

УДК 004:336.71
<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-3-248-255>

Применение квантовых технологий в банковском бизнесе

Евгений Романович Серов¹, Сергей Александрович Васильев²✉

^{1, 2} *Международный банковский институт имени Анатолия Собчака, Санкт-Петербург, Россия*

¹ serov@ibispb.ru

² ibispb@ibispb.ru✉

Аннотация

Цель. Определение текущих тенденций и ключевых направлений внедрения квантовых технологий в практику управления российскими кредитными организациями для повышения эффективности их деятельности в среднесрочной перспективе.

Задачи. Сравнительный анализ текущих тенденций применения квантовых технологий в банковском бизнесе; прогнозирование ключевых трендов их развития в среднесрочной перспективе применительно к российскому банковскому сектору.

Методология. Авторами использованы методы сравнительного и системного анализа, научной абстракции и гипотезы.

Результаты. Приведены практические примеры внедрения современных квантовых технологий в банковском бизнесе, как зарубежном, так и российском. В результате определены приоритетные направления и сферы их применения с акцентом на отечественный банковский сектор: кредитный скоринг, оценка стоимости и уровня риска инвестиций, диверсификация портфелей инвестиций, финансовое прогнозирование, предсказание кризисов, обнаружение мошенничества, а также защита банковских и клиентских баз данных от квантовой угрозы, повышение уровня банковской кибербезопасности в целом.

Выводы. Несмотря на новизну применения квантовых технологий в банковском бизнесе, их роль сложно переоценить в банкинге ближайшего будущего. Квантовые компьютеры способны существенно повысить производительность банковских ИТ-систем, решая вычислительные задачи, с которыми классические компьютеры, даже супермощные, не способны справиться в одиночку. Они значительно повышают эффективность моделирования сложных систем и процессов, ускоряют решение задач оптимизации ресурсов, логистики, финансов и трейдинга, упрощают работу с большими данными с использованием моделей искусственного интеллекта (AI) и машинного обучения в нейронных сетях, а также помогают бороться с кибератаками и мошенничеством на финансовых рынках.

Ключевые слова: *квантовые вычисления, большие данные, искусственный интеллект, банки, банковский бизнес, кибербезопасность*

Для цитирования: Серов Е. Р., Васильев С. А. Применение квантовых технологий в банковском бизнесе // *Экономика и управление*. 2023. Т. 29. № 3. С. 248–255. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-3-248-255>

Application of quantum technologies in banking

Evgeniy R. Serov¹, Sergey A. Vasiliev²✉

^{1, 2} *International Banking Institute named after Anatoliiy Sobchak, St. Petersburg, Russia*

¹ serov@ibispb.ru

² ibispb@ibispb.ru✉

Abstract

Aim. The presented study aims to identify current trends and key directions for the introduction of quantum technologies into the management practices of Russian credit institutions to improve their performance in the medium term.

Tasks. The authors comparatively analyze current trends in the application of quantum technologies in the banking business; forecast key trends in their development in the medium term in the context of the Russian banking sector.

Methods. The authors use the methods of comparative and system analysis, scientific abstraction, and hypothesis.

Results. Practical examples of the introduction of modern quantum technologies in the foreign and Russian banking business are provided. As a result, priority directions and areas of their application are identified with an emphasis on the domestic banking sector: credit scoring, assessment of the value and risk of investment, diversification of investment portfolios, financial forecasting, crisis prediction, fraud detection, protection of banking and customer databases from the quantum threat, and increasing the level of banking cybersecurity in general.

Conclusions. Despite the novelty of quantum technologies in the banking business, the role they will play in banking in the near future is difficult to overestimate. Quantum computers can significantly improve the performance of banking IT systems by solving computational tasks that even super-powerful conventional computers are not able to tackle on their own. They significantly increase the efficiency of modeling complex systems and processes; accelerate the solution of problems associated with resource optimization, logistics, finance, and trading; simplify work with big data using artificial intelligence (AI) and machine learning models in neural networks; help to combat cyber attacks and fraud in financial markets.

Keywords: *quantum computing, big data, artificial intelligence, banks, banking business, cybersecurity*

For citation: Serov E.R. Vasiliev S.A. Application of quantum technologies in banking. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2023;29(3):248-255. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-3-248-255>

Введение

В последние два десятилетия внедрение квантовых технологий кардинально изменило нашу жизнь, благодаря появлению транзисторов, лазеров, плоских телевизоров, смартфонов, а также иных приборов с квантовыми сенсорами, использующих сверхчувствительные квантовые эффекты. Несмотря на то, что данные технологии являются относительно новым объектом изучения применительно к специфике банковского бизнеса, их роль сложно переоценить в банкинге ближайшего будущего.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что с распространением квантовых компьютеров и квантовых коммуникаций, работу над которыми ведут крупнейшие IT-компании мира при стратегической под-

держке ведущих государств, с одной стороны, возникают новые возможности в аспекте высокоскоростной обработки огромных массивов информации и экономико-математического моделирования сложных процессов, с другой — существенно возрастают так называемые квантовые угрозы. Тем более что с помощью квантовых компьютеров и квантовых алгоритмов можно с легкостью «взломать» многие современные каналы связи и системы защиты информации.

По мнению руководителя научной группы «Квантовые информационные технологии» Российского квантового центра А. Федорова, «финансовая отрасль является одним из первых потребителей квантовых технологий — так, финансовые организации по всему миру тестируют их для обработки и защиты данных» [1].

Анализ текущих тенденций по применению квантовых технологий в банковском бизнесе

Квантовые технологии — перспективное направление развития в физике, в ее разделах, занимающихся изучением квантовой механики и разработкой на базе этого изучения инноваций в области «кванта», то есть неделимой частицы, атома или фотона. Фундаментальные принципы квантовой механики позволяют создать средства связи, полностью исключающие незаметное подслушивание и перехват сигнала. Квантовые вычисления значительно ускоряют работу с данными, повышая эффективность их обработки, классификации и кластеризации в рамках технологий машинного обучения и экономико-математического моделирования.

Если классическая единица информации (бит) находится только в одном состоянии (0 или 1), то квантовый бит (кубит) способен принимать оба состояния сразу: и 0, и 1 (кутрит — три и более сразу, кукварт — четыре и более). Эти свойства, наряду с квантовой запутанностью, позволяют квантовым вычислительным устройствам по мере увеличения числа кубитов (кутритов, куквартов и иных многоуровневых квантовых систем — кудитов) экспоненциально наращивать вычислительную мощность.

Все большее распространение в IT-инфраструктуре получают облачные платформы доступа к квантовым компьютерам и эмуляторам, программные эмуляторы квантовых вычислений (*CPU/GPU, FPGA/ASIC*). Программные эмуляторы и квантово-вдохновленные алгоритмы воспроизводят «поведение» квантовых компьютеров, способствуя достижению ускорения в обработке данных по сравнению с традиционными методами.

Применение для сложных вычислений квантовых компьютеров, а также механизм облачного доступа к этим программно-аппаратным комплексам дают возможность банкам существенно упростить моделирование сложных систем и процессов, ускоряют решение задач оптимизации ресурсов, логистики и финансов, работу с большими данными с использованием моделей искусственного интеллекта (*AI*). Квантовые компьютеры значительно ускоряют машинное обучение в классических нейронных сетях, что дает возможность гораздо быстрее проверять гипотезы и тестировать прогнозные модели.

В квантовых вычислениях используются специальные алгоритмы для многократного генерирования вариантов развития событий, например, на основе квантовой оценки амплитуды (*QAE, Quantum Amplitude Estimation*), а также для решения систем линейных уравнений, например, по методу Харроу — Хасидима — Ллойда (*HHL*). Такие алгоритмы уже сегодня способствуют разработке методов обучения глубоких нейронных сетей с многократным ускорением по сравнению с классическим машинным обучением. Адиабатические квантовые компьютеры способны найти комбинацию, при которой значение многомерной функции при заданной конфигурации параметров окажется минимальным.

Квантовый трейдинг — это процесс предсказания изменения цен на рыночные активы, в разы более точный (по сравнению с «классическим» трейдингом), учитывающий множество сложных факторов, влияющих на стоимость активов, и более защищенный [2]. При этом квантовые алгоритмы машинного обучения способны детально просчитать и предсказать поведение агентов на финансовых рынках, а значит, обнаруживать ситуации манипуляции рынками в режиме реального времени, эффективно составляя стратегии борьбы против мошенничества в этой сфере.

В связи с активным развитием квантовых технологий и появлением квантовых компьютеров, их широкой доступностью (через «облако») существенно повышаются риски атак данных, защищенных традиционными методами и алгоритмами шифрования. Для банков этот риск является одним из ключевых, поскольку обеспечение максимального уровня защиты финансов и персональных данных клиентов выступает «краеугольным камнем» банковского бизнеса.

Для защиты данных во многих сферах чаще всего используют асимметричную криптографию, неустойчивую к атакам с участием квантового компьютера [3]. Квантовые алгоритмы для реализации атак с применением квантовых компьютеров (квантовый алгоритм факторизации Шора и квантовый алгоритм для решения задачи перебора Гровера) теоретически обоснованы П. Шором и Л. Гровером еще в середине 90-х гг. прошлого века.

По мнению экспертов, в ближайшее десятилетие существует высокая вероятность появления высокопроизводительных кван-

товых компьютеров, способных взломать традиционные алгоритмы шифрования. В связи с этим менеджменту банков нужно задуматься о создании и пилотирования квантово-устойчивых решений в сфере кибербезопасности для хранения данных и защиты процедур аутентификации клиентов, внешних и внутренних коммуникаций, персональных данных клиентов и систем электронного документооборота.

Технологии квантовых коммуникаций (в частности квантовое распределение криптографических ключей *Quantum key distribution (QKD)* и *QC*-направление, в рамках которого разрабатывают технологии или методы передачи информации, закодированной в квантовые состояния) используют квантовые свойства элементарных частиц (фотонов), чтобы защитить передачу информации [3]. Примерами квантово-устойчивых решений в сфере кибербезопасности служат квантовые коммуникации и постквантовая криптография, являющаяся новым классом алгоритмов асимметричной криптографии. Квантовые коммуникации представляют собой программно-аппаратные комплексы для распределения криптографических ключей по оптоволоконным и открытым каналам, а постквантовая криптография — программные решения с использованием новых классов асимметричных алгоритмов.

Примеры практических кейсов внедрения квантовых технологий продаж в международной и российской банковской практике

Еще летом 2019 г. голландский *ABN Amro* первым среди банков начал использовать квантовые вычисления для борьбы с кибератаками посредством создания новой формы распределения квантовых ключей, благодаря которой несколько пользователей смогут связываться друг с другом и обмениваться уникальными и сложными кодами. В дальнейшем в банке стали применять квантовые вычисления для защищенной работы систем интернет- и мобильного банкинга [4].

Крупнейший банк Великобритании — *HSBC* — в 2022 г. объявил о сотрудничестве с *IBM* по вопросам внедрения квантовых вычислений в финансовую сферу, то есть для их применения в вопросах оптимизации портфеля, ценообразования, оценки рисков и выявления мошеннических операций [5]. В банке *J. P. Morgan* реализуют

общую стратегию, направленную одновременно на квантовые вычисления и квантовые коммуникации [3].

В английских *National Westminster Bank (NatWest)* и *Barclays Bank* квантовые вычисления применяют для решения задач оптимизации портфеля активов и клиринга, в американских *Goldman Sachs* и *J. P. Morgan* — для прогнозирования стоимости акций и ускорения процесса проверки клиентов, а в испано-латиноамериканском *Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA)* — для кредитного скоринга и инвестиций (по статической оптимизации инвестиционного портфеля более чем из 100 акций на адиабатическом квантовом вычислителе *Fujitsu*).

BBVA также провел ряд экспериментов по динамической оптимизации инвестиционного портфеля в реальном времени: совместные с компанией *Accenture* эксперименты на адиабатическом квантовом вычислителе *D-Wave*, опыты с испанским стартапом *Multiverse* на квантовом компьютере *IBM Q*. Последний эксперимент определил оптимальный сценарий торговли на основе исторических данных для портфеля из 52 акций [2].

Китайские компании финансовой отрасли успешно пилотируют квантово-устойчивые решения. В частности, под эгидой государства в интересах двенадцати банков запущена крупнейшая в мире сеть наземных квантовых коммуникаций протяженностью 4,6 тыс. км (от Пекина до Шанхая) при поддержке космического спутника. Крупнейшие мировые финансовые компании тесно сотрудничают с крупнейшими *IT*-корпорациями в сфере внедрения квантовых технологий: *J. P. Morgan Chase*, *Goldman Sachs*, *Barclays*, *Wells Fargo*, *MUFG*, *Mizuho*, *Tradeteq* и *Anthem* — участники *IBM Q Network*; *NatWest Group* — *Microsoft Quantum Network* [2].

В 2020 г. в России утверждена дорожная карта развития квантовых вычислений, а также созданы Национальная квантовая лаборатория и первый квантовый процессор на четырех кубитах. Локомотивами внедрения проектов под ее эгидой выступают отечественные крупнейшие корпорации. Среди них — «Росатом» (официально отвечает за развитие квантовых компьютеров в России), ОАО «РЖД» (отвечает за квантовые коммуникации) и ПАО «Газпром нефть», а среди финансовых компаний — АО «Газпромбанк».

Основные сферы внедрения квантовых технологий в банковском секторе
 Table 1. Main areas of implementation of quantum technologies in the banking sector

Основные сферы внедрения квантовых технологий	Банки, заинтересованные во внедрении технологий и производящие их «пилотирование»
Квантовые компьютеры и квантовые алгоритмы (ускорение решения оптимизационных задач и задач искусственного интеллекта с помощью квантовых компьютеров и квантовых алгоритмов): оптимизация портфелей, скоринг, риск-менеджмент, ценообразование, антифрод	<i>HNBC, Barclays, Goldman Sachs, J. P. Morgan, NatWest, BBVA</i> Газпромбанк, Банк «Центрокредит»
Квантовые коммуникации (аппаратные решения распределения криптографических ключей)	Сбербанк (Сбер), Газпромбанк
Постквантовая криптография (кибербезопасность, основанная на применении новых математических принципов шифрования для защиты от информационных атак с использованием высокопроизводительных классических и квантовых компьютеров)	<i>ABN Amro</i> , Газпромбанк

В Газпромбанке совместно со специалистами Российского квантового центра с помощью технологии квантовых вычислений решают задачи по оптимизации финансовых портфелей посредством обработки больших данных и машинного обучения моделей искусственного интеллекта. По мнению экспертов, «Российский квантовый центр быстро развивался и развивается во многом потому, что в него инвестирует Газпромбанк» [6]. В Газпромбанке и Сбербанке (Сбере) активно тестируют технологии квантового распределения ключей (КРК-метод распределения симметричных ключей между узлами сети связи), существенно повышающие криптостойкость классических методов шифрования (устойчивых к кибератакам, с применением как классических, так и квантовых компьютеров) и автоматизирующие процесс распределения ключей, исключая так называемый человеческий фактор.

Газпромбанк и Сбер также активно инвестируют в стартапы по квантово-устойчивым решениям. Подобного рода решения уже сегодня легко интегрируются в существующие банковские ИТ-системы, повышая степень защиты традиционных методов шифрования. В Сбере завершен комплексный аналитический проект по оценке влияния квантовой угрозы на деятельность экосистемы.

ИТ-службы крупных банков в рамках обеспечения собственной кибербезопасности начали планировать задачи интеграции в высоконагруженные каналы криптографических решений, устойчивых к перспективным атакам с использованием кванто-

вых компьютеров и квантовых технологий. По мнению экспертов, такого рода «решения требуют интеграции высокоскоростных аппаратных шифраторов на симметричных ключах и квантового распределения ключей, которое обеспечивает эти шифраторы секретными ключами», а «ученые работают над тем, чтобы квантовый и классический сигналы могли сосуществовать в одном оптоволокне на разных длинах волн» [3].

Основные направления внедрения квантовых технологий в банковском секторе представлены в таблице 1.

Ключевые тренды внедрения квантовых технологий в российском банковском бизнесе в среднесрочной перспективе

Квантовые компьютеры в перспективе способны решать недостижимые в настоящее время вычислительные задачи, превосходя по производительности наиболее совершенные суперкомпьютеры современности, а скорость передачи данных по квантовым каналам связи в значительной степени превосходит самые быстрые действующие сегодня телекоммуникационные сети.

Эксперты по квантовым технологиям из холдинга «РЖД», назначенного ответственным за развитие квантовых коммуникаций в России, прогнозируют существенный технологический прорыв в сфере квантовых технологий в ближайшие несколько лет: «Появление новых устройств полностью изменит нашу жизнь, как раньше это уже сделали компьютеры, интернет, мобильные телефоны» [7]. Отрасль в России динамично

развивается [7]. Приведем лишь некоторые факты за 2022 г.:

– в июне группа ученых из Российского квантового центра получила патент на физическую реализацию квантового компьютера на основе кудитов — квантовых систем, способных одновременно находиться более чем в двух состояниях;

– в июле российские ученые создали набор алгоритмов, позволяющих быстро разрабатывать квантовые приложения и различные вычислительные системы для решения сложных задач, в том числе взломов шифров;

– в ноябре команда ученых Московского физико-технического института (МФТИ) и Университета науки и технологий (НИТУ «МИСиС») создала четырехкубитный квантовый процессор, продемонстрировав на нем точность более 97 %;

– в декабре утвержден национальный профессиональный стандарт для специалистов по квантовым технологиям в России — «специалист по монтажу и технической эксплуатации квантовых сетей».

В январе 2023 г. российские ученые предложили уникальный алгоритм для точного расчета динамики квантовых систем, протокол для генерации запутанных состояний, помогающий создавать оптические чипы следующего поколения в сверхпроводящих кубитах, а значит, открывающий дополнительные возможности для будущих протоколов обработки квантовой информации устройств следующего поколения (например, вычислительных устройств) [7].

По мнению ведущих разработчиков и практиков [1], к наиболее востребованным сферам применения квантовых технологий в банковском бизнесе в среднесрочной перспективе относятся:

– оценка стоимости производных финансовых инструментов и риска инвестиционного портфеля; диверсификация инвестиционного портфеля и предсказание возможных кризисов (в рамках задач моделирования и решений квантовой оптимизации);

– финансовое прогнозирование, кредитный скоринг и обнаружение мошенничества (с применением технологий квантового машинного обучения);

– защита персональных данных и банковской тайны от квантовой угрозы с помощью технологий квантовой и постквантовой криптографии — инфраструктурных решений, обеспечивающих высокий уровень ки-

бербезопасности и способных нивелировать потенциальную угрозу «взлома» со стороны квантовых компьютеров, так как они обладают гораздо большей производительностью по сравнению с традиционными современными вычислительными средствами.

Решения относительно защиты передаваемых данных на глобальном уровне с использованием квантового распределения ключей, спутников и лазерной связи активно тестируют российские разработчики, и они могут быть в будущем применены (по аналогии с Китаем, создавшим крупнейшую в мире квантовую сеть) и для компаний финансовой отрасли, в том числе банков. В частности, под патронатом ОАО «РЖД» планируется создать российскую квантовую сеть протяженностью линий до 7 тысяч км [3].

По мнению ряда аналитиков, понимание поведения других игроков и их ресурсов на финансовых рынках на базе квантовых вычислений и моделирования позволит банкам и иным финансовым структурам гораздо эффективнее работать на финансовых рынках в ближайшие пять-десять лет [2; 8]. При этом, по мнению профессора МФТИ, руководителя группы квантовых технологий Российского квантового центра А. Федорова, «Россия должна перейти из категории стран, пытающихся сократить (десятилетний) отрыв в этой области, в некую самодостаточную экосистему». Согласно дорожной карте развития квантовых вычислений, «к концу 2024 года отечественные разработчики создадут квантовые процессоры на четырех платформах, квантовые компьютеры при этом будут состоять из 30–100 кубитов». В дальнейшем ожидается строительство принципиально новых типов нейронных сетей — квантовых, способных «в разы ускорить обучение нейронных сетей за счет квантов» [6]. По мнению отраслевых экспертов, «квантовая криптография подходит для защиты высоконагруженных каналов связи и каналов, по которым передается стратегически ценная информация», в том числе между банковскими офисами и дата-центрами, а также для видеоконференций топ-менеджмента, а «постквантовая криптография может решить задачи по безопасности ненагруженных каналов» и в целом перейти на «квантово-безопасную архитектуру» [3].

Основными сферами применения технологий постквантовой криптографии для за-

щиты информации в банковском бизнесе в среднесрочной перспективе, по нашему мнению, будут выступать процедуры аутентификации клиентов, защищенные от кибератак интернет-соединения и виртуальные каналы связи, системы электронного документооборота, хранилища данных, массивы больших данных (*Big Data*) в процессе передачи; *DLT*-проекты (с использованием технологии распределенных реестров) по защите транзакций квантово-устойчивыми электронно-цифровыми подписями (ЭЦП) и квантово-устойчивые смарт-контракты, конфиденциальные корпоративные вычисления.

Заключение

Несмотря на новизну применения квантовых технологий в банковском бизнесе, их роль сложно переоценить в банкинге ближайшего будущего. Квантовые компьютеры способны существенно увеличить производительность банковских *IT*-систем, решая вычислительные задачи, с которыми классические компьютеры, даже супермощные, не способны справиться в одиночку. Они значительно повышают эффективность мо-

делирования сложных систем и процессов, ускоряют решение задач оптимизации ресурсов, логистики, финансов и трейдинга, упрощают работу с большими данными с использованием моделей искусственного интеллекта (*AI*) и машинного обучения в нейронных сетях, а также помогают бороться с кибератаками и мошенничеством на финансовых рынках.

Квантовые же коммуникации и постквантовая криптография создают базу квантово-устойчивых решений в сфере кибербезопасности для хранения данных и защиты процедур аутентификации клиентов, внешних и внутренних коммуникаций, персональных данных клиентов и систем электронного документооборота. Ключевыми направлениями применения квантовых технологий в российском банковском бизнесе в среднесрочной перспективе, по мнению экспертов будут кредитный скоринг, оценка стоимости и уровня риска инвестиций, диверсификация портфелей инвестиций, финансовое прогнозирование, предсказание кризисов, обнаружение мошенничества, а также защита банковских и клиентских баз данных от квантовой угрозы, повышение уровня банковской кибербезопасности в целом.

Список источников

1. Квантовый банкинг // Connect. 2022. 7 ноября. URL: <https://www.connect-wit.ru/kvantovyj-banking.html> (дата обращения: 20.02.2023).
2. Юнусов Р. Как работают квантовые технологии в финансовом секторе? // Rb.ru. 2021. 19 июля. URL: <https://rb.ru/opinion/banki-vkladyvayutsya-v-kvanty/> (дата обращения: 21.02.2023).
3. Курочкин Ю. Берегите данные: как защититься от атак с применением квантового компьютера уже сегодня // Rb.ru. 26 января. 2021. URL: <https://rb.ru/opinion/quantum-cybersecurity> (дата обращения: 20.02.2023).
4. Банк впервые начал использовать квантовые вычисления для защиты от кибератак // Tadviser. Государство. Бизнес. Технологии. 2019. Июнь. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Банк_впервые_начал_использовать_квантовые_вычисления_для_защиты_от_кибератак (дата обращения: 21.02.2023).
5. Детинич Г. Крупнейший банк Великобритании начнет использовать квантовые технологии IBM // 3Dnews: Daily. Digital. Digest. 2022. 29 марта. URL: <https://3dnews.ru/1063005/krupneyshiy-bank-velikobritanii-beryot-na-voorugenie-kvantovie-tehnologii-ibm> (дата обращения: 20.02.2023).
6. Соснина М. «Кванты — это поезд, который еще можно догнать». Интервью с 27-летним профессором МФТИ Алексеем Федоровым // Rb.ru. 2021. 11 октября. URL: <https://rb.ru/interview/ya-vyuchu-vse> (дата обращения: 20.02.2023).
7. Квантовые компьютеры и сети в России // Tadviser. Государство. Бизнес. Технологии. 2023. 12 января. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Квантовые_компьютеры_и_сети_в_России (дата обращения: 20.02.2023).
8. Серов Е. Р., Васильев С. А. Ключевые тренды цифровой трансформации банковского бизнеса // Ученые записки Международного банковского института. 2022. № 2 (40). С. 201–221.

References

1. Quantum banking. Connect. Nov. 07, 2022. URL: <https://www.connect-wit.ru/kvantovyj-banking.html> (accessed on 20.02.2023). (In Russ.).

2. Yunusov R. How do quantum technologies work in the financial sector? Rb.ru. Jul. 19, 2021. URL: <https://rb.ru/opinion/banki-vkladyvayutsya-v-kvanty/> (accessed on 21.02.2023). (In Russ.).
3. Kurochkin Yu. Protect your data: How to protect against quantum computer attacks today. Rb.ru. Jan. 26, 2021. URL: <https://rb.ru/opinion/quantum-cybersecurity> (accessed on 20.02.2023). (In Russ.).
4. The bank for the first time began to use quantum computing for protection against cyberattacks. Tadviser. Jun. 2019. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Банк_впервые_начал_использовать_квантовые_вычисления_для_защиты_от_кибератак (accessed on 21.02.2023). (In Russ.).
5. Detinich G. The largest bank in the UK will start using quantum technologies from IBM. 3DNews. Mar. 29, 2022. URL: <https://3dnews.ru/1063005/krupneyshiy-bank-velikobritanii-beryot-na-voorugenie-kvantovie-tehnologii-ibm> (accessed on 20.02.2023). (In Russ.).
6. Sosnina M. "Quantums are a train that can still be caught up". Interview with 27-year-old MIPT professor Alexei Fedorov. Rb.ru. Oct. 11, 2021. URL: <https://rb.ru/interview/ya-vyuchu-vse> (accessed on 20.02.2023). (In Russ.).
7. Quantum computers and networks in Russia. Tadviser. Jan. 12, 2023. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Квантовые_компьютеры_и_сети_в_России (accessed on 20.02.2023). (In Russ.).
8. Serov E.R., Vasiliev S.A. Key trends in the digital transformation of the banking business. *Uchenye zapiski Mezhdunarodnogo bankovskogo instituta = Scientific Notes. International Banking Institute*. 2022;(2):201-221. (In Russ.).

Сведения об авторах

Евгений Романович Серов

кандидат экономических наук,
доцент кафедры экономики, управления
и предпринимательства

Международный банковский институт
имени Анатолия Собчака

191023, Санкт-Петербург, Невский пр., д. 60

Сергей Александрович Васильев

доктор экономических наук, профессор,
Советник ректора

Международный банковский институт
имени Анатолия Собчака

191023, Санкт-Петербург, Невский пр., д. 60

Поступила в редакцию 22.02.2023
Прошла рецензирование 20.03.2023
Подписана в печать 30.03.2023

Information about Authors

Evgeniy R. Serov

PhD in Economics, Associate Professor
at the Department of Economics, Management
and Entrepreneurship

International Banking Institute
named after Anatoliy Sobchak

60 Nevskiy Ave., St. Petersburg 191023, Russia

Sergey A. Vasiliev

D.Sc. in Economics, Professor,
Rector's Advisor

International Banking Institute
named after Anatoliy Sobchak

60 Nevskiy Ave., St. Petersburg 191023, Russia

Received 22.02.2023
Revised 20.03.2023
Accepted 30.03.2023

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest
related to the publication of this article.