе высокопроизводительных вычислений или искусственного интеллекта; 3) развивать навыки персонала по комбинированному применению квантовых и классических методов моделирования.

Результаты: ускорение процессов внедрения технологий и усиление способности по формированию рыночных ожиданий.

IV. Проработка теоретических аспектов (более 10 лет)

Технологии носят лишь теоретический характер и для перехода на следующую стадию требуют внедрения более продвинутых отказоустойчивых систем и масштабируемых алгоритмов. Долгосрочные инвестиции могут фундаментально изменить подход к разработке, тестированию и утверждению терапевтических методов.

Практические шаги для развития:

1) инвестировать в исследовательские консорциумы по изучению новых направлений; 2) определить рамки обмена данными и этические принципы, учитывающие вероятные способы применения; 3) вступить в диалог с регуляторными органами с целью избежать узких мест в производстве, когда произойдет внедрение технологий.

Результаты: пересмотр границ терапевтических возможностей и создание уникального преимущества при полномасштабном квантовом моделировании.

КЕЙС ПРИМЕНЕНИЯ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ № 1

Qnity: более быстрый скрининг молекул с квантовой точностью

Стартап Qnity (США и Бразилия) совместно с международной фармацевтической компанией ведет проект по оценке потенциала биомолекул при создании новых лекарственных средств. Стартап разработал платформу, которая с помощью квантовых алмазных датчиков и фотонных интегральных схем измеряет сродство между биомолекулами и различными мишенями. По итогам пилотных испытаний установлено, что точность платформы сопоставима с широко применяемыми методами, такими как поверхностный плазмонный резонанс. При этом удалось нивелировать проблемы с чувствительностью, которые свойственны традиционным методам.

Технология Qnity обеспечивает более высокое разрешение при сборе данных о молекулярных взаимодействиях, что ускоряет отбор и валидацию мишеней на протяжении всей фармацевтической разработки. Система отличается гибкостью: хотя изначально она предназначалась для анализа белков, ее можно настроить для изучения малых молекул.

Потенциальные способы применения варьируются от более быстрого нахождения биомолекул для новых терапевтических средств до создания более точных и экономически эффективных платформ для диагностики сложных заболеваний, например болезни Альцгеймера. Также ожидается появление нового поколения аналитических инструментов, которые преодолеют ограничения существующих систем измерения.

КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОСТАВЩИКОВ



Многие пилотные проекты уже демонстрируют, что квантовые решения могут улучшить исходы лечения и операционную производительность. Совершенствуется экономическая эффективность и портативность факторов — стандартов, определяющих габаритные размеры, форму, крепежные отверстия и порты технического изделия.

Выявляя биологические сигналы на новом уровне чувствительности, инструменты квантового зондирования переходят от теоретического обоснования к ранним клиническим испытаниям в области диагностики, визуализации и мониторинга пациентов. Квантовые коммуникации укрепляют безопасность критически важной инфраструктуры, формирующей взаимодействия между плательщиками и поставщиками медицинских услуг. Квантовые вычисления способствуют продвинутой оптимизации операционной деятельности медицинской

организации, логистики холодной цепи и планирования лечения.

I. Рыночная готовность (до 2 лет)

Технологии, разрешенные к реализации на рынке или проходящие развертывание в реальных условиях, развивают оказание медицинской помощи в первичном звене. Их производительность оценивается по существующим стандартам, а внедрение обеспечивает быструю окупаемость инвестиций в краткосрочной перспективе.

Практические шаги для развития:

1) валидировать квантовые инструменты визуализации и оценить соотношение диагностического потенциала и экономических издержек в случае расширения существующих методов диагностики; 2) запустить пилотные проекты по использованию квантовых инструментов планирования в операционных блоках с целью оптимизировать расход

ресурсов, снизить частоту отмены хирургических вмешательств и повысить пропускную способность; 3) осуществлять мониторинг исходов лечения, экономии средств и эффективность рабочих процессов с целью доказать практическую ценность технологии.

Результаты: улучшение исходов лечения, сокращение времени ожидания, достижение экономической эффективности и утверждение лидерских позиций в применении квантовых инструментов в клинической практике.

II. Готовность прототипа (3–5 лет)

Больше всего квантовых технологий для поставщиков находится на стадии подготовки прототипа в ходе корпоративных пилотных проектов или клинических валидационных исследований. В ближайшей перспективе акторы могут получить конкурентное преимущество на рынке, закрепить партнерские отношения, привлечь высоко востребованных специалистов в области квантовых технологий и собрать собственные наборы клинических данных.

Практические шаги для развития:

1) запустить пилотные проекты в отделениях неврологии и кардиологии по оценке на реальных пациентах метода магнитоэнцефалографии на основе магнитометров с оптической накачкой и системы магнитокардиографии, проводимой у койки пациента; 2) наладить партнерство с больницами и телекоммуникационными компаниями с целью создать каналы связи, защищенные квантовым распределением ключей, для передачи изображений медицинской визуализации и электронных медицинских записей, а также привести коммуникацию в соответствие с существующими стандартами кибербезопасности; 3) определить четкие ключевые показатели эффективности (точность диагностики, время на триаж,

стабильность обмена ключами, предотвращение утечки данных).

Результаты: повышение скорости проведения и прецизионности диагностики, снижение киберрисков и укрепление доверия пациентов к обработке их данных.

III. Готовность к экспериментальной проверке (6–10 лет)

Технологии переходят от стадии проверки концепции к созданию прототипа. Пилотные проекты показывают, что, в отличие от классических методов, квантовые инструменты легче адаптируются к сложным реальным условиям. В результате растут оперативность и точность планирования лечения и улучшаются результаты хирургических вмешательств и качество медицинской помощи.

Практические шаги для развития:

1) запустить пилотные проекты с использованием реальных данных по планированию медицинских услуг, собранных в медицинской организации, с целью сравнить квантовые методы с лучшими классическими решениями в области оптимизации и искусственного интеллекта; 2) разработать гибридные рабочие процессы, где вычислительные системы, работающие по принципу квантового отжига, или квантовые нейронные сети дополняют машинное обучение в таких областях, как планирование лечения и штатного расписания, поддержка принятия решений при хирургических вмешательствах; 3) повысить квалификацию кадров, занимающихся управлением клинических исследований или анализом данных для выработки бизнес-решений, в области оптимизации и моделирования с помощью квантовых инструментов; 4) сформировать стандарты оценки совместно с другими поставщиками с целью обеспечить воспроизводимость результатов, соответствие нормативным требованиям,

достаточную мощность систем по мере их развития.

Результаты: ускорение внедрения технологий, повышение точности лечения, снижение числа осложнений и сокращение времени ожидания пациентов.

IV. Проработка теоретических аспектов (более 10 лет)

Прорабатывается теоретическое обоснование технологий, которые в потенциале могут трансформировать подходы к прогнозированию загруженности медицинского учреждения, распределению ресурсов и оказанию профилактической помощи.

Практические шаги для развития:

1) запустить совместные исследовательские проекты с больницами и поставщиками квантовых технологий по вопросам использования онкологических моделей, квантовых сетей и биомедицинской визуа-

лизации; 2) определить рамки регуляторной деятельности при внедрении клинических данных, получаемых в реальном времени, в модели, усовершенствованные квантовыми методами, уделяя особое внимание конфиденциальности, этике и нормативно-правовому регулированию; 3) постоянно следить за новшествами в аппаратном обеспечении и датчиках с целью обеспечить ранний доступ к масштабируемым архитектурам; 4) инвестировать в протоколы клинической валидации, направленной на оценку экономической эффективности, безопасности и интеграции пригодных для тестирования прототипов в рабочие процессы.

Результаты: защита обмена данными в сетях медицинского учреждения, обеспечение безопасного оказания медицинской помощи и повышение безопасности и эффективности профилактической диагностики.

КЕЙС ПРИМЕНЕНИЯ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ № 2

Клиника Мэйо: квантовая магнитокардиография для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний

Сердечно-сосудистые заболевания остаются основной причиной смертности во всем мире. Однако применение существующих инструментов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний часто связано с поиском компромисса между скоростью, разрешением и стоимостью исследования. В этой связи Клиника Мэйо в сотрудничестве с компанией SandboxAQ проводит наблюдательное исследование, где участвует 150 пациентов с подозрением на острый коронарный синдром. Цель исследования — проверить, сможет ли новый квантовый аппарат магнитокардиографии (МКГ) CardiAQ® в сочетании с аналитическим ИИ-инструментом улучшить диагностику ишемической болезни сердца. В отличие от традиционных методов, в ходе МКГ измеряют магнитные поля, создаваемые сердцем. Внедрение МКГ в клиническую практику позволит упростить рабочие процессы, получить более информативные результаты диагностики и обеспечить раннее выявление сердечных аномалий. В настоящее время в клинике установлены два МКГ-аппарата; ожидается получение значимых результатов в течение следующего года.

Также кардиологическая команда клиники совместно со специалистами по ИИ-технологиям изучает, как данные МКГ можно интегрировать в существующие системы отчетности и электронных медицинских записей без больших инвестиций в инфраструктуру.

В ближайшие 3–5 лет МКГ-диагностика может стать золотым стандартом в крупных медицинских центрах Мэйо в качестве эффективного метода сортировки пациентов с болями в груди. Одновременно компания SandboxAQ ведет фундаментальные исследования по созданию портативных устройств, которые планируется размещать в аптеках и использовать на дому в целях профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. При этом ожидается существенная оптимизация затрат на услуги здравоохранения в области кардиологической помощи.

КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕГУЛЯТОРОВ



Фото: Гига Чат

Неопределенность в нормативно-правовом регулировании тормозит внедрение передовых технологий, которые могли бы улучшить работу систем здравоохранения. Внедрение квантовых устройств должно сопровождаться строгими стандартами безопасности, этики и убедительными доказательствами эффективности в клинических испытаниях.

I. Заложение основ (до 2 лет)

Чтобы безопасно внедрить квантовые технологии в систему здравоохранения, прежде всего необходимо заложить техническую и институциональную базу посредством:

- внедрения унифицированных протоколов постквантового шифрования в стандарты, регламентирующие применение медицинских информационных технологий и систем закупок;

- запуска пилотных проектов по квантовому распределению ключей между больницами с целью оценить безопасность квантовых коммуникаций в клинических условиях;
- запуска целевых программ финансирования, нивелирующих барьеры для инвестиций в стартапы и исследовательские группы;
- разработки базовых руководств по управлению и соответствию эталонным требованиям на ранних этапах внедрения.

Практические шаги для развития:

- 1) объединить усилия стартапов, практикующих врачей, научных и промышленных партнеров для решения квантовых задач в здравоохранении;
- 2) включить элементы постквантовой криптографии в стандарты кибербезопасности и применения информационных технологий;
- 3) отработать

базовые операционные процедуры больниц с использованием квантового распределения ключей в рамках пилотных проектов; 4) предоставить медицинским организациям доступ к сервисам высокопроизводительных вычислений и квантовых технологий для проведения экспериментальных проектов; 5) включить параметр «готовность к работе с квантовыми технологиями» в критерии отбора в программы финансирования медицинских разработок на ранних стадиях.

Результаты: снижение рисков, связанных с кибербезопасностью и устойчивостью систем, наглядное подтверждение возможности безопасной интеграции квантовых технологий и привлечение стартапов в экосистему.

II. Масштабирование на уровне всей системы здравоохранения (3–6 лет)

После утверждения стандартов следует перейти к масштабированию технологий в системе здравоохранения:

- гармонизировать на национальном уровне стандарты квантового распределения ключей, постквантового шифрования, интеграции высокопроизводительных вычислений в медицинских учреждениях и ведомствах;
- внедрить высокопроизводительные вычисления и квантовые технологии в национальные суперкомпьютеры;
- расширить тестовые площадки в различных клинических областях по модели OPENQKD¹;
- обеспечить непрерывность финансирования через государственные программы, частные инвестиции, поддержку акселераторов, создание консорциумов для прикладных исследований;

- преобразовать программы подготовки кадров путем объединения академического, клинического и промышленного секторов;
- достичь стабильного потока инвестиций из государственных и частных источников.

Практические шаги для развития:

1) внедрить метрики оценки квантового распределения ключей и критерии готовности к работе с квантовыми технологиями в систему закупок и сертификацию медицинских технологий; 2) опубликовать подтвержденные результаты и ключевые показатели эффективности, полученные на масштабируемых испытательных площадках; 3) интегрировать квантовое моделирование и защищенные каналы передачи данных в национальные системы высокопроизводительных вычислений; 4) расширить программы поддержки стартапов и развития кадров; 5) определить характер финансирования на основе достоверных кейсов применения технологий в здравоохранении для дальнейшего перехода к промышленному внедрению.

Результаты: создание условий для масштабирования стартапов за пределами пилотных проектов; обеспечение акторов цифровыми решениями, которые функционально совместимы и готовы к применению; повышение экономической эффективности и операционной производительности.

III. Регламентация (7–10 лет)

В долгосрочной перспективе квантовые технологии должны стать неотъемлемым компонентом национальной экосистемы здравоохранения, являющимся предметом постоянного финансирования, надзора и мероприятий по укреплению устойчивости.

¹ Инициатива Европейского союза, направленная на создание безопасной инфраструктуры для передачи данных на основе квантовых коммуникаций

Практические шаги для развития:

1) создание трансграничных квантово-устойчивых систем обмена данными между клиническими и научными учреждениями; 2) закрепить официальный статус многостороннего сотрудничества с целью гармонизировать стандарты и укрепить доверие при трансграничном обмене медицинскими данными; 3) создать регуляторные песочницы с целью приведения квантовых технологий в соответствии со стандартами по мере их интеграции; 4) обеспечить долгосрочное государственно-частное финансирование для масштабирования квантовой медицинской инфраструктуры и стимулирования межфункциональных инноваций;

5) внедрить требования квантовой безопасности в национальные стратегии, касающиеся порядков возмещения расходов, сертификации и закупочной деятельности.

Результаты: формирование системы управления, стандартизации и инфраструктуры, где квантовые технологии интегрированы как надежный элемент систем здравоохранения, обеспечение безопасного обмена данными, устойчивого государственно-частного партнерства и лучших исходов лечения.

КЕЙС ПРИМЕНЕНИЯ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ № 3

Abeer Group: защита медицинских данных на пороге постквантовой эры

Abeer Group является одним из крупнейших региональных поставщиков медицинских услуг в сегменте доступного здравоохранения в Саудовской Аравии, который ежегодно обслуживает более 4 миллионов пациентов. К ключевым принципам компании относятся конфиденциальность данных и защита электронных медицинских записей.

На фоне роста числа кибератак с использованием ИИ и потенциальной уязвимости данных, связанной с развитием квантовых вычислений, Abeer Group подписала меморандум о взаимопонимании с компанией Quantasphere для внедрения квантово-устойчивых решений безопасности. Прежде всего клиники и дистанционные работники Abeer Group получают возможность безопасно обмениваться информацией с помощью квантового генератора энтропии на базе API от поставщика. Этот генератор использует квантовую запутанность для обеспечения максимального уровня рандомизации ключей шифрования. В итоге конфиденциальные записи и коммуникации всегда будут защищены без использования дополнительного оборудования. Затем локальный квантовый генератор энтропии будет установлен на территории клиник, чтобы усилить защиту критически важных внутренних сетей из объектов и чувствительных мобильных устройств. Благодаря расширенным возможностям Abeer Group получит полный контроль над собственными системами безопасности. Также появится поддержка безопасных соединений между клиниками, медицинским персоналом и внешними партнерами.

По завершении проекта Abeer Group станет одним из первых поставщиков медицинских услуг в Саудовской Аравии, кто будет использовать квантовые технологии для защиты данных пациентов.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ШАГИ ДЛЯ НОВАТОРОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ



Общие шаги

1. Устанавливать устойчивые партнерские отношения, способствующие активному развитию квантовых инноваций во всей экосистеме.

2. Принимать участие в структурированных предконкурентных исследованиях и междисциплинарных инициативах, в ходе которых проверяется эффективность квантовых компьютеров и датчиков.

Многопрофильные рабочие группы, совместные оценочные исследования и мероприятия по формированию бенчмарк-моделей предназначены для выработки руководящих критериев соответствия, подходящих для выявления квантовых методов с существенными техническими преимуществами и подходов к реальному

применению датчиков в клинической практике и исследованиях.

3. Осуществлять координацию стратегий по модернизации и финансированию с целью укрепить цифровую устойчивость к квантовым угрозам и готовность всей экосистемы квантовых технологий.

Акторам необходимо привести стратегии цифровой трансформации в соответствии с текущим уровнем готовности экосистемы к внедрению механизмов постквантового шифрования, принципами крипто-гибкого проектирования и деятельностью по коллективному инвестированию в защиту инфраструктуры и развитие кадровых ресурсов. Все эти меры повышают безопасность данных и обеспечивают ответственное внедрение технологий в рамках всего сектора.

Для изобретателей

1. *Согласовать действия руководства высшего звена по сосредоточению квантовых исследований на приоритетных научных направлениях.*

Слаженная работа на уровне руководящих постов гарантирует, что организация развивает возможности и структуры, необходимые для оценки новых технологических подходов по мере их становления.

2. *Интегрировать ИИ-системы и передовые вычислительные технологии во все направления исследований и разработок для использования совокупного эффекта технологий нового поколения.*

3. *Развивать измерения и лабораторные инновации на основе квантовых принципов в тех областях, где исследовательские группы контролируют ход научной работы.*

Передовое зондирование, считывание информации о молекулах, высокоточные аналитические инструменты и другие технологии помогают ученым повысить качество данных, устранить узкие места в экспериментах или углубить понимание биологических процессов, не поддающиеся надежной оценке с помощью современных инструментов. Такие лабораторные и измерительные системы повышают достоверность ранних открытий и научной базы для дальнейшего перехода в клиническую практику.

Для поставщиков

1. *Обеспечить квантово-устойчивую защиту для медицинских систем, парка устройств и потоков данных в медицинских учреждениях.*

Архитектура цифровой системы медицинского учреждения, куда входят процессы обмена электронными медицинскими записями, сетевой трафик и медицинские устройства, должна быть совместима

с постквантовым шифрованием и квантовым распределением ключей. В результате снижаются долгосрочные риски дешифрования критически важных рабочих процессов. Особого внимания требуют зоны повышенного риска (передача изображений, удаленный мониторинг, аптечные системы и интерфейсы между больницами и диагностическими центрами), где нужно защитить конфиденциальные медицинские данные, пока стандарты шифрования находятся на стадии внедрения.

2. *Запустить пилотные программы по оптимизации операционной деятельности за счет квантовых технологий с целью повысить уровень оказания медицинской помощи.*

При использовании методов на основе квантовых технологий для планирования, прогнозирования и распределения ресурсов повышается адаптивность операционных моделей, согласованность компетенций персонала и клинических возможностей больницы, а также уровень реагирования сложных систем оказания медицинской помощи.

3. *Интегрировать квантовое зондирование и инструменты поддержки принятия диагностических решений в клиническую оценку и закупочную деятельность.*

Необходимо проводить оценку новых методов зондирования и компьютерной диагностики, применяемых для триажа, визуализации и мониторинга, с целью выявить наиболее перспективные способы использования, привести требования к оборудованию в соответствии с долгосрочными стратегиями клинической практики и подготовить системы здравоохранения к внедрению диагностических инструментов нового поколения. Проанализировав результаты оценки, можно улучшить исходы лечения, снизить затраты на дальнейшие медицинские

услуги и стимулировать проактивные модели оказания медицинской помощи.

Для регуляторов

1. *Возглавить многосторонние рабочие группы по оценке процесса интеграции квантово-защищенного шифрования в новые стандарты здравоохранения, касающиеся совместимости систем.*

Медицинские организации должны внедрить квантово-гибкие криптографические алгоритмы и квантовое распределение ключей в недавно разработанные протоколы.

2. *Опубликовать отраслевые руководства по переходу к постквантовому шифрованию.*

Следует адаптировать криптографические решения согласно новым стандартам соответствия без пробелов в оказании медицинской помощи. Некоторые действия уже предпринимаются: к примеру, в 2023 году Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств (FDA) выпустило Руководство по кибербезопасности до выхода продукта на рынок, которое обязывает производителей обеспечивать

криптографическую гибкость на протяжении всего срока использования продукта и предоставлять разумные гарантии того, что устройства могут оставаться защищенными в течение всего их жизненного цикла.

3. *Ввести обязательный порядок приведения дорожных карт для всех ИТ-проектов в сфере здравоохранения, получающих финансирование от государства, в соответствии с уровнями готовности к интеграции постквантового шифрования.*

Уже сейчас медицинские организации должны инициировать переход на алгоритмы постквантового шифрования. Такая работа на опережение поможет подготовиться к будущим регуляторным требованиям, снизить риски атак по типу «собрать сейчас, расшифровать позже» и сохранить доверие пациентов в отношении сохранности их конфиденциальных данных.

4. *Ускорить государственное и частное финансирование квантовых технологий для здравоохранения и активно продвигать квантовые проекты.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Квантовые технологии станут мощнейшим инструментом для формирования более персонализированной и пациентоцентричной системы здравоохранения. Всемирный экономический форум и Accenture призывают лидеров в области наук о жизни и здоровье заложить фундамент для будущего применения квантовых инноваций.

Важный шаг на пути к их внедрению — это заручиться поддержкой от высшего руководства в части запуска пилотных проектов для тестирования цифровых решений и получения первых результатов. Организациям следует определить ключевые направления для инвестиций, учитывая рыночный потенциал и кадровые ресурсы, необходимые для достижения желаемых результатов.

Из-за рисков безопасности, связанных с неизвестными последствиями воздействия квантовых устройств или материалов на здоровье человека в долгосрочной перспективе, необходимо установить единый комплекс стандартов и ввести многоуровневое регулирование процесса перехода от клинических испытаний к фактическому внедрению. Кроме того, потенциальные ошибки в работе комбинированных систем из квантовых и ИИ-технологий, вызванные безответственной разработкой, могут ослабить доверие акторов. В связи с этим необходимо сформировать междисциплинарные команды, которые будут изучать долгосрочный эффект применения передовых технологий со всех возможных сторон.

MOCKBA
2026