

БИОЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

А. Л. Хохлов¹, А. В. Павлов¹, М. Ю. Котловский^{1,2} ✉, М. П. Потапов¹, Л. Ф. Габидуллина¹¹ Ярославский государственный медицинский университет, Ярославль, Россия² Национальный НИИ общественного здоровья имени Н. А. Семашко, Москва, Россия

На сегодняшний день квантовые вычисления представляют собой одно из наиболее перспективных направлений развития современной науки, способное решать задачи, не доступные классическим системам. Однако, наряду с огромным потенциалом, стремительный прогресс в этой области порождает существенные этические риски, включая угрозу взлома существующих криптографических систем и проблему непрозрачности принимаемых с помощью квантовых вычислений решений. В статье подчеркивается необходимость своевременного этического анализа, разработки нормативно-правовой базы и междисциплинарного сотрудничества для обеспечения устойчивого и общественно приемлемого развития технологии. Особое внимание уделяется рассмотрению основных этических, в частности биоэтических, вызовов, возникающих на фоне развития квантовых вычислений, и определению возможных путей их регулирования.

Ключевые слова: квантовые вычисления, биоэтика

Вклад авторов: А. Л. Хохлов — постановка проблемы, обсуждение ключевых этических вопросов, планирование и обсуждение статьи; А. В. Павлов — изучение литературы по теме, систематизация и обобщение данных, участие в обсуждении результатов, написание и оформление статьи; М. Ю. Котловский, М. П. Потапов, Л. Ф. Габидуллина — изучение литературы по теме, участие в обсуждении результатов и написание статьи.

✉ **Для корреспонденции:** Михаил Юрьевич Котловский
ул. Революционная, д.5, г. Ярославль, 150000, Россия; m.u.kotlovskiy@mail.ru

Статья поступила: 05.05.2025 **Статья принята к печати:** 19.05.2025 **Опубликована онлайн:** 23.06.2025**DOI:** 10.24075/medet.2025.007

BIOETHICAL PROBLEMS OF QUANTUM COMPUTING

Khokhlov AL¹, Pavlov AV¹, Kotlovsky MYu^{1,2} ✉, Potapov MP¹, Gabidullina LF¹¹ Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia² National Research Institute of Public Health named after NA Semashko, Moscow, Russia

Today, quantum computing is one of the most promising areas of modern science that can solve the problems which are too hard to handle for classical computers. However, a huge potential accompanied by a rapid progress in this area creates significant ethical risks, including threat of hacking existing cryptographic systems and the problem of non-transparent decisions made using quantum computing. The article highlights the need for timely ethical analysis, development of a regulatory framework, and interdisciplinary collaboration to ensure sustainable and socially acceptable technology development. Main ethical, bioethical challenges, in particular, that arise against the background of quantum computing, and identification of possible ways to regulate them captivate special attention.

Keywords: quantum computing, bioethics

Author contribution: A. L. Khokhlov — formulation of the problem, discussion of key ethical issues, planning and discussion of the article; A. V. Pavlov — study of the literature on the topic, systematization and generalization of data, participation in the discussion of the results, writing and design of the article; M. Yu. Kotlovsky, M. P. Potapov, L. F. Gabidullina — study of the literature on the topic, participation in the discussion of the results and writing of the article.

✉ **Correspondence should be addressed:** Mikhail Yu. Kotlovsky
Revolutsionnaya str., 5, Yaroslavl, 150000, Russia; m.u.kotlovskiy@mail.ru

Received: 05.05.2025 **Accepted:** 19.05.2025 **Published online:** 23.06.2025**DOI:** 10.24075/medet.2025.007

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день квантовые вычисления представляют собой одно из наиболее перспективных направлений развития современной науки. Их развитие основано на использовании фундаментальных квантовых свойств материи, таких как суперпозиции, запутанности и интерференции — для обработки информации. Благодаря этому квантовые компьютеры способны выполнять задачи, которые для классических систем либо крайне затруднены, либо, на сегодняшний день, вовсе неосуществимы. Это относится, в частности, к моделированию сложных химических процессов, ускоренному поиску в больших массивах данных, а также криптографическому анализу.

Нынешний этап развития квантовых вычислений знаменует собой переход к новому технологическому

укладу, особенно в таких областях, как криптография, искусственный интеллект и биомедицинские исследования. Вместе с тем наряду с потенциальными преимуществами нового подхода появляются и существенные риски, многие из которых имеют именно этическую природу. Вся история информационных технологий демонстрирует, что игнорирование моральных и социальных последствий научных открытий может привести к масштабным проблемам, таким как нарушение конфиденциальности, распространение недостоверной информации или рост цифрового неравенства в обществе.

В настоящее время одной из наиболее значимых угроз становится возможность использования квантовых алгоритмов для взлома существующих систем криптографической защиты информации. Также вызывает беспокойство непрозрачность принимаемых

с помощью квантовых вычислений решений. Это особенно значимо в сферах, связанных с жизнью и здоровьем человека, например в медицине или судебной экспертизе. Все это многократно повышает необходимость проведения своевременного адекватного этического анализа.

Этические вопросы, связанные с квантовыми вычислениями, охватывают разнообразные аспекты — от принципов справедливости и подотчетности до последствий для глобальной безопасности. Для их решения требуется четкая нормативно-правовая база и этические ориентиры, способные обеспечить устойчивое и общественно приемлемое развитие технологии.

Таким образом, этика квантовых вычислений становится неотъемлемой частью научного и инженерного мышления XXI века. Ее развитие предполагает сотрудничество специалистов из различных областей. Это физики, информатики, юристы, философы. При этом необходимо активное вовлечение в участие институтов гражданского общества. В рамках данной статьи предлагается рассмотреть основные биоэтические вызовы, возникающие на фоне стремительного прогресса в данной области науки, и определить возможные пути их регулирования.

1. ОСНОВЫ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ: КЛЮЧЕВЫЕ РАЗЛИЧИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ

Квантовые вычисления — это особый подход к обработке информации, основанный на принципах квантовой механики [1]. В отличие от стандартных классических машин, использующих биты со значениями 0 или 1, квантовые компьютеры оперируют кубитами — единицами, способными одновременно находиться в нескольких состояниях благодаря явлению суперпозиции. Это дает квантовым системам уникальную возможность выполнять параллельные вычисления, не доступные традиционным процессорам.

1.1. Основные отличия квантовых вычислений

Природа представления данных. Классические компьютеры кодируют информацию в виде битов. Квантовые же системы используют кубиты, которые могут принимать не только значения 0 или 1, но и их линейные комбинации. Это приводит к многократному повышению их вычислительных возможностей.

Параллелизм. Благодаря суперпозиции квантовые компьютеры могут анализировать множество вариантов одновременно. Это обеспечивает ускорение решения задач определенного вида, например, перебора или оптимизации.

Запутанность. Квантовая запутанность позволяет связывать кубиты таким образом, что изменение одного моментально приводит к изменению другого. Это является мощным инструментом для построения сложных алгоритмов.

Алгоритмическое преимущество. Алгоритмы Шора и Гровера демонстрируют, что квантовые компьютеры могут существенно опережать классические [2]. В наибольшей степени это проявляется в задачах факторизации, поиска, моделирования химических процессов.

Физическая нестабильность. Кубиты крайне чувствительны к внешним воздействиям и подвержены декогеренции. Поддержание квантовых состояний требует сложных условий: сверхнизких температур и систем

коррекции ошибок. Все это делает квантовые вычисления технически сложными и ресурсно-затратными.

1.2. Типы квантовых устройств

На современном этапе развития квантовые устройства преимущественно представлены квантовыми компьютерами и квантовыми симуляторами:

- универсальные квантовые компьютеры способны выполнять широкий спектр задач и симулировать любые квантовые системы. Они предполагают гибкую архитектуру и реализуют универсальный набор квантовых логических операций;
- квантовые симуляторы применяются для узкоспециализированных задач, например моделирования молекулярных взаимодействий, и часто эффективнее универсальных машин в этих областях.

1.3. Потенциал и ограничения

Квантовые вычисления обладают высоким потенциалом в решении задач, не доступных для классических систем, таких как моделирование молекулярных взаимодействий, криптографический анализ, оптимизация и машинное обучение. Их ключевыми преимуществами являются квантовый параллелизм, запутанность и возможность экспоненциального ускорения при выполнении определенных алгоритмов. Однако реализация этого потенциала ограничена рядом факторов.

Во-первых, на аппаратном уровне сохраняются значительные сложности: кубиты крайне нестабильны, подвержены декогеренции и требуют работы в условиях сверхнизких температур и сложной технической инфраструктуры. Существующие квантовые устройства все еще представляют собой лабораторные прототипы с ограниченным числом кубитов и высокой вероятностью ошибок, что делает необходимым использование сложных систем коррекции.

Во-вторых, существенными являются ограничения, связанные с разработкой квантовых алгоритмов. На сегодняшний день существует лишь ограниченное количество алгоритмов с доказанным квантовым превосходством (например, Шора и Гровера), а их применение ограничено узким классом задач. Проектирование новых алгоритмов требует глубоких знаний в области квантовой физики и математики, а также освоения новых языков программирования и вычислительных моделей, которые находятся в стадии активного развития [3]. При этом большинство известных алгоритмов демонстрируют практическую эффективность лишь при большом числе кубитов, что на текущем уровне технологий недостижимо. Их появление ожидается в будущем.

Поскольку универсальные квантовые компьютеры пока далеки от практического применения, наибольшую перспективу имеют **гибридные квантово-классические подходы** (например, Variational Quantum Algorithms). Однако их внедрение требует глубокой интеграции двух типов систем и новых инженерных решений [4].

Таким образом, несмотря на выдающийся потенциал, квантовые технологии пока остаются на этапе научной и инженерной апробации, и их практическое применение требует преодоления как технических, так и методологических барьеров.

2. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ УГРОЗЫ И РИСКИ

2.1. Угрозы цифровой безопасности

Квантовые технологии обладают способностью решать задачи, не доступные для классических процессоров, однако именно это создает серьезные угрозы существующим системам шифрования данных. Современные криптографические методы (например, RSA) основаны на сложности факторизации больших чисел, но с появлением масштабируемых квантовых компьютеров, использующих алгоритм Шора, эта задача становится решаемой за полиномиальное время [5].

Особую обеспокоенность вызывает стратегия лиц, пытающихся получить неправомерный доступ к информации под названием «сохрани сейчас — расшифруй позже» (store now, decrypt later). При этом зашифрованные данные перехватываются и депонируются для последующей дешифровки в то время, когда квантовые вычисления достигнут нужной мощности. Это особенно критично для информации, требующей долгосрочной конфиденциальности, — документов, содержащих сведения, отнесенные к государственной тайне, медицинских архивов и личной переписки.

В связи с этим для защиты цифровой инфраструктуры требуется переход к постквантовой криптографии, основанной на принципах, устойчивых к квантовым атакам. Эффективность этих решений возможна только при международном взаимодействии и своевременном пересмотре криптографических стандартов.

2.2. Военно-политические риски

Квантовые технологии могут существенно изменить распределение баланса сил между государствами. Страны, обладающие доступом к квантовым вычислениям, получают выраженные преимущества в разведке, анализе данных, защите информации и разработке оборонных систем. Возможности этих систем будущего будут предполагать моделирование тактических сценариев, оптимизацию боевых операций и развитие средств кибервоздействия.

Как и в случае с ядерными разработками, квантовая гонка вооружений, аналогичным образом способна усилить международную нестабильность. Возможно милитаризация технологий будет сопровождаться ростом закрытых проектов, снизит их прозрачность и затруднит контроль. Концентрация всех квантовых мощностей у ограниченного круга держав способна усилить неравенство и нарушить баланс в глобальной системе безопасности.

Противодействие этим рискам видится в осуществлении заключения международных соглашений, направленных на предотвращение неконтролируемого распространения и использования квантовых систем в сугубо милитаристических целях.

2.3. Риск социального неравенства

Развитие квантовых вычислений способно усугубить уже существующее цифровое и экономическое неравенство [6]. Доступ к передовым технологиям чаще всего ограничивается крупными научными центрами, корпорациями и экономически развитыми государствами — сверхдержавами. Это грозит усилением глобального разрыва между «технологическим центром» и развивающейся периферией.

Для преодоления этой угрозы видится необходимой инклюзивная научная политика. Она будет заключаться в расширении образовательных программ, в обеспечении открытого доступа к результатам исследований, поддержке инфраструктуры в странах с ограниченными ресурсами. Видится, что важную роль будет играть и патентное регулирование, поскольку чрезмерная монополизация квантовых разработок может препятствовать равному доступу к новым знаниям и достижениям.

Функционирующие патентные системы должны способствовать распространению полезных технологий без создания искусственных барьеров. При этом прозрачность в разработках и публикациях также критична. Она снизит риски манипуляций, повысит доверие и сделает квантовые технологии предметом общественного контроля.

Современные международные нормы, включая соглашения о правах на интеллектуальную собственность и открытые данные, требуют адаптации к новым вызовам квантовой эпохи. Этическое и правовое сопровождение необходимо для формирования справедливой технологической среды, где инновации служат интересам всех стран и сообществ мира.

3. ОТВЕТСТВЕННАЯ РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Развитие квантовых вычислений требует этико-правового сопровождения, обеспечивающего баланс между научным прогрессом и интересами общества. Для обеспечения этического развития квантовых технологий необходимо опираться на принципы предосторожности, прозрачности, доступности и открытого сотрудничества. Эти положения послужат этическим ориентиром и позволят интегрировать квантовые технологии в общественные и научные процессы без потери доверия и справедливости.

Принцип предосторожности. Если технология несет потенциальные угрозы, ее внедрение должно сопровождаться предварительной оценкой всех возможных рисков. В контексте квантовых вычислений это особенно важно в сферах безопасности, международных отношений и гражданских прав. Предварительно, до массового внедрения таких решений необходимо проведение всеобъемлющей этико-правовой экспертизы.

Прозрачность. Эффективное и ответственное применение квантовых технологий требует открытого и понятного описания алгоритмов, целей разработок и возможных последствий применения данных технологий. Прозрачность особенно важна при использовании квантовых решений в критических областях, таких как медицина, оборона и цифровая безопасность. Доступность информации будет способствовать повышению доверия и снизит риски злоупотреблений со стороны отдельных игроков.

Инклюзивность. Развитие технологий должно учитывать интересы как можно более широкого круга участников: государств, исследовательских институтов, небольших научных коллективов. Доступ к ресурсам, обучению, знаниям и результатам исследований не должен ограничиваться только экономически развитыми регионами или транснациональными корпорациями.

Открытость. Доступ к научным публикациям, исходным кодам и исследовательским протоколам — важное условие этического прогресса. Современные открытые платформы, такие как Qiskit (IBM) или PennyLane (Xanadu), демонстрируют возможность совместной работы и обмена знаниями. Это снизит барьеры входа в данную научную

область и способствует более равномерному развитию квантовых технологий.

4. РОЛЬ ОРГАНИЗАЦИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ЭТИЧЕСКОЙ ПОВЕСТКИ

Университеты и научные центры. Высшие учебные заведения всего мира не только развивают технологии, но и формируют мировоззрение будущих специалистов, работающих с ними. Образовательные программы по этике технологий, междисциплинарные исследования и внедрение норм научной добросовестности являются важнейшими элементами устойчивого технологического развития общества. Университеты, помимо этого, активно инициируют исследования по этическим аспектам применения искусственного интеллекта, квантовых вычислений и других прорывных направлений.

Частный сектор. Компании, особенно ведущие технологические корпорации, все чаще интегрируют этические стандарты в свою повседневную деятельность через механизмы корпоративной и социальной ответственности (CSR). Это включает создание внутренних этических комитетов, публикацию этических кодексов и участие в международных инициативах, направленных на этическую регламентацию. Ведущие игроки рынка также играют ключевую роль в стандартизации новых технологий и через это становятся драйверами внедрения этики в практику.

Международные инициативы и консорциум. Данные структуры способствуют формированию основы международного диалога и нормативного поля для безопасного развития квантовых вычислений. Они обеспечивают мониторинг соблюдения этических принципов, разрабатывают механизмы подотчетности и оценивают риски эксплуатации данных технологий.

- **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):** международная организация, занятая разработкой технических и этических стандартов. Инициатива *IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems* также затрагивает квантовые вычисления.
- **Quantum Ethics Consortium:** междисциплинарная платформа для выработки этических подходов к применению квантовых технологий. Консолидирует для работы в этом направлении ученых, инженеров и политиков.
- **AI Ethics Guidelines Global Initiative:** международное движение, деятельность которого направлена на выработку универсальных стандартов для прорывных технологий. Включает участие ООН, WIPO (World Intellectual Property Organization) и других частных организаций [7].

Благодаря сотрудничеству между университетами, бизнесом и межгосударственными структурами возможно формирование глобальных стандартов, селективно адаптируемых к частно-региональным особенностям и потребностям.

5. НЕОБХОДИМОСТЬ РЕГУЛИРОВАНИЯ И МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Квантовые вычисления обладают высоким модернизационным потенциалом, способным повлиять на ключевые сферы общественной жизни, от национальной безопасности и экономики до медицины и управления

чувствительными данными. Данный прогресс затрагивает не только научные, но и геополитические интересы, что требует заранее продуманных механизмов регулирования и глобального взаимодействия, создания адекватной сбалансированной системы сдержек и противовесов.

Необходимость международного регулирования развития квантовых технологий в данном случае обусловлена:

- угрозой разрушения существующей мировой криптографической инфраструктуры и подрыва кибербезопасности;
- риском монополизации технологий со стороны отдельных государств (сверхдержав) или транснациональных корпораций;
- повышением вероятности развития технологического неравенства между странами;
- возможностью милитаризации и выхода на новый виток гонки вооружений, на нарабатанном фундаменте квантовых разработок;
- отсутствием выработанных этических ориентиров и глобальных норм, необходимых для защиты прав человека и свободы личности.

В качестве барьера для глобального регулирования, в данном случае, могут выступать **геополитическая конкуренция** и стремление к технологическому лидерству, что выражается в **засекречивании оборонных разработок**, препятствующем прозрачности и контролю. Этому способствует **неравномерный уровень развития** квантовых технологий в разных странах мира [8]. При этом немаловажную роль играют и **различия в правовых системах**, а также ограниченный суверенитет отдельных государств.

Примером развития международных инициатив в данной области является деятельность следующих международных организаций:

- **WEF (World Economic Forum)** — продвигает концепцию «квантовой экономики» с акцентом на устойчивость и глобальную этику;
- **UNESCO** — обсуждает создание международного кодекса этики для квантовых технологий, опираясь на богатый перечень биоэтических наработок;
- **OECD** — формирует рекомендации по ответственному внедрению прорывных технологий и стимулирует межсекторный диалог;
- **Quantum Flagship (EC)** — поддерживает стандартизацию, этический контроль и трансграничное сотрудничество в рамках европейской исследовательской политики [9].

Видится, что путем преодоления вышеперечисленных барьеров может являться:

- **мягкое регулирование (soft law)** [10] — создание кодексов, деклараций и рамочных соглашений, формирующих культуру ответственности между ведущими игроками, работающими в данной области;
- **научная дипломатия** — развитие международных исследовательских консорциумов и открытых сетей;
- **инклюзивность в технологиях** — обеспечение доступа к образованию и инфраструктуре для лиц всех стран в равной степени;
- **платформа открытых стандартов** — использование общедоступных квантовых инструментов под международной юрисдикцией [11];
- **междисциплинарный подход** — вовлечение юристов, философов, инженеров и представителей гражданского общества в обсуждение этических проблем развития квантовых технологий.

Таким образом, международное сотрудничество в сфере квантовых технологий — это не факультативная опция, а жизненно необходимое условие для предотвращения грядущих мировых конфликтов, укрепления доверия и справедливого распределения результатов научного прогресса в обществе. Развитие этически обоснованных глобальных механизмов регулирования должно идти параллельно с научными достижениями и включать как инициативы государств, так и международных институтов, научных центров и отдельных граждан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Квантовые вычисления сулят качественный прорыв в науке, медицине, промышленности, коммуникациях и многих отраслях народного хозяйства. Это открывает новые горизонты для решения задач, которые долгое время считались недостижимыми для классических вычислительных систем. В то же время столь масштабный прогресс человечества сопровождается и серьезными вызовами обществу [12]. Эти угрозы простираются от сферы информационной безопасности до рисков усиления глобального стратегического неравенства

и, как следствие, мировой военно-политической нестабильности.

Этические аспекты развития и применения квантовых технологий занимают особое место в современном научном дискурсе [13]. Это требует системного подхода, объединяющего усилия физиков, инженеров, юристов, философов и политиков. При этом принципы предосторожности, прозрачности, инклюзивности и открытости должны лечь в основу этически устойчивого развития данной области.

Формирование этической культуры среди специалистов, работающих с квантовыми технологиями, становится одной из ключевых задач современной научной подготовки. Этическая грамотность как часть профессиональной подготовки необходима для обеспечения баланса между технологическим прогрессом и общественными интересами.

Будущее квантовых технологий должно строиться на принципах международного партнерства, доверия и равного доступа к данным технологиям. Только совместными усилиями возможно обеспечить их безопасное, справедливое и ориентированное на благо всего человечества развитие.

Литература

1. Китаев А. Ю., Шень А. Н., Вьялый М. Н. Классические и квантовые вычисления. М. МЦНМО. 1999; 320 с.
2. Валиев К. А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. М. Наука. 2001; 256 с.
3. Антипенко Л. Г. Понятие квантовой логики: математические и философские аспекты. Вестник Московского университета. Серия 7: Философия. 2015; (3): 3–15.
4. Нильсен М. А., Чуанг И. Л. Квантовые вычисления и квантовая информация. М. Вильямс. 2020; 800 с.
5. Ааронсон С. Квантовые вычисления со времен Демокрита. Пер. с англ. Н. Лисовой. Науч. ред. А. Львовский. М. Альпина нон-фикшн. 2018; 494 с.
6. Каку М. Квантовое превосходство: революция в вычислениях, которая изменит все: пер. с англ. М. Альпина нон-фикшн. 2021; 352 с.
7. Борзунов С. В., Кургалин С. Д. Основы квантовых вычислений и квантовой теории информации: учебное пособие. СПб. БХВ-Петербург. 2022; 144 с.
8. Хидари Дж. Квантовые вычисления. Прикладной подход: пер. с англ. М. ДМК Пресс. 2021; 352 с.
9. Perrier E. Ethical Quantum Computing: A Roadmap. arXiv preprint arXiv: 2102.00759. 2021.
10. Schumacher B, Westmoreland MD. Quantum Processes, Systems, and Information. Cambridge: Cambridge University Press. 2010; 500 p.
11. Wilde MM. Quantum Information Theory. Cambridge: Cambridge University Press. 2013; 685 p.
12. EITC/QI/QIF Основы квантовой информации. Академия EITCA. 2021.
13. Квантовая и прикладная этика. SystemsWorld Club. 2022. Режим доступа: [Электронный ресурс] URL: <https://systemsworld.club/t/topic/3029?ysclid=ma2tqu2wx1885516128> (дата обращения: 15.04.2025).

References

1. Kitaev AY, Shen AN, Vyalij MN. Klassicheskie i kvantovy'e vy'chisleniya. M. MCzNMO. 1999; 320 s. Russian.
2. Valiev KA. Kvantovy'e komp'yutery: nadezhdy i real'nost'. M. Nauka. 2001; 256 s. Russian.
3. Antipenko LG. Ponyatie kvantovoy logiki: matematicheskie i filosofskie aspekty. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 7: Filosofiya. 2015; (3): 3–15. Russian.
4. Nil'sen MA, Chuang IL. Kvantovy'e vy'chisleniya i kvantovaya informaciya. M. Vil'yams. 2020; 800 s. Russian.
5. Aaronson S. Kvantovy'e vy'chisleniya so vremyon Demokrita. Per. s angl. N. Lisovoj. Nauch. red. A. L'vovskij. M. Al'pina non-fikshn. 2018; 494 s. Russian.
6. Kaku M. Kvantovoe prevosходstvo: revolyuciya v vy'chisleniyax, kotoraya izmenit vsyo: per. s angl. M. Al'pina non-fikshn. 2021; 352 s. Russian.
7. Borzunov SV, Kurgalin SD. Osnovy kvantovy'x vy'chislenij i kvantovoj teorii informacii: uchebnoe posobie. SPb. BХV-Peterburg. 2022; 144 s. Russian.
8. Xidari Dzh. Kvantovy'e vy'chisleniya. Prikladnoj podxod: per. s angl. M. DMK Press. 2021; 352 s. Russian.
9. Perrier E. Ethical Quantum Computing: A Roadmap. arXiv preprint arXiv: 2102.00759. 2021.
10. Schumacher B, Westmoreland MD. Quantum Processes, Systems, and Information. Cambridge: Cambridge University Press. 2010; 500 p.
11. Wilde MM. Quantum Information Theory. Cambridge: Cambridge University Press. 2013; 685 p.
12. EITC/QI/QIF Osnovy kvantovoj informacii. Akademiya EITCA. 2021.
13. Kvantovaya i prikladnaya e'tika. SystemsWorld Club. 2022. Available from URL: <https://systemsworld.club/t/topic/3029?ysclid=ma2tqu2wx1885516128> (accessed: 15.04.2025). Russian.