

НОВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ



Д.С. ЛОБОВ, кандидат экономических наук
(АО «Кэпт»)

Поступила в редакцию: 09.04.2026
Принята к публикации: 11.05.2026

Квантовые технологии – решения в области квантовых вычислений, коммуникаций и сенсорики – способны в случае успешного развития изменить процессы и бизнес-модели субъектов экономики. Автор предлагает новые определения “квантовой трансформации” и “квантовизации” для описания данного явления и, учитывая исторический контекст технологического развития, предполагает, что квантовая трансформация станет основой для новой информационной революции.

XX век характеризовался высокими темпами создания и внедрения новых инструментов и методов управления информацией. Благодаря коренным изменениям в технологическом базисе было положено начало формированию информационного общества, значительно выросла роль информации как фактора производства. Динамика трансформации особенно заметна при рассмотрении хронологии развития технологий в последние 100–150 лет. При этом в XXI в. потенциал экспоненциального роста мощностей обработки информации на существующей технологической базе начинает исчерпывать себя, что подтверждается отказом от закона Мура, утверждавшего об удвоении количества транзисторов, размещаемых

на кристалле интегральной схемы, каждые 24 месяца¹.

Сегодня возможность формирования нового технологического базиса связывают с квантовыми технологиями, в основе которых лежат новые, ещё не изученные до конца принципы работы с физическими состояниями. Квантовые технологии позволяют создавать устройства и системы, способные решать задачи, недоступные или крайне труднодостижимые для традиционных решений. Развитие квантовых технологий в Российской Федерации поддерживается государством: в рамках реализации национальных программ “Цифровая экономика”

¹ Kish L.B. End of Moore's law: thermal (noise) death of integration in micro and nano electronics // *Physics Letters A*. 2002. Vol. 305. № 3. Pp. 144–149.

и “Экономика данных” были разработаны дорожные карты развития высокотехнологичных направлений с выделением государственных субсидий объёмом более 40 млрд руб.

Бюджетная эффективность программ, необходимая в условиях активной трансформации макроэкономической среды в период с 2022 г., может быть достигнута только при успешной коммерциализации разработанных продуктов. В январе 2026 г. глава Министерства цифрового развития заявил о возможности государственного финансирования проектов по внедрению квантовых технологий в размере 80–90% затрат. Системный подход регулятора к выделению мер финансовой поддержки на прикладное развитие направления в Российской Федерации может стать драйвером интенсификации пилотирования квантовых решений, что приведёт в свою очередь к формированию нового сегмента рынка информационных технологий, связанного с разработкой, внедрением, интеграцией и обслуживанием квантовых продуктов.

Так как квантовые технологии основаны на иных физических принципах, чем традиционные цифровые технологии, а успешное внедрение квантовых вычислений, коммуникаций и сенсоров в экономические процессы может оказать значительное влияние на экономику и общественную жизнь, автор считает необходимым ввести понятие “квантовой трансформации” и соответствующий понятийный аппарат, а также определить роль и место квантовой трансформации в историческом процессе развития информационного общества.

Обзор экономической и управленческой литературы в области квантовых технологий

Проведённый ранее автором обзор экономической и управленческой литературы по тематике квантовых технологий до 2024 г. выявил², что одной из наиболее распространённых тем исследований являлось развитие экосистемы участников зарождающегося рынка³.

Ряд работ был посвящён отраслевому обзору перспектив применения квантовых компьютеров. Значительный эффект от внедрения квантовых вычислений ожидался в сфере задач суррогатного моделирования дифференциальных уравнений в авиакосмической отрасли, симуляции динамики молекул и прогнозировании химической реактивности для химических и фармацевтических компаний, оптимизации логистических путей⁴. Отмечался

² Лобов Д.С., Шевчук Д.С. Экономические исследования в области квантовых технологий // Горизонты экономики. 2024. № 6(87). С. 70–79. EDN SHKWLS.

³ Purohit A., Kaur M., Seskir Z., et al. Building a quantum-ready ecosystem // IET Quantum Communication. 2023. Vol. 5. No 5. Pp. 1–18; Seskir Z., Korkmaz R., Aydinoglu A. The landscape of the quantum start-up ecosystem // EPJ Quantum Technology. 2022. Vol. 27. No 9. 10.1140/epjqt/s40507-022-00146-x; Gibney E. Quantum gold rush: the private funding pouring into quantum start-ups // Nature. 2019. No 574. Pp. 22–24. 10.1038/d41586-019-02935-4.

⁴ Bayerstadler A., Becquin G., et al. Quantum Technology and Application Consortium – QUTAC., Industry quantum computing applications // EPJ Quantum Technol. 2021. Vol. 8. No 25. Pp. 3–17; Озеров А.В., Переднев В.А., Охотников А.Л. Квантовые вычисления и железные дороги // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т. 4. № 1(13). С. 69–77. EDN IFKBSZ; Поликарпов П.В., Уваров Н.К., Хоменко А.Д. Экосистемы квантовых вычислений и перспективы использования их на транспорте // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2021. № 3(27). С. 52–60. EDN KQNVUN.

положительный результат при решении финансовых⁵ задач, например при анализе паттернов поведения клиентов, моделировании действий участников рынка в реальном времени⁶, повышении точности оценки стоимости деривативов⁷, оптимизации портфельного управления⁸, улучшении качества анализа трендов и клиентских данных⁹. Выявлен интерес научного сообщества к синтезу методов квантовых алгоритмов и машинного обучения. В данном контексте рассматриваются вопросы предиктивного анализа финансовых рынков¹⁰, высказаны гипотезы о повышении

точности пользовательских рекомендаций¹¹.

Прогнозировалось, что ключевой бизнес-моделью компаний, действующих на рынке квантовых компьютеров, станет производство облачных квантовых вычислений, в первую очередь из-за высоких затрат на разработку и внедрение¹². Был предложен термин "QaaS" – Quantum as a Service¹³. Исследователи провели экономическое моделирование теоретической ситуации дуополии на рынке вычислений, где одна компания предоставляет традиционные облачные услуги, другая – QaaS. По мнению авторов, более перспективной стала бизнес-модель компании, оказывающей квантовые услуги. Утверждалось, что затраты на достижение аналогичных вычислительных мощностей будут выше для компании с традиционными технологиями¹⁴.

Также были рассмотрены работы, посвященные технологии квантовых коммуникаций. Барьеры коммерциализации, выявленные в 2014–2015 гг., включали недостаточность сертификации и стандарти-

⁵ Srivastava R., Choi I., Cook T. *The Commercial Prospects for Quantum Computing // Networked Quantum Information Technologies*. 2016. No 1. P. 48; Bova F., Goldfarb A., Melko R. *Commercial applications of quantum computing // EPJ Quantum Technol.* 2021. Vol. 8. No 2. Pp. 1–13.

⁶ Sáez-Ortuño L., Huertas-García R., Forgas S., Sánchez-García J., Puerta E. *Quantum computing for market research // Journal of Innovation & Knowledge*. 2024. No 9.

⁷ Rebentrost P., Luongo A., Cheng B., Bosch S., Lloyd S. *Quantum computational finance for martingale asset pricing in incomplete markets // Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. No 1. Pp. 1–15; Stamatopoulos N., Mazzola G., Wöerner S., Zeng W. *Towards Quantum Advantage in Financial Market Risk using Quantum Gradient Algorithms // Quantum*. 2022. Vol. 6. P. 770.

⁸ Chou Y., Chang M., Jiang Y. et al. *An Investigation on Quantum-Inspired Algorithms for Portfolio Optimization Across Global Markets // IEEE Nanotechnology Magazine*. 2024. Vol. 18. No 4. Pp. 1–8.

⁹ Prakash P. *Enhancing business performance through quantum electronic analysis of optical data // Optical and Quantum Electronics*. 2023. Vol. 55. No 1056.

¹⁰ Dutta S., Innan N., Marchisio A., Ben S., Shafique M. *QADQN: Quantum Attention Deep Q-Network for Financial Market Prediction // arXiv preprint*. 2024; Красносельский Б.В. *Применение алгоритмов квантового машинного обучения на фондовом рынке // Наука. Технологии. инновации: Сб. научн. трудов XVII Всерос. научной конференции молодых ученых. В 11 частях, Новосибирск, 04–08 декабря 2023 г. Новосибирск, 2024. С. 145–147. EDN QVKDAS.*

¹¹ Крепышев Д.А., Лытнев Н.Н., Косников М.С., Бурусова В.Е. *Роль квантовых вычислений в экономическом анализе // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2023. № 194. С. 59–73. EDN IWHIVZ.

¹² Elyakim V. & Nursalim N. et al. *The Impact of Cloud Computing, Quantum Computing, and Blockchain on Data Security and Business Efficiency // Journal of Social Science*. 2024. No 1. Pp. 610–623.

¹³ How M.-L., Cheah S.-M. *Business Renaissance: Opportunities and Challenges at the Dawn of the Quantum Computing Era // Businesses*. 2023. Vol. 3. No 4. Pp. 585–605.

¹⁴ Bova F., Goldfarb A., Melko R. *Quantum Economic Advantage // Management Science*. 2022. Vol. 69. No 2. Pp. 1116–1126; Они же. *The Business Case for Quantum Computing // Managing Technology*. 2023. Vol. 64. No 3. URL: <https://shop.sloanreview.mit.edu/store/the-business-case-for-quantum-computing>

зации оборудования и технологий, низкий уровень послепродажного обслуживания, отсутствие необходимой телекоммуникационной инфраструктуры¹⁵. До сих пор нерешённой задачей остаётся создание “квантового повторителя”, позволяющего транслировать состояние фотона на протяжённые расстояния¹⁶. Отмечалась важность технологии для транспортной¹⁷, энергетической¹⁸ отраслей. Подчёркивалась возможность применения квантовых коммуникаций в целях защиты каналов центров обработки данных¹⁹, крупных финансовых организаций²⁰.

¹⁵ Al Natsheh A., Gbadegeshin S., Rimpiläinen A. et al. Identifying the Challenges in Commercializing High Technology: A Case Study of Quantum Key Distribution Technology // *Technology Innovation Management Review*. 2015. No 5. Pp. 26–36.

¹⁶ Freebody M. Quantum Communications Finds Many Paths to Commercialization // *Photonics spectra*. 2014. No 48. Pp. 42–45; Cavaliere F., Prati E., Poti L. et al. Secure Quantum Communication Technologies and Systems: From Labs to Markets // *Quantum Rep*. 2020. No 2. Pp. 80–106.

¹⁷ Раткин Л.С. Квантово-коммуникационные системы распределённых реестров для хранения и обработки данных о технических характеристиках и финансово-экономических параметрах инвестиционных проектов по разработке перспективных моделей автотранспорта // *Транспорт: наука, техника, управление*. Научный информационный сборник. 2021. № 5. С. 61–64. EDN OXIUII.

¹⁸ Салыгин В.И., Лобов Д.С. Перспективы применения технологий квантового распределения ключей на примере объектов нефтегазовой отрасли // *Дружковский вестник*. 2023. № 1(51). С. 246–253. EDN WHYEQQ.

¹⁹ Cavaliere F., Prati E., Poti L., Muhammad I., Catuogno T. Secure Quantum Communication Technologies and Systems: From Labs to Markets // *Quantum Rep*. 2020. No 2. Pp. 80–106.

²⁰ Батаев А.В., Батаева К.И. Оценка использования квантовой криптографии в финансовых институтах // *Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сб. трудов Всерос. научно-практической и учебно-методической конференции: в 8 ч., Санкт-Петербург, 15–19 мая 2023 г. Ч. 3. Санкт-Петербург, 2023. С. 20–30. EDN EGFWDT.*

При этом выявлен барьер коммерческого применения квантовых сетей в связи с высокой стоимостью оборудования²¹.

Работы, посвящённые аспектам коммерциализации квантовых технологий и выпущенные в период 2024–2026 гг., продолжают отвечать на вопросы о возможностях применения инноваций в бизнес-процессах и ожидаемых эффектах. Так, авторы предлагают обзор практик применения квантовых вычислений в финансовых задачах²². Подчёркивается роль технологии в развитии экономики полного цикла и реализации зелёных инициатив²³. Оригинальная идея предложена Й. Бонапарте, связанная с применением индекса развития квантовых технологий и оценкой его влияния на рынок ценных бумаг²⁴.

Несмотря на активную деятельность государственных и частных организаций, направленную на коммерциализацию квантовых технологий,

²¹ Там же.

²² Hlatshwayo M.Q. et al. A Technical Review of Quantum Computing Use-Cases for Finance and Economics. 2025; Kou G., Lu Y. *FinTech: a literature review of emerging financial technologies and applications* // *Financial Innovation*. 2025. Vol. 11. № 1. P. 1; Zhou J. Quantum finance: Exploring the implications of quantum computing on financial models // *Computational Economics*. 2026. T. 67. № 2. С. 1043–1072.

²³ Hassan S., Hassan S.Z. Quantum Technology Application in product Development for Sustainability // *International Journal of Scientific Research and Technology*. 2025; Zaman S. et al. *AI And Quantum Computing For Carbon-Neutral Supply Chains: A Systematic Review Of Innovations* // Available at SSRN5209788. 2025; Esho E.O., Akinyelu A.A., Dinis M.A.P. Sustainable generative AI and quantum computing: review assessment on the environmental impact of generative AI and quantum technologies // *Frontiers in Sustainability*. 2026. Vol. 7. P. 1726832.

²⁴ Bonaparte Y. From innovation to valuation: The role of quantum technologies in asset pricing // *Finance Research Letters*. 2025. P. 108281.

большой объём научной литературы, посвящённой практикам плотного применения инновации, отсутствуют фундаментальные работы, посвящённые анализу сущности явления с точки зрения экономической и управленческой наук, исследующие развитие квантовых технологий как этап в историческом процессе формирования информационного общества.

Само понятие “квантовой трансформации”, предложенное автором к изучению в данной статье, в экономической науке и менеджменте отсутствует не только в российских, но и зарубежных источниках. Наиболее частое на сегодняшний день упоминание “квантовой трансформации” выявлено только в психологии²⁵ (резкое изменение психологического состояния человека) и физике²⁶.

Текущая стадия развития информационного общества и цифровые технологии

Информационное общество определяется как общество, в котором процесс производства, передачи и обработки информации имеет значительное экономическое, культурное и социальное значение, в первую очередь благодаря развитию и внедрению информационных технологий²⁷.

Сегодня цифровые технологии лежат в основе информационного

общества. Их развитие осуществлялась поэтапно. Общепринятый подход к определению поколений вычислительных машин отмечен в работе Н. Дои, К. Фурукавы и К. Фучи²⁸. Авторы выделяют 5 поколений компьютерных (цифровых) технологий (табл. 1).

Ещё в 1987 г. авторы предвидели, что развитие интегральных технологий и традиционных вычислений приведёт к формированию и развитию искусственного интеллекта (ИИ) в рамках пятого поколения компьютерных (цифровых) технологий.

Процесс внедрения цифровых технологий в деятельность субъектов информационного общества связан с понятием цифровой трансформации. Для понимания сущности явления “цифровой трансформации” автор провёл семантический анализ 43 определений, представленных в работе Э. Гианлуки²⁹. В ходе анализа было выявлено, что:

- организация упоминается 5 раз в качестве субъекта изменений, компания была выделена в качестве субъекта цифровой трансформации 5 раз, в отличие от отрасли (3 раза) или субъекта экономики (2 раза);
- цифровые технологии (16 раз) – как основной инструмент осуществления цифровой трансформации. Вопреки сути самого определения, термин “технологии”, включающий широкий спектр разработок, не ограничивающихся решениями в области традиционных бинарных вычислений, встречался 8 раз;

²⁵ Fosha D. *Quantum transformation in trauma and treatment: Traversing the crisis of healing change* // *Journal of clinical psychology*. 2006. Vol. 62. No 5. Pp. 569–583.

²⁶ Faraggi A.E., Matone M. *Quantum transformations* // *Physics Letters A*. 1998. Vol. 249. No 3. Pp. 180–190.

²⁷ Information Society / Science Direct. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/information-society>

²⁸ Furukawa K. et al. *Fifth-generation computer systems and their impact on society*. 1987.

²⁹ Gianluca E. et al. *The digital transformation canvas: A conceptual framework for leading the digital transformation process* // *Business Horizons*. 2024. Vol. 4. No 67. Pp. 381–398.

Поколения компьютерных (цифровых) технологий

Поколение	Период внедрения	Компонент
1	1946–1958	Вакуумные трубки
2	1959–1964	Транзисторы
3	1965–1977	Интегральные схемы
4	1978–1983	Большие интегральные схемы (VLSI)
5	1984 – далее	Большие интегральные схемы (LSI)

Источник: разработано автором на основе Furukawa K. et al. *Fifth-generation computer systems and their impact on society*. 1987.

- изменение, применение (по 7 раз) и использование (9 раз) – как основные действия, связанные с инструментом воздействия;

- бизнес-модель (14 раз) и процессы (13 раз) – как ключевые объекты цифровой трансформации;

- создание ценности (4 раза), повышение эффективности и улучшение результатов деятельности (6 раз) определяются в качестве конечных результатов проведения трансформации. Также важную роль играет улучшение клиентского опыта, суть которого была представлена в различных формулировках 4 раза.

Таким образом, понятие цифровой трансформации в литературе связано прежде всего с менеджериальным подходом в научном дискурсе. Основной акцент сделан на микроэкономический характер сущности цифровой трансформации, связанный с изменением бизнес-модели фирмы в целях повышения её эффективности. По мнению автора, универсальным может являться определение, отходящее от ограничивающих сущность явления терминов, характерных для классической школы экономики. Так, цифровая трансформация может быть осуществлена не только в коммерческих, но и государственных учреж-

дениях, а бенефициарами изменений становятся не только конечные клиенты, но и внутренние пользователи. При этом необходимо сохранить акцент на масштаб осуществляемой трансформации.

“Цифровая трансформация – изменение модели и процессов функционирования субъекта экономики за счёт широкого применения цифровых технологий в целях повышения эффективности его деятельности и удовлетворенности заинтересованных сторон”.

Цифровая трансформация³⁰ реализуется поэтапно (рис. 1):

- оцифровка (digitization): преобразование аналоговой информации или ручных операций в цифровую форму (соответствует 1–4 поколениям компьютерных (цифровых) технологий);

- цифровизация (digitalization): использование цифровых технологий для улучшения или перепроектирования отдельных процессов (соответствует 5 поколению компьютерных (цифровых) технологий);

- цифровая трансформация (digital transformation): масштабные

³⁰ Verhoef P.C. et al. *Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda* // *Journal of business research*. 2021. No 122. Pp. 889–901.

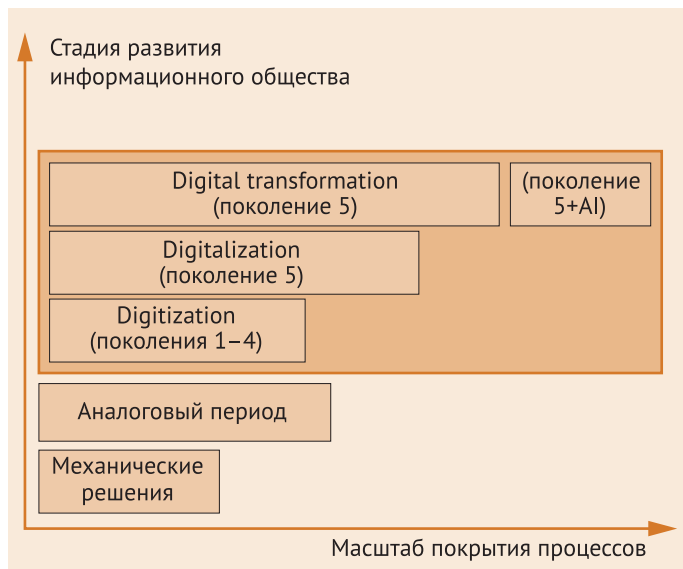


Рис. 1. Цифровая трансформация как этап информационного развития общества.
Разработано автором

организационные или социальные изменения, достигаемые за счёт применения цифровых технологий (соответствует высокому уровню зрелости 5 поколения компьютерных (цифровых) технологий).

В результате успешной цифровой трансформации ключевых отраслей экономики и внедрения ИИ достигнут высокий масштаб покрытия процессов инструментами автоматизации (см. рис. 1). Интеллектуальные системы позволили не только упростить рутинные задачи, но и автоматизировать решение творческих и управленческих функций с применением ИИ-ассистентов и LLM-моделей.

Можно говорить о появлении “цифровой организации”. “Цифровая организация – это организация, использующая цифровые технологии во внутренней и внешней деятельности, в результате трансформации основных бизнес-процессов”³¹.

³¹ Sousa M.J., Moço I. Management in modern organizations: Organizational, innovation, and knowledge management theories // Handbook

Кумулятивный эффект цифровой трансформации отдельных субъектов экономики наблюдается в масштабах отраслей, национальных и мировой экономик. Коренное изменение жизнедеятельности позволяет говорить о революционном характере преобразований, связанном с понятием “информационной революции”.

Информационную революцию, основанную на цифровых технологиях, можно назвать четвёртой в истории человечества (табл. 2 – разработано автором на основе³²). Существуют различные взгляды на хронологию информационных революций. Б.В. Рейвард отмечает

of research on information architecture and management in modern organizations. 2016. Pp. 154–179.

³² Rayward W.B. Information revolutions, the information society, and the future of the history of information science // Library Trends. 2014. Vol. 62. No 3. Pp. 681–713; Fang I. A history of mass communication: Six information revolutions. Routledge, 1997; Rosaldo R. The Cultural Impact of the Printed Word A Review Article // Comparative Studies in Society and History. 1981. Vol. 23. No 3. Pp. 508–513.

Информационные революции в мировой истории

Революция	Покрытие технологии	Общественный эффект
Первая революция: создание письменности	Новый процесс: хранение информации	Развитие общественной элиты: доступ ограниченного круга лиц к знаниям. Формирование религии и философии
Вторая революция: книгопечатание	Улучшение: скорость записи информации увеличилась более чем в 15 раз по сравнению с ручной записью	Расширение доступа общества к информации. Религиозная реформация, возникновение научной мысли, Ренессанс
Третья революция: аналоговые технологии	Новый процесс: скоростная передача информации. Улучшение: хранение информации в звуковом, визуальном форматах	Доступ широких слоёв населения к информации в печатном, звуковом и визуальном форматах. Формирование культуры масс-медиа
Четвёртая революция: цифровые технологии	Новые процессы: автоматическая обработка информации; автоматическое принятие решений, задел в области автоматизации человеческого творческого труда с применением ИИ. Улучшение: увеличение объёма хранения информации в цифровом формате; увеличение объёма, скорости передаваемой информации, расширение дистанции передачи информации	Доступ широких слоёв населения к источникам информации в печатном, звуковом и визуальном форматах моментально в больших объёмах в любой точке мира. Глобализация с экономическими и культурными эффектами

три основных этапа: 1) эра книгопечатания, 2) эра аналоговых технологий, 3) цифровая эра³³. Согласно И. Фэнгу, в человеческой истории наблюдается 5 информационных революций: 1) письменность; 2) книгопечатание; 3) массовая печать; 4) масс-медиа и радио; 5) масс-

медиа и телевидение, телефонная связь; 6) эпоха компьютера и интернета³⁴. В своем подходе к классификации информационных революций И. Фэнг подчёркивает роль технологий в культурной трансформации современного западного общества.

Итогом информационных революций – совокупности масштабных изменений, происходящих во

³³ Rayward W.B. *Information revolutions, the information society, and the future of the history of information science // Library Trends*. 2014. Vol. 62. No 3. Pp. 681–713.

³⁴ Fang I. *A history of mass communication: Six information revolutions*. Routledge, 1997.

всех сферах жизнедеятельности общества в результате развития информационных технологий, применяемых для получения, хранения, обработки, передачи данных, принятия решений, становится развитие информационного общества. Переход к пятой информационной революции может быть связан с квантовыми технологиями, представляющими новый технологический базис для ускоренного развития общества благодаря недоступным ранее возможностям в области решения оптимизационных задач и безопасной передачи данных.

Квантовые технологии и новый этап развития информационного общества

Квантовые технологии включают три направления деятельности (квантовую триаду): квантовые вычисления, коммуникации и сенсоры.

Квантовые вычисления – это решение задач при помощи манипуляции квантовыми объектами: атомами, молекулами, фотонами, электронами и специально созданными макроструктурами. Квантовые алгоритмы и вычислительные устройства разрабатываются прежде всего для решения оптимизационных задач.

Квантовые коммуникации – это передача информации посредством прямой передачи квантовых состояний или посредством квантовой запутанности. В квантовых коммуникациях в настоящее время в качестве квантовой системы для передачи информации используются фотоны, а основными системами передачи квантовой информации являются квантовые оптические

системы³⁵. В связи с ограниченной скоростью передачи данных в квантовых сетях наиболее развитое сегодня приложение квантовых коммуникаций – квантовое распределение ключей, то есть процедура выработки и распределения секретных ключей, реализуемая с помощью квантовых криптографических протоколов и квантовых каналов связи.

Квантовые сенсоры – высокочувствительные приборы, основанные на регистрации индивидуальных квантовых эффектов. Например, такие устройства метрологии, как квантовый гравиметр, градиометр, атомные часы и т.д.

Сегодня квантовые технологии находятся в процессе становления в качестве самостоятельного сегмента информационных технологий и ожидается, что концепции продуктов и услуг претерпят значительные изменения по мере их дальнейшего развития (табл. 3 – *разработано автором на основе*³⁶).

³⁵ Предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Квантовые коммуникации. Москва: Российский институт стандартизации. 2023.

³⁶ Meddeb A. Quantum internet building blocks state of research and development // *Computer Networks*. 2025. Vol. 261. P. 111151; Elyakim V., Nursalim N., Budiaji I., Arina F., Susilo D. The Impact of Cloud Computing, Quantum Computing, and Blockchain on Data Security and Business Efficiency // *Journal of Social Science*. 2024. No 1. Pp. 610–623; How M.-L., Cheah S.-M. Business Renaissance: Opportunities and Challenges at the Dawn of the Quantum Computing Era // *Businesses*. 2023. Vol. 3. No 4. Pp. 585–605; Код Безопасности: квантово-защищенный VPN: интегрированное решение компаний "Код Безопасности" и "КурЭйт". 2020. URL: <https://www.securitycode.ru/company/news/kvantovo-zashchishchennyy-vpn-integrirovannoe-reshenie-kompaniy-kod-bezopasnosti-i-kureyt/?ysclid=m3uhd28me459746736>; Priyadarshy S. Guest Editorial–Quantum Computing: A Beacon of Transformation for the Oil and Gas Industry. 2024.

Коммерциализация квантовых технологий сегодня и в будущем

Технологии	Текущее понимание рынка	Ожидаемые изменения
Квантовые вычисления	Квантовые гибридные алгоритмы доступны к внедрению уже сегодня (способны работать на квантовых компьютерах и на классических GPU). Однако в связи с отсутствием квантового элемента текущая реализация не является предметом квантовой трансформации. Прогнозируется, что ключевой бизнес-моделью компаний, действующих на рынке квантовых компьютеров, станет оказание услуг облачных квантовых вычислений, в первую очередь из-за высоких затрат на разработку и внедрение инфраструктуры, снижающих доступность собственного решения в контуре организаций. Предлагается термин "QaaS" – Quantum as a Service	Предполагается возможность создания квантового интернета, в котором высокопроизводительные квантовые компьютеры будут объединены в сеть квантовыми коммуникациями, расширенный функционал которых позволит безопасно передавать не только квантовые ключи, но и большие объёмы данных. Квантовые сенсоры будут применяться для считывания состояний в продвинутых системах квантового IoT. Атомные часы позволят синхронизировать работу элементов квантового интернета
Квантовые коммуникации	Технологии квантовых коммуникаций можно отнести к новому поколению решений информационной безопасности. Сформированы концепции новых продуктов и услуг, таких как "квантовый VPN" и "передача квантового ключа". Фотоны передаются от передатчика к устройству приёма по оптоволоконным каналам, последовательность ложится в основу ключа шифрования, который автоматически загружается в СКЗИ	
Квантовые сенсоры	Данные собираются с применением квантового сенсора и далее обрабатываются классическими цифровыми решениями. Например, квантовые сенсоры могут применяться для повышения точности геологоразведочных работ	

URL: <https://jpt.spe.org/guest-editorial-quantum-computing-a-beacon-of-transformation-for-the-oil-and-gas-industry>; Nellis A. The quantum internet, explained // Uchicago News. URL: <https://news.uchicago.edu/explainer/quantum-internet-explained56>; Sousa M.J., Moço I. Management in modern organizations: Organizational, innovation, and knowledge management theories // Handbook of research on information architecture and management in modern organizations. 2016. Pp. 154–179.

Таблица 3 (окончание)

Технологии	Текущее понимание рынка	Ожидаемые изменения
Итого	Отсутствие синергетического эффекта. Набор узконаправленных инструментов: – ускорение решения оптимизационных задач на основе данных, собранных и хранящихся с применением традиционных цифровых технологий; – передача по классическим каналам данных, зашифрованных квантовым ключом; – повышение точности сбора данных с применением сенсоров для дальнейшего анализа с применением цифровых технологий	Синергетический эффект квантового интернета: – значительное ускорение решения оптимизационных задач и повышение надёжности облачных услуг благодаря распределённой сети квантовых вычислителей; – ускоренная и безопасная передача данных по квантовым каналам; – повышение точности сбора данных с применением сенсоров; – возможность полного цикла работы с данными: сбора, передачи и обработки с применением квантовых технологий

Внедрение квантовых решений станет новым и самостоятельным этапом развития информационных технологий благодаря новым физическим принципам работы оборудования и значительным потенциальным эффектам его применения в экономике. Термин “трансформация” в отношении квантовых технологий считается обоснованным, так как появление квантового интернета с повышением безопасности передачи данных, ускорением решения оптимизационных задач может привести к изменению бизнес-модели субъектов экономики за счёт изменения её ключевых параметров (клиентские сегменты, партнерства, структура затрат и т.д.). Основываясь на анализе понятия цифровой трансформации, в соответствии с принципом аналогии, автор предлагает следующее определение явления:

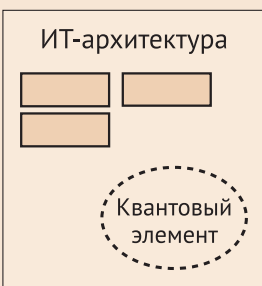
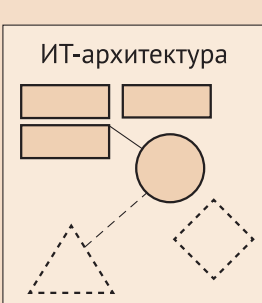
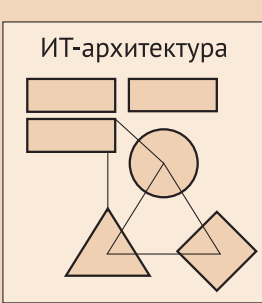
“Квантовая трансформация – изменение модели и процессов функционирования субъекта экономики за счёт широкого применения кван-

товых технологий в целях повышения эффективности его деятельности и удовлетворенности заинтересованных сторон”.

В отличие от цифровой трансформации, где переход осуществлялся от организации, применяющей ручной труд и аналоговые решения, к “цифровой организации”, обеспечивающей максимально возможное покрытие ключевых процессов цифровыми технологиями, квантовая трансформация подразумевает переход от состояния “цифровой организации” к состоянию “гибридной организации” за счёт внедрения “квантовой надстройки” в ИТ-архитектуру (табл. 4 – разработано автором на основе³⁷).

³⁷ Sousa M.J., Moço I. Management in modern organizations: Organizational, innovation, and knowledge management theories // Handbook of research on information architecture and management in modern organizations. 2016. Pp. 154–179; Snow C.C., Fjeldstad O.D., Langer A.M. Designing the digital organization // Journal of organization Design. 2017. Vol. 6. No 1. P. 7.

Этапы квантовой трансформации организации

Стадия информационного развития организации и общества	Описание	Интеграция квантовых технологий
Цифровая организация	Организация использует цифровые технологии в основных бизнес-процессах. Квантовые технологии не применяются или внедряются в масштабе пилотных тестирований. Возможно применение гибридных квантовых алгоритмов на классическом GPU	ИТ-архитектура 
Цифровая организации на стадии "квантовизации"	Организация продолжает использовать цифровые технологии в основных бизнес-процессах, но некоторые из основных или второстепенных бизнес-процессов реализуются с применением разрозненных или частично интегрированных квантовых технологий	ИТ-архитектура 
Гибридная организации на стадии квантовой трансформации	Организация продолжает использовать цифровые технологии в основных бизнес-процессах, но ряд основных и второстепенных бизнес-процессов реализуется с применением интегрированных квантовых технологий	ИТ-архитектура 

Как и цифровая трансформация, квантовая будет реализовываться в несколько этапов. Переходный период по аналогии с "digitization" может носить название "quantumization", где "квантовизация" – это замена цифровых технологий квантовыми в отдельных процессах.

"Гибридная организация – это организация, использующая цифровые и квантовые технологии в основной деятельности в результате квантовой трансформации основных бизнес-процессов". Появление гибридных организаций в результате квантовой трансформации может стать свидетельством наступления

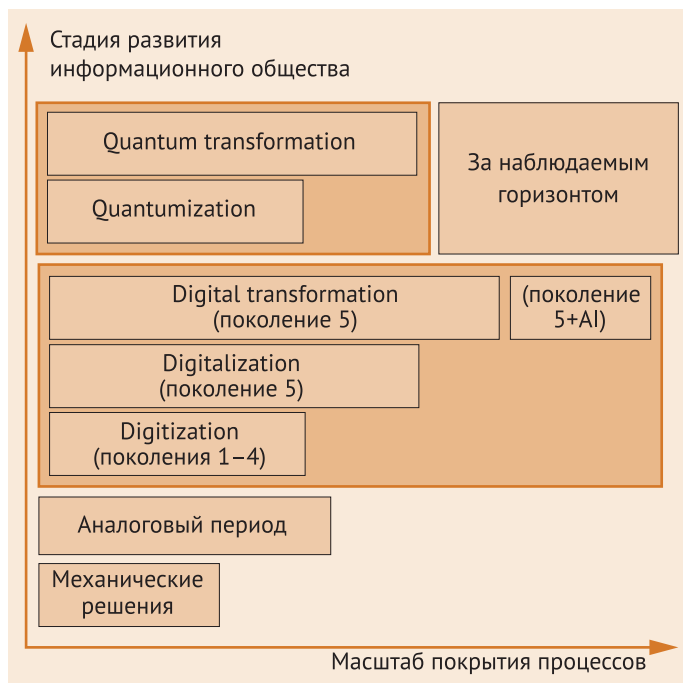


Рис. 2. Квантовая трансформация как новый этап развития информационного общества.
Разработано автором

информационной революции и перехода к новому этапу развития информационного общества. Специфика новой информационной революции, вызванной квантовой трансформацией, может заключаться в ограниченном покрытии экономических процессов (квантовые компьютеры направлены преимущественно на решение оптимизационных задач), тем не менее данная гипотеза может быть связана с ограничением наблюдаемого горизонта развития квантовых технологий на данном историческом этапе (рис. 2).

Выводы

Сегодня информационное общество находится на последнем этапе развития цифровых технологий, характеризующемся внедрением решений искусственного интеллекта.

Отказ от закона Мура может свидетельствовать о возможном завершении данного технологического передела и наступлении новой информационной революции. В её основу могут лечь квантовые технологии, способные в долгосрочной перспективе кардинально изменить бизнес-процессы и модели субъектов экономики за счёт максимизации вычислительных возможностей при решении оптимизационных задач и обеспечения высокого уровня безопасности данных. Данный процесс получит название “квантовой трансформации”. Как и цифровая трансформация, квантовая будет реализовываться в несколько этапов. В среднесрочной перспективе возможна “квантовизация” экономики, характеризующаяся спорадическим внедрением изолированных решений квантовых технологий.