



# ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ КОНЦЕПЦИИ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ

© Кузьминов А.Н., Некрасов С.А., Поликарпова Е.В.,  
Поликарпов В.С., 2025

*Кузьминов Александр Николаевич*, доктор экономических наук, доцент, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), Московский университет им. С.Ю. Витте, Ростов-на-Дону, Россия;  
ORCID: 0000-0002-9835-7598; eLibrary SPIN: 8172-0585; mr.azs@mail.ru

*Некрасов Сергей Александрович*, доктор экономических наук, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия;  
ORCID: 0000-0002-7649-0515; eLibrary SPIN: 9623-0772; san693@mail.ru

*Поликарпова Елена Витальевна*, доктор философских наук, доцент, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия;  
ORCID: 0000-0002-9364-108X; eLibrary SPIN: 3750-3950; evpolikarpova@sfedu.ru

*Поликарпов Виталий Семенович*, доктор философских наук, профессор, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия;  
ORCID: 0000-0003-1084-6061; eLibrary SPIN: 7747-0242; vspolikarp@gmail.com

Статья поступила: 06.07.2025, принята к печати: 26.09.2025

## Оригинальная статья

**Аннотация.** Цель статьи – показать значение трансдисциплинарного подхода, опирающегося на вероятностную и ценологическую теории, в выявлении потенциала квантовых технологий (компьютеров, вычислений, связи, зондирования и т.д.) в реалиях информационно-сетевого общества для формирования инструментов устойчивого экономического развития. Выбран используемый в науке (техно)ценологический подход, теория струн, конвергентная модель нано-, био-, инфо-, когно- и социальной технологий (НБИКС-технологий), квантовая модель Д. Боба, холистский (целостный) подход. В качестве методологии и логики научного исследования как составляющей современного научного познания используется трансдисциплинарный подход, что дает возможность показать значимость квантовых технологий (квантовых компьютеров и пр.) в достижении устойчивого развития региональных сообществ. На основе научного синтеза в работе доказана роль трансдисциплинарного подхода в качестве методологического и логического источника инварианта «стабильности» («устойчивости»), который признается функционалом большинства процессов окружающего мира, в том числе социо-природной реальности. Это обуславливает необходимость разработки иного, вероятностного, взгляда на реальность и технологии топологического типа, включая инструменты, технологии, принципы, которые обеспечивают квантовое представление посредством возможности проактивного сохранения сложности. Исследуемый с позиции трансдисциплинарного подхода инвариант стабильности позволяет выявить значимость теории квантовых систем в моделировании социальных, экономических, культурных и других процессов, влияющих, прежде всего, на формирующиеся новые производительные силы общества в контексте ценологической теории, что влечет за собой возникновение качественно иного социума.

**Ключевые слова:** квантовые системы, интернет, устойчивое развитие общества, ценология, междисциплинарная методология, нано-, био-, инфо-, когно- и социальные технологии, инвариант стабильности, квантовые вычисления, квантовые коммуникации, квантовое зондирование, квантовый топологический компьютер.

**Классификация JEL:** R10; O21.

**Для цитирования:** Кузьминов А.Н., Некрасов С.А., Поликарпова Е.В., Поликарпов В.С. (2025). Трансдисциплинарный подход к формированию концепции квантовых технологий в управлении // Экономическая наука современной России. Т. 28. № 4. С. 22–35. [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28\(4\)-22-35](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28(4)-22-35). EDN: QUCHQI



# TRANSDISCIPLINARY APPROACH TO THE FORMATION OF THE CONCEPT OF QUANTUM TECHNOLOGIES IN MANAGEMENT

© Kuzminov A.N., Nekrasov S.A., Polikarpova E.V., Polikarpov V.S., 2025

*Aleksandr N. Kuzminov, Dr. Sci. (Economics)*, Rostov State University of Economics (RSUE), Rostov-on-Don, Moscow Witte University, Moscow, Russia;

ORCID: 0000-0002-9835-7598; eLibrary SPIN: 8172-0585; mr.azs@mail.ru

*Sergey A. Nekrasov, Dr. Sci. (Economics)*, Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

ORCID: 0000-0002-7649-0515; eLibrary SPIN: 9623-0772; san693@mail.ru

*Elena V. Polikarpova, Dr. Sci. (Philos.)*, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia;

ORCID: 0000-0002-9364-108X; eLibrary SPIN: 3750-3950; evpolikarpova@sfsu.ru

*Vitaly S. Polikarpov, Dr. Sci. (Philos.)*, Professor, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia;

ORCID: 0000-0003-1084-6061; eLibrary SPIN: 7747-0242; vspolikarp@gmail.com

Received: 07/06/2025, Accepted: 09/26/2025

## Original article

**Abstract.** The purpose of the paper – to demonstrate the importance of a transdisciplinary approach based on probabilistic and cenological theories in identifying the potential of quantum technologies (computers, calculations, communications, sensing, etc.) in the realities of an information-network society for the formation of tools for sustainable economic development. The (techno) cenological approach used in science, string theory, the convergent model of nano-, bio-, info-, cogno- and social technologies (NBICS technologies), the quantum model of D. Bohm, and the holistic (integral) approach are selected. In the means of methodology and logics of scientific research as a component of modern scientific knowledge the transdisciplinary approach is used, which makes possible to show the importance of quantum technologies (quantum computers, etc.) in achieving sustainable development of regional communities. Based on scientific synthesis, the role of the transdisciplinary approach as a methodological and logical source of the invariant of “stability” (“sustainability”), which is recognized as functionality of most processes in the world, including socio-natural reality, was proved. This necessitates the development of a different probabilistic view of reality and topological technologies, including tools, technologies, and principles that quantum representation provides through the possibility of proactively preserving complexity. The stability invariant studied from the position of a transdisciplinary approach allows us to identify the significance of the theory of quantum systems in modeling social, economic, cultural and other processes that primarily influence the emerging new productive forces of society in the context of cenological theory, which entails the emergence of a qualitatively different society.

**Keywords:** quantum systems, Internet, sustainable development of society, cenology, interdisciplinary methodology, nano-, bio-, info-, cogno- and social technologies, stability invariant, quantum computing, quantum communications, quantum probing, quantum topological computer.

**Classification JEL:** R10; O21.

**For reference:** Kuzminov A.N., Nekrasov S.A., Polikarpova E.V., Polikarpov V.S. Transdisciplinary approach to the concept of quantum technologies in management. *Economics of Contemporary Russia*. 2025;28(4):22–35. (In Russ.) [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28\(4\)-22-35](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28(4)-22-35). EDN: QUCHQI

## ВВЕДЕНИЕ

Задачи экономического развития неотъемлемо связаны с решением вопросов рационального использования ограниченных ресурсов. Благодаря быстрому развитию информатизации доступно для анализа значительное число факторов, включая состояние экономики страны, технологическое и социальное развитие того или иного региона, которые оказывают влияние на характер потребления ресурсов, включая финансовые, трудовые и энергетические. Все они в современных условиях неопределенности превращают управляемый ресурсный, в том числе, энергетический баланс, в некоторую нелинейную и изменяющуюся во времени хаотическую систему, что затрудняет прогнозирование и балансировку всех сложных взаимосвязей и создает огромную проблему для прогнозирования, планирования, эксплуатации и т.д. (Домников, Домникова, 2017). Авторы исходят из гипотезы о зависимости неопределенности от подобного усложнения, порождаемой инерционными эффектами динамики реальных социально-экономических систем. Она выступает следствием диалектики развития науки, общества, технологий в виде роста детализации и сложности, информационной неопределенности выбора и интерпретации, неопределенности Гейзенберга, глобализации и глокализации и т.п.

Существующие традиционные методы решения указанной проблемы пытаются количественно оценить погрешность прогнозирования, вызванную различными внешними факторами окружающей среды и снизить неопределенность посредством случайного программирования. Однако число таких факторов может увеличиваться с развитием системы, тем самым повышая требования к методам количественной оценки возникающей неопределенности, учитывая также роль субъекта при принятии последующих управленческих решений. Поэтому в данной статье актуализируется трансдисциплинарный<sup>1</sup> подход, включающий многоэтапную процедуру планирования на основе оценки неопределенности инструментами стоха-

стического планирования, объективность которого обеспечивается принятием решений посредством процедур скользящего планирования, исключающих возможные субъективные искажения (Домников, Домникова, 2017).

Ключевой в данной концепции выступает квантовая модель прогнозирования, использующая критерии минимальной эквивалентной энтропии для качественного анализа и учета ошибок, которые проявляются при моделировании неопределенности. Скользящее планирование, основанное на прогнозирующем управлении модели, учитывает адаптивность социально-экономической системы в процессе долгосрочного планирования и позволяет своевременно скорректировать схему планирования, чтобы учесть воздействие непредсказуемых неопределенностей.

Рабочей гипотезой исследования является предположение о возможности качественного улучшения прогнозов путем корректировки параметров в процессе адаптации модели в границах негауссовых распределений, характерных для широкого класса множеств элементов как неживой природы, биологических ценозов, так и человеческих сообществ, динамика которых согласуется с квантовым представлением градиента параметров ресурсной обеспеченности (Гнатюк, 2023).

Следует отметить, что особая актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена формой усложнения современных региональных социально-экономических систем, порождающей рост разнообразия процессов, объектов управления, номенклатуры изделий и т.д., что требует координации потребителей, источников возникновения и распределения ресурсов, особенно в их многоаспектном представлении при моделировании. Так, учитывая отраслевые, географические, политические, национальные и другие особенности региона, можно отметить, что такая система уязвима перед различными внутренними и внешними факторами, что приводит к постепенному отклонению от первоначальных схем планирования и функционирования. Один только COVID-19 в 2019 г. показал большое воздействие и последствия непредсказуемого негативного события, как пандемия на развитие различных отраслей экономики, что привело к стагнации, а в некоторых случаях – даже к регрессу. Например, в результате пандемии планирование и строительство энергетических систем в различных регионах столкнулись с серьезными проблемами<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Трансдисциплинарный и междисциплинарный подходы в научных исследованиях отличаются тем, что трансдисциплинарный предполагает выход за рамки конкретных дисциплин, а междисциплинарный – взаимодействие между дисциплинами. При этом нет единого мнения о соотношении этих понятий: некоторые исследователи считают, что трансдисциплинарность тождественна междисциплинарности, другие подчеркивают ее принципиальные отличия. Важно: трансдисциплинарность не антагонистична междисциплинарности, а дополняет ее, так как соединяет различные фрагменты реальности в единую картину.

<sup>2</sup> Коронакризис: влияние COVID-19 на ТЭК в мире и России. Доклад Центра энергетики Московской школы управления Сколково. 2020 г. Электронный ресурс. URL: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_COVID19\\_and\\_Energy\\_sector\\_RU.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_COVID19_and_Energy_sector_RU.pdf)

К сожалению, многие подобные непредвиденные обстоятельства трудно прогнозировать, а социально-экономическую систему следует тогда представлять, как крупномасштабное сообщество, где используются оценки иного характера, преодолевающие ограничения неопределенности.

Основываясь на вышеизложенных предположениях, чтобы схема планирования лучше соответствовала трансформирующейся структуре экономического сообщества, с одной стороны, необходимо исходить из более точных суждений и оценки неопределенностей. С другой стороны, планирование, являющееся ключевым средством балансирования спроса и предложения ограниченных ресурсов, необходимо постоянно корректировать, чтобы обеспечивать локальное равновесие. Кроме того, известна методологическая проблема в привлечении самых современных технологий к моделированию в различных областях постоянно усложняющегося и нацеленного на устойчивое развитие информационно-сетевого общества, возникшего в ответ на происходящие трансформации.

В данном случае следует принимать во внимание критерии «устойчивого» положения «развитого информационно-сетевого общества», которые выработаны в современной науке. Такого рода «устойчивое развитие» основано на балансе между технологическим прогрессом, социальной инклюзивностью, экономической стабильностью и экологической ответственностью. Здесь основные критерии – технологическая (доступ ИКТ, кибербезопасность, инновационность), социальная (цифровая грамотность, права человека в цифровой среде), экономическая (цифровая экономика, устойчивые бизнес-модели, занятость в цифровом секторе) и экологическая устойчивость (энергоэффективность ИКТ, электронные отходы, «зеленые» технологии) (Yates, Rice, 2020).

Вполне естественно, что многие крупные государства мира проявляют значительный интерес к технологиям, отвечающим перечисленным критериям устойчивого развития, включая квантовые, и предпринимают немалые усилия, чтобы поднять их на стратегический уровень. Так, в России в соответствии с концепциями национальной безопасности и цифровизации экономики, исследование квантовых технологий стремятся поднять на мировой уровень, причем в фокусе находится большинство ключевых аспектов: квантовое зондирование, квантовые вычисления, квантовые коммуникации и др. В США в 2018 г. был принят закон, нацеленный на обеспечение скоординированной федеральной программы развития и ускорения квантовых исследований. Китай является одной из стран-лидеров в области квантовых исследований: в мае 2017 г. там впервые в мире был создан оптический

квантовый компьютер и открыта первая в мире безопасная магистральная линия квантовой связи «Пекин–Шанхай» (Gamberini, Rubin, 2021) строится завод фотонных квантовых компьютеров в Шэньчжэне.

Существенным является и то обстоятельство, что развитие квантовых технологий неразрывно связано с решением общей проблемы устойчивости динамичной трансформации общества, что требует разнообразных исследований с использованием технологий структурного (когнитивного) моделирования сложных систем (Горелова, Захарова, Гинис, 2006), формализации устойчивости природных и социальных систем в плане масштаба (Уэст, 2018), описания изменений в обществе с использованием квантовых вычислений (Wolf, 2017), оценки изменений структуры науки под влиянием трансдисциплинарности (Черникова И., Черникова Д., 2019). Весь спектр указанных методологических подходов показывает сложность исследований устойчивого развития нелинейных систем.

Вполне логично, что ученые и исследователи видят выход в использовании громадного потенциала информационных ресурсов во всех сферах жизнедеятельности общества, предлагая модели рационального поведения различных социально-экономических сообществ, основанные на развитии трансдисциплинарных методологических научных принципов и применении новых инструментов. Если одни из этих подходов ограничены междисциплинарной концепцией, то другие требуют обращения к трансдисциплинарной методологии, в том числе основанной на закономерностях квантовых технологий.

Формирование адекватной методологии квантовых технологий в региональном управлении является предметом поиска отдельного направления перспективных исследований, где проблему рассматривают в двух плоскостях: формализации основных принципов и предметного поля и разработки трансдисциплинарного фундамента интеграции философского, естественнонаучного и экономического знания на общей платформе.

Заслуживает особого внимания опубликованная в 2023 г. книга американского физика-теоретика М. Каку «Квантовое превосходство. Как квантовая компьютерная революция изменит всю жизнь», в которой подчеркивается, что грядет революция, которая позволит решить величайшие проблемы человечества: от изменения климата до глобального голода и неизлечимых болезней (Kaku, 2023). Предвестниками этой революции являются два события, потрясшие весь научный мир, а именно: две группы исследователей сообщили, что квантовый компьютер как радикально новый тип ЭВМ способен существенно превзойти цифровой суперком-



пьютер при решении конкретных задач. Так, научная команда компании Google показала, что их квантовый компьютер «Sycamore» может решить математическую задачу за 200 секунд, что на самом деле быстрее современного суперкомпьютера, которому потребовалось для этого 10 000 лет. Согласно сообщению журнала «Technology Review MIT»<sup>3</sup>, Google совершил прорыв, сравнимый с запуском спутника.

Вторая группа исследователей – сотрудники института квантовых инноваций Академии наук Китая, – испытала свой квантовый компьютер: он действует в 100 триллионов раз быстрее обычного суперкомпьютера. Перед нами – великое технологическое достижение человечества, обещающее быть таким же революционным, каким когда-то были транзистор и микрочип. Беспрецедентный прирост вычислительной мощности и уникальная способность квантового компьютера моделировать физическую вселенную предвещают достижения, которые могут изменить каждый аспект нашей жизни (Kaku, 2023).

В начале 2024 г. группа ученых из Университета Саутгемптона, Имперского Колледжа Лондона и немецких Университетов Штутгарта и Вюрцбурга впервые сумели сгенерировать, сохранить и восстановить квантовую информацию, что является ключевым шагом в создании квантовых сетей. Созданная ими система основана на квантовых точках, что позволяет сохранить и восстановить информацию в квантовой памяти, которая потом передается при помощи обычных стандартных оптических волокон (Sarah, Wagner, 2024). Перед нами – прорывной момент, который вносит вклад в начало новой эры в квантовых технологиях, выступающих основой для будущего квантового компьютера.

Международный коллектив физиков из России, Германии и Объединенных Арабских Эмиратов показал, что одна из основных теорий для расчетов в области квантовой термодинамики – модель Швингера (разработанная в 1950-е годы в рамках квантовой теории поля) – обладает фрактальными свойствами, которые могут быть использованы для ускорения квантовых расчетов. Используя данные свойства, с помощью квантовых компьютеров можно ускорить решение задач в области логистики, машинного обучения и криптографии (Petrova et al., 2024). Фрактальными свойствами обладают и другие модели квантовой электродинамики, например модели Гейзенберга и Изинга, описывающие магнитные свойства материалов. В таких слу-

чаях появляется возможность упростить описание моделей и ускорить расчеты, поскольку число задействованных для вычислений компонентов можно сократить, благодаря их фрактальности (самоподобию) и комплексы квантовой системы уже не будут обладать такой сложностью. Это позволит перейти к созданию более совершенных квантовых процессоров на базе многоуровневых кубитов, опыт разработки которых уже имеется у российских ученых.

В «Американской национальной квантовой инициативе» (Raumer, Monroe, 2019) подчеркивается, что квантовая технология использует уникальные квантовые особенности суперпозиции, запутанности и фундаментальных метрологических метрик для создания новых возможностей в безопасной связи, высокоточных измерениях и революционных компьютерах. Квантовая технология может, в конечном счете, лежать в основе совершенно новой технологической инфраструктуры, подобно тому, как полупроводниковая революция изменила все во второй половине XX в. Это означает, что Силиконовая долина может начать превращаться в новый «ржавый пояс», а ее технологии будут устаревать. Следует сделать шаг вперед, создать квантовый компьютер, который использует мощь и сложность атомного мира и может быть полезен в решении актуальных проблем человечества.

В Западной Европе серьезное внимание направлено на исследование перспектив квантовых вычислений, нацеленных на преодоление вычислительных ограничений посредством лучших и быстрых решений для задач оптимизации, моделирования и машинного обучения. Например, коллектив немецких ученых уделяет особое внимание деятельности «Консорциума квантовых технологий и приложений» (Quantum Applications and Technologies Consortium, QUTAC). Консорциум занимается созданием и продвижением экосистемы квантовых вычислений и поддерживает амбициозные цели, в частности в автомобилестроении, химическом и фармацевтическом производстве, в страховом деле и технологиях (Bayerstadler et al., 2021). В целом можно утверждать, что возрастающая сложность реальных задач практически во всех областях социума с необходимостью требует развития методов и инструментов прикладных квантовых вычислений.

В этом плане представляет отдельный интерес содержательный анализ группы западных ученых, посвященный основным теоретическим направлениям развития квантовых вычислений, имеющим прикладное значение (Markna et al., 2023). Согласно этому обзору, квантовые вычисления обладают потенциалом и предлагают инновационные решения, достаточные для осуществления рево-

<sup>3</sup> Harbott Arif. (2020). Inside the race to build the best quantum computer on Earth, September 15. URL: <https://www.alixpartners.com/insights/102gee0/inside-the-race-to-build-the-best-quantum-computer-on-earth/>

люции в широком спектре отраслей: от кибербезопасности и фармацевтики до финансов, управления цепочками поставок, энергетики, машинного обучения, моделирования климата и технологий материалов (Tacchino et al., 2019; Zomaya, 2006; Ollitrault, Miessen, Tavernelli, 2021; Stanos, 2017; Gill et al., 2021; Bonab et al., 2023).

Например, квантовый подход обладает перспективами в поиске динамических параметров устойчивости при проектировании систем ресурсопотребления социально-экономических систем различного уровня в условиях неопределенности, опираясь, в том числе, на результаты квантовой кластеризации с позиций достижимости детерминированных инвариантов (Qing Zhong et al., 2023). Квантовая кластеризация признается более подходящим алгоритмом для анализа данных с несбалансированной структурой, который позволяет эффективно избегать вмешательства субъективных факторов и распознавать закономерности в больших объемах данных мониторинга качества электроэнергии со сложной структурой. Основной принцип предлагаемого подхода опирается на формализацию множественных кластеров с различными характеристиками, а также паттерны кластеров – с точки зрения производительности и влияния на устойчивость.

Широкое распространение получили исследования, направленные на обеспечение целей энергетического перехода, уделяющие особое внимание устранению негативных экологических эффектов. Для этого используется метод квантовой игры, в котором: во-первых, устанавливается игровая модель между финансовыми учреждениями и энергетическими предприятиями. Во-вторых, сравнивается и анализируется набор игровых стратегий и доходность для обеих сторон в различных средах, включая классическую, делимую квантовую и максимально запутанную квантовую среды. Благодаря этому разрабатывается контракт о «запутывании», а влияние политики обсуждается посредством анализа случаев. Результаты показывают, что поощрение «зеленого» инвестиционного поведения энергетических предприятий наиболее эффективно в контексте максимально запутанной квантовой игры. Такой подход помогает решить проблему «дилеммы заключенного», возникающую в определенной степени из-за негативного поведения. Кроме того, такой подход предполагает, что государственная политика стимулирования или соответствующее сокращение надзора над политикой могут эффективно поощрять энергетические предприятия принимать «зеленое» инвестиционное поведение (Peng Benhong et al., 2024).

В ближайшем будущем «умные» города станут основой улучшения городской жизни, решения

проблем обеспечения ресурсами, оптимизации инфраструктуры и использования технологий для поддержания устойчивости, эффективности и повышения качества жизни в быстро урбанизирующихся средах, что рассматривается в рамках так называемой «гибридной квантово-классической архитектуры», которая была доказана путем экспериментов с современными алгоритмами ИИ (Vita Santa et al., 2024).

Традиционные ньютоновские концептуализации городов, характерные для урбанистического теоретизирования XX в., все больше становятся неспособными справляться со сложностью, неопределенностью, высоким риском, а иногда даже и с неразрешимыми для современных городов проблемами (Macionis, Parrillo, 2017). Новое тысячелетие требует новых «городских метафор», поскольку нарративы прошлого описания сложности все больше теряют объяснительное значение (Lyon, 2010).

Кратко проследив историю городской метафоризации за последние сто лет, от Город-как-Машина к идее открытой системы Город-как-Организм (Broto, Allen, 2012) к различным новым альтернативам, основанным на теории сложности и фрактальных моделях, в (Bettencourt, 2013) рассматривается новый способ концептуализации региональных систем. Эта новая метафора опирается на фундаментальные понятия квантовой механики и представляет собой частный случай попытки экстраполировать концепции квантовой физики на сферу социальных наук в качестве альтернативы более простым ньютоновским принципам причины и следствия (Wendt, 2015).

Как показали анализ главных компонент и агломеративная иерархическая кластеризация, квантовая коммуникация и квантовые вычисления доминируют в ландшафте квантовых технологий в контексте социальных наук, включая урбанистику. Более того, квантовое моделирование, квантовое зондирование и метрология являются в основном техническими областями в сфере квантовых вычислений и, таким образом, не коррелируют с темами городского планирования, управления и дизайна (Huang, Newman, Szegedy, 2020; Piacentini et al., 2015; Simon, Jaeger, Sergienko, 2017).

В отличие от классических подходов, квантовые города рассматривают сложность и неопределенность как эндогенные и, следовательно, желаемые части метафоры, а не как «избегаемые любой ценой» эпифеномены. Другими словами, неопределенность в распределениях элементов городской среды по различным параметрам приветствуется, а не избегаются. Умные города будущего, которые, в конце концов, можно представить как частный случай квантовых городов, должны иметь возмож-

ность эффективно и без усилий управлять огромными объемами данных, сохраняя при этом все потенциальные риски под контролем. Последнее может быть достигнуто посредством эффективного сдвига парадигмы не только с точки зрения конкретных технологических реализаций (например, квантовых вычислений и квантовой связи), но и в свете новых и интересных теоретических концептуализаций.

В результате проведенного нами анализа можно сделать следующие выводы. Во-первых, квантовая коммуникация и вычисления потенциально являются наиболее перспективными технологиями для социально-экономического планирования, проектирования и управления.

Во-вторых, квантовые технологии опираются на более абстрактные и контринтуитивные принципы, типичные для квантовой механики, внедрение которых требует определенной научной и практической адаптации на трансдисциплинарной платформе. Кроме того, важно понимание, что данный тип технологий позволяет не столько предсказывать события, сколько предполагать вероятность их возникновения в дуалистических терминах, свойственных квантовой метафоре, а не как совокупности изолированных, хотя и взаимосвязанных явлений.

В-третьих, на более абстрактном уровне необходимость новой метафоризации и концептуализации, помимо знаний, связанных с технологиями, опосредует изменение классических подходов к реальным состояниям систем, характеризующимся высокой сложностью распределений их элементов, избыточностью информации и рисками (Tanimura, 2016).

Наконец, появляется возможность наметить несколько перспектив для предстоящих направлений исследований на основе вышеизложенных соображений. Во-первых, можно провести исследование, чтобы определить и изучить, как квантовая связь и квантовые вычисления могут повысить экономическую эффективность. Во-вторых, необходимо выявить потенциальные ограничения и проблемы внедрения квантовых технологий с учетом региональных особенностей. В-третьих, можно провести дополнительные исследования и изучить потенциальные преимущества внедрения этих концепций в условиях региональной экономики (Bonab et al., 2023).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В нашем исследовании при формировании концепции используется двусторонний подход. Во-первых, будет сформирована методологическая платформа, которая анализирует, объединя-

ет и формализует принципы изучения проблемы во взаимосвязи с реальными процессами, для которых характерны плохо прогнозируемые события, получившие название «*черные лебеди*» (Тaleb, 2009). Усилия будут сосредоточены на возможных и идентифицируемых факторах, согласно которым понимание совокупного поведения элементов может существенно повлиять на неопределенность. Во-вторых, будут сформулированы трансдисциплинарные аналитические основы исследования сложных систем для разработки новых моделей. Таким образом, предлагается алгоритм научного синтеза обособленных направлений исследования сложных систем, включая когнитивный анализ, квантовое представление, теорию нечеткой логики, объединенные в рамках *ценнологического подхода, выбор которого, в данном случае, обусловлен его результативностью в исследовании различных сложно структурированных сообществ, включая социально-экономические*.

Несмотря на признанную в научной среде перспективу, сложность реализации предлагаемого подхода обусловлена интегративным характером существующего понятийного и инструментального сопровождения, требующих, соответственно, использования классической междисциплинарной методологии. В исследовании (Черникова, Черникова, 2019) анализируются изменения методологической структуры современной науки в контексте новой социальной динамики, сгенерировавшей технауку, адекватную практике НБИКС-технологий и требующей нового более адекватного представления – трандисциплинарную методологию.

Осмысление методологической ценности трансдисциплинарного подхода представлено в работах Е.В. Поликарповой (Поликарпова, 2018): целостный характер трансдисциплинарного подхода позволяет выявить инвариант изучаемого явления в разных дисциплинах, показать неразрывную связь трансдисциплинарности с принципами синергетики, содержащих в себе фрактальный подход к миру. Особый научный интерес представляет *теория струн* (суперструн), органично объединяющая принципы квантовой механики и релятивистской физики благодаря своей трансдисциплинарной природе. В данной теории ключевую роль играет инвариант «стабильности» и связанное с ним представление о фундаментальном единстве «бесконечно большого» и «бесконечно малого», что воплощает целостный подход к пониманию квантовой Вселенной (Шинтун, Надис, 2019. С. 230). Столь глубокий методологический синтез делает эту теорию особенно ценной для исследования сложных социально-экономических систем.

С трансдисциплинарной методологией тесно связана конвергентная модель НБИКС-техноло-



гий, взаимосвязь которых обусловлена потребностями динамично развивающегося сложного, нелинейного информационного общества и существованием нано- и мезомира, причем существенным здесь является порождение конвергентными технологиями принципиально новой квантовой машины (Поликарпов и др., 2010; Казанцев и др., 2012). Немаловажным является обстоятельство, согласно которому синергетические эффекты, обусловленные применением НБИКС-технологий, а они проявляются в формировании инновационной цивилизации XXI столетия.

Трансдисциплинарная методология неразрывно связана с холистическим (целостным) подходом к миру и *концепцией квантовой Вселенной*. Сейчас немалое внимание уделяется философско-методологическим исследованиям оснований квантовой механики, что влечет за собой углубленное понимание квантовой физики, более адекватно соответствующее нашим представлениям о процессах в микромире. Суть здесь состоит в том, что эти процессы в микромире находятся в основе функционирования всех процессов окружающего мира, включая тело и мозг человека: «Как ни великомерно сознание, оно будет осмысленно как еще одно физическое свойство, возникающее в квантовой вселенной» (Грин, 2021). Таким образом, все процессы в квантовой Вселенной рассматриваются с точки зрения физики, ориентированной на инвариант «стабильности».

В этом плане представляет немалый интерес использование квантовой модели Д. Бома *не в самой квантовой физике*, а за пределами микромира, в *квантоподобной социологии*, особенно в описании функционирования финансового рынка. Ведь на реалистической квантовой модели – механике Д. Бома – как обобщенной теории ведущей волны Луи де Бройля – основана квантоподобная финансовая модель известного отечественного математика А.Ю. Хренникова, изложенная им в фундаментальной монографии «Введение в квантовую теорию информации». В этом исследовании функционирование финансового рынка описывается квантово-психологической моделью фондового рынка. Здесь бомовская нелокальность на финансовом рынке является только информационной нелокальностью в конфигурационном пространстве цен, т.е. бомовская квантовая механика получает естественное толкование в финансовой модели, а не в физике микромира (Хренников, 2008). В целом можно утверждать, что трансдисциплинарный подход дает возможность показать значимость квантовых компьютеров в устойчивом развитии сложного нелинейного информационного общества.

Концепция *фрактального времени* показала эффективность в условиях текущего финансово-

экономического кризиса, что можно видеть на примере результатов деятельности Н. Талеба. Прогнозы экспертов, основанные на статистике, оперирующей гауссовским распределением вероятности, оказались неадекватными для описания процессов, происходящих в социуме. Именно модель фрактального времени в совокупности с учетом негауссовых распределений позволило ему предсказать и превратить (непредсказуемые происшествия) «Черного лебедя» в «Серого лебедя», принадлежало к разряду моделируемых экстремальных ситуаций.

Именно здесь проявляется возможность формализовать квантовые эффекты и выполнить принцип неопределенности, благодаря опоре на закономерности ранго-параметрического анализа, используемого в ценологическом анализе, дополнив который квантовым инструментом расчета скалярного поля и скалярной функции. И тогда в модели появляется возможность определять векторы изменения наблюдаемых величин и повышать предсказуемость.

Таким образом, развитие технологий управления ресурсами в условиях неопределенности представляет собой результат непрерывного моделирования фракталоподобной среды сложных социально-экономических систем, результатом которого является изменяющееся скалярное и векторное поля ключевых параметров, например, ресурсной обеспеченности и экономической эффективности. В таком трехмерном топологическом пространстве неопределенность нивелирует возможность расчета идеального состояния – на каждый момент времени, в границах интервалов времени, пообъектно.

Основным методологическим принципом развития квантовых технологий признается приоритет трансдисциплинарного подхода, который характеризуется наличием смысловых противоречий-лакун. Самой существенной представляется связка «трансдисциплинарность» – «квантовые технологии» – «устойчивое развитие», которая дает новое видение социоприродного мира, новый концептуальный подход в его восприятии. Существенная лакуна состоит в том, что в аналитическом рассмотрении данной проблематики игнорируется парадигма Вселенной как агрегата колебаний (вибраций), которая используется в качестве методологического основания теории струн (суперструн) (Грин, 2021). Вторая лакуна – практически не исследованная значимость трансдисциплинарного подхода, позволяющего выявить инвариант изучаемого явления в разных дисциплинах, что дает возможность увидеть стабильность, устойчивость сложных процессов на всех уровнях иерархии систем, начиная с фундаментального планковского уровня материи через макромир (наш социопри-



родный мир) и заканчивая Вселенной. Третья лакуна заключается в пренебрежении сущностью квантового Интернета – моделированием нелокальной природы окружающего мира неразделимого характера), что дает возможность в перспективе способствовать *позитивному социальному конструированию реальности*, в том числе в новом представлении региональных систем. Четвертая лакуна обусловлена слабой разработкой проблемы значимости квантовых вычислений и квантовых компьютеров в контексте гибридного воздействия на социум, например, в использовании Интернета как киберфизического оружия и пр. (Поликарпов и др., 2020). Пятая лакуна заключается в формировании новых алгоритмов квантовых вычислений только при помощи использования информации в виде конечной последовательности букв некоторого алфавита, что ограничивает развитие качественно новых технологий и производительных сил общества (Богданова, 2022). Шестая лакуна связана с ограниченным интересом к информации в геометрической (топологической) форме (Том, 2002) – интереса к конструированию топологических квантовых компьютеров, которые именно сейчас играют решающую роль в трансформации информационного общества в постинформационное (построенного на топологической рефлексии и скоррелированной с ней ценологической теории в современной науке, особенно в экономике).

Заполнение смыслами данных лакун с учетом указанной ранее в статье негауссовости распределений параметров сложных систем оказывается весьма перспективным для решения фундаментальных и прикладных проблем оптимального распределения ограниченных ресурсов (Назаретян, 2020) для выявления определения характеристик его значимых параметров или фиксации локальных объектов.

При этом отметим тот факт, что, например, реализация на практике самого топологического квантового компьютера и связанных с ним квантовых вычислений является уникальной сложной проблемой, требующей нетривиальных решений, поскольку они также представляют собой трансдисциплинарную область, цель которой состоит в понимании процессов обработки информации с использованием принципов квантовой механики в условиях «второй квантовой революции», когда возникает возможность воздействовать извне не на отдельные элементы, а на правила, которые запускают процессы самоорганизации. Квантовый компьютер, подобно классическому, также обрабатывает информацию, но – в отличие от последнего, «работающего» на уровне коллективных квантовых явлений (что присуще «первой квантовой революции»), – функционирует на уровне отдельных

частиц с невероятным быстродействием. Здесь вычисления при помощи квантового компьютера осуществляются благодаря использованию особых *принципов суперпозиции и запутанности*, что позволяет рассчитывать градиентные меры, отражающие наиболее вероятные состояния систем (Sigov, Ratkin, Ivanov, 2022).

Структурно-топологические подходы представляют собой основу и самого инструментария исследования, обеспечивая, таким образом, методологическое единство и содержательную связность. Структурно-топологический анализ в исследовании сложных сообществ известен давно (Фуфаев, 2006) и как инструмент реализации квантовых технологий применяется благодаря широким возможностям *теории ценозов* (Гнатюк, 2023; Поликарпов и др., 2015). Результативность такого подхода высока в решении отраслевых задач анклавов, однако к вопросам планирования и прогнозирования развития регионов открытого типа не применялась.

В настоящее время к широко используемым подходам анализа неопределенности при планировании таких систем относят, например, методы: сценарного анализа, ограничений возможностей, робастного планирования и др. В исследованиях применяются многоступенчатые, динамические и другие методы планирования, чтобы минимизировать различия между долгосрочным планированием и результатами динамических преобразований.

С учетом перечисленного, Гнатюк В.И. описал логику, развивающую идеи (техно-) ценозов, опирающуюся на закономерности квантовой теории, которая обеспечит возможность развития технологий моделирования динамики в топологическом пространстве, в котором не применима аксиоматика закона больших чисел и центральных предельных теорем (Гнатюк, 2023). Специфической частью такого подхода является возможность оценки функции квантовой потенциальной энергии, а неопределенность до и после планирования оценивается с помощью степени корреляции, модели облака и процессов аналитической иерархии. Затем разделение цикла планирования оптимизируется, сам цикл корректируется во времени, чтобы избежать потерь, вызванных отклонением от результатов расчета, когда неопределенность слишком велика. На рисунке в качестве примера вероятные верхняя и нижняя границы такого отклонения представлены прерывистой линией.

В указанном контексте квант – наименьшая неделимая единица энергии, которую несут частицы, и наименьшая единица, представляющая физические свойства частиц. Предположив, что один потребитель энергии сравнивается с частицей, ошибку регионального распределения ресурса (энергии)

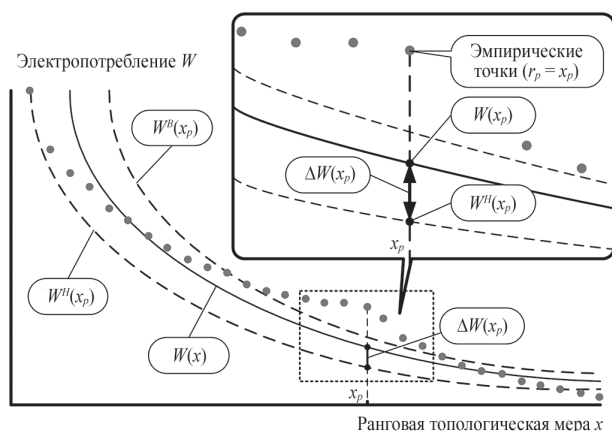


Схема определения верхней и нижней границы потребления энергоресурса

Источники: (Гнатюк, 2023).

можно представить в форме ошибок потребления каждым пользователем (в сторону уменьшения или увеличения).

## ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные нами результаты исследования дают возможность в перспективе осуществлять моделирование региональных социально-экономических систем при помощи трансдисциплинарного подхода, а также задачи распределения ограниченных ресурсов, оптимизацию сложных проблем Четвертой промышленной революции, решение на основе теории сложности  $Q$ -логической глубины квантовой системы, что позволяет извлекать информацию, характеризующую современные сложные системы, трансформацию Интернета в квантовую машину, способную моделировать нелокальную природу окружающего мира, создавая тем самым условия для управления на новых научных принципах. Более того, перспектива состоит в том, что сами квантовые компьютеры обладают невиданным вычислительным потенциалом, необходимым для устойчивого развития общества, а также для проектирования, конструирования новых технических объектов и технологий, для развития квантовых коммуникаций и создания квантовых сенсоров, необходимых для высокоточной метрологии, вырастающей из особенностей субатомного мира.

В перспективе все большую роль будет играть топологические квантовые компьютеры (а также квантовая связь, квантовая сенсорика, квантовое зондирование) в силу той самой перспективы, согласно которой они будут применяться в промышленности, экономике, культуре и в других областях жизнедеятельности общества и человека. Более

того, топологические квантовые компьютеры будут использоваться для обнаружения и измерения явлений, которые недоступны сейчас, создания систем раннего предупреждения различного рода катастроф, для сканирования процессов в головном мозге и пр. Они позволят решать самые сложные вычислительные задачи для освоения окружающего мира, для выхода в ближайший и дальний Космос, что придает смысл существованию человечества.

Современное развитие квантовых вычислительных технологий демонстрирует практическую реализацию теоретических предпосылок, что подтверждается как концептуальными разработками, так и экспериментальными результатами. Особого внимания заслуживает методологический вклад отечественных исследователей, разработавших концепцию *квантовой теории как производительной силы общества*. Как убедительно показано в работе Н.А. Богдановой «Квантовая теория как производительная сила — от алгебры кватернионов Гамильтона до технологий III тысячелетия» (Богданова, 2022), существует прямая преемственность между математической идеей, ее технической реализацией и превращением ее в эффективную производительную силу. Автор прослеживает эту взаимосвязь через исторические этапы развития производительных сил, эволюцию научной мысли, математические основы алгебры кватернионов Гамильтона (XIX в.), концепцию спина в квантовой механике (XX в.), современную реализацию кубитов как элементной базы квантовых компьютеров (XXI в.) (Богданова, 2022, с. 61–69). Данная концепция подтверждает классическое положение К. Маркса о науке как производительной силе, подчеркивая усиление связи научного познания (гносеологический аспект) с материальным производством через человеческую деятельность. Как отмечает Богданова, это проявляется в использовании законов природы в производственных процессах, возникновении «вторичных производительных сил», трансформации интеллектуального труда в производственный фактор (Богданова, 2022, с. 62). Таким образом, современные квантовые технологии представляют собой материализацию фундаментальных научных знаний в новейшие производительные силы, демонстрируя диалектическое единство теории и практики.

Отметим тот факт, что современная политика Китая в области научно-технологического развития характеризуется активным формированием «*производительных сил нового качества*», концепция которых была впервые представлена Председателем КНР Си Цзиньпином в сентябре 2023 г. (Борох, Ломанов, 2024). Данная стратегия, обсуждавшаяся еще на съезде Компартии Китая в 2012 г., предполагает переход к инновационной модели

экономического роста, основанной на революционных технологических прорывах, оптимальном распределении факторов производства, глубокой трансформации промышленных структур. Как отмечается в статье Генерального консула КНР во Владивостоке Пяо Янфаня (Пяо Янфань, 2024), ключевыми характеристиками таких производительных сил являются: высокая технологичность (high-tech), энергоэффективность, экологическая устойчивость, открытость для международного сотрудничества. Особое место в этой стратегии занимает развитие квантовых технологий, которые обеспечивают скачкообразный рост совокупной факторной производительности, демонстрируют переход от информационного общества к постинформационной стадии развития, требуют переосмысления традиционных физических концепций времени, пространства и материи в свете достижений аттосекундной физики ( $1 \text{ ас} = 10^{-18} \text{ с}$ ). Фундаментальную основу данного перехода составляет квантовая теория информации, устанавливающая взаимосвязь между энергией и информацией через принцип Ландауэра–Беннета, соотношение  $E \sim k_B T I$ , где  $I$  – количество информации (в битах или натах), квантово-механические эффекты влияния информации на энтропию системы.

Поэтому предложено использовать результаты исследования в методологии всего комплекса научных дисциплин, занимающихся раскрытием потенциала квантовых технологий, необходимого для решения сложных фундаментальных проблем экзистенциального характера при помощи инва-

рианта «стабильность», присущего всем уровням окружающего нас мира и открытого благодаря трансдисциплинарности, совместно с имеющимися механизмами функционирования сложного, нелинейного информационного общества, позволяющих обеспечивать устойчивое развитие в условиях неопределенности.

Практический результат заключается в предложенном инструментарии определения характеристик сложных систем со свойствами ценозов, основанной на критериях минимальной эквивалентной энтропии, что позволяет качественно улучшать прогнозы за счет корректировки параметров в границах негауссовых распределений. По сравнению с многоэтапным стохастическим планированием такая схема способна адаптироваться к проявлениям региональной неопределенности широкой природы и обеспечивать более эффективное распределение ресурсов. Кроме того, в отличие от скользящего планирования, предлагаемый подход облегчает научную корректировку интервалов отклонений на основе анализа неопределенности, что помогает уменьшить избыточное планирование.

Таким образом, квантовые технологии предлагают уникальные возможности для управления социально-экономическими системами, переходя от традиционных методов, не справляющихся со сложностью и неопределенностью, к проактивному, энергоэффективному и оптимизированному управлению, основанному на глубоком понимании процессов и данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богданова Н.В. (2022). Квантовая теория как производительная сила – от алгебры кватернионов Гамильтона до технологий III тысячелетия // Бюллетень социально-экономических и гуманитарных исследований. № 4(36). С. 61–69. DOI: 10.24151/2409-1073-2022-4-61-69
- Борох О.Н., Ломанов А.В. (2024). Производительные силы и китайские отношения // Россия в глобальной политике. Т. 22. № 5. С. 120–141. DOI: 10.31278/1810-6439-2024-22-5-120-141
- Гнатюк В.И. (2023). Квантовый ранговый анализ в управлении электропотреблением техноценоза / Электронные текстовые данные. Калининград [б.и.]. URL: <http://gnatukvi.ru/index.files/kvarandin.pdf> (дата обращения 12.09.2024).
- Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. (2005). Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. Ун-та. 288 с. EDN: RSGLRZ
- Грин Б. (2021). До конца времен: Сознание, материя и поиск смысла жизни в меняющейся Вселенной. М.: Альпина нон-фикшн. 548 с. С. 192.
- Домников А.Ю., Домникова Л.В. (2017). Управление развитием региональной электроэнергетики в условиях экономических дисбалансов: монография. Екатеринбург, Изд-во УМЦ УПИ, 360 с.
- Казанцев А.К., Киселев В.Н. и др. (2012). NBIC технологии: инновационная цивилизация XXI века. М.: ИНФРА-М, 2012. 383 с.
- Мокий В.С. (2009). Основы трансдисциплинарности. Нальчик: ГП КБР «Республиканский полиграфкомбинат им. Революции 1905 года». 368 с. EDN: QWWYVJ
- Назаретян А.П. (2020) Загадочная сингулярность 21 века в свете мегаистории // Эволюция. Эволюционные грани сингулярности. Волгоград. С. 80–101. EDN: GQRYUC
- Поликарпов В.С., Кузьминов А.Н. и др. (2015). Экономика Востока и Запада: методологические подходы. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 180 с. EDN: UGMTFR
- Поликарпов В.С., Курейчик В.М. и др. (2010). Философия NBIC-технологий. Философские проблемы новейших технологий. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. 61 с. EDN: XZEBTV



- Поликарпов В.С., Палеев А.В. и др. (2020). Интернет как киберфизическое оружие. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во Южного федерального ун-та. 105 с.
- Поликарпова Е.В. (2018). Современные ИКТ и «психокосмос» человека. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, с. 58–59. EDN: XUNYQP
- Пяо Янфань. (2024). Наращивание производительных сил нового качества и продвижение высококачественного развития Китая // Sakhalin Media. 07.05. URL: <https://sakhalinmedia.ru/news/1742226/> (дата обращения: 01.06.2024).
- Талёб Н. (2009). Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости. М.: КоЛибри, 2009. 525 с.
- Том Р. (2002). Структурная устойчивость и морфогенез. М.: Логос. 280 с.
- Уэст Дж. (2018). Масштаб: универсальные законы роста, инноваций, устойчивости и темпов жизни организаций, городов, экономических систем и компаний. М.: Азбука-Бизнес, Азбука-Аттика. 511 с.
- Фуфаев В.В. (2006). Экономический ценоз организаций. Москва–Абакан. Центр системных исследований. 2006, 76 с.
- Хренников А.Ю. (2008). Введение в квантовую теорию информации. М.: Физматлит. 284 с. С. 245–249. EDN: MWDGUV
- Черникова И.В., Черникова Д.В. (2019). Методологические и структурные трансформации в развитии современной науки // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. № 49. С. 60–68. DOI: 10.17223/1998863X/49/7
- Шинтун Яу, Надис Ст. (2019). Контур жизни. Математик в поисках скрытой геометрии Вселенной. М.: Альпина Диджитал. 233 с.
- Bayerstadler A., Becquin G. et al. (2021). Industry quantum computing applications // EPJ Quantum Technology, no. 8, p. 25. DOI: 10.1140/epjqt/s40507-021-00114-x
- Bettencourt L.M.A. (2013). The origins of scaling in cities // Science. Jun 21; no. 340 (6139), pp. 1438–1441. DOI: 10.1126/science.1235823
- Bonab A.B., Fedele M. et al. (2023). In complexity we trust: A systematic literature review of urban quantum technologies // Technological Forecasting and Social Change, vol. 194, 122642. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122642
- Broto V.C., Allen A. (2012). Rapport Interdisciplinary perspectives on urban metabolism // Journal of Industrial Ecology, no. 16, pp. 851–861. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00556
- Gamberini S.J., Rubin L. (2021). Quantum sensing's potential impacts on strategic deterrence and modern warfare // Orbis, no. 65(2), pp. 354–368. DOI: 10.1016/j.orbis.2021.03.012
- Gill S.S., Kumar A. et al. (2021). Quantum computing: A taxonomy, systematic review and future directions // Software: Practice and Experience, no. 52, pp. 66–114. DOI: 10.1002/spe.3039
- Huang M., Newman M., Szegedy A. (2020). Explicit lower bounds on strong quantum simulation // IEEE Trans. Inf. Theory, no. 66 (9), pp. 5585–560. DOI: 10.1109/TIT.2020.3004427
- Kaku M. (2023). Quantum Supremacy. How the Quantum Computer Revolution Will Change Everything. New York: Doubleday, 352 p. URL: <https://catalog.loc.gov/vwebv/search?searchCode=LCCN&searchArg=2022046826&searchType=1&permalink=y>
- Lyon D. (2010). Surveillance, power and everyday life. // P. Kalantzis-Cope, K. Gherab-Martín (Eds.). Emerging Digital Spaces in Contemporary Society: Properties of Technology. London (UK): Palgrave Macmillan, pp. 107–120. DOI: 10.1057/9780230299047\_18
- Macionis J., Parrillo V.N. (2017). Cities and Urban Life Pearson. Upper Saddle River (N.J.): Pearson/Prentice Hall. URL: <https://archive.org/details/citiesurbanlife00john/page/n5/mode/2up>
- Markna J., Palatia T. et al. (2023). Unveiling Advanced Computational Applications in Quantum Computing: A Comprehensive Review // International Journal of Advanced Nano Computing and Analytics, no. 2. DOI: 10.61797/ijanca.v2i2.284
- Ollitrault P.J., Miessen A., Tavernelli I. (2021). Molecular quantum dynamics: a quantum computing perspective // Accounts of Chemical Research, no. 54, pp. 4229–4238. DOI: 10.1021/acs.accounts.1c00514
- Peng Benhong, Nanjie Xu et al. (2024). Promoting green investment behavior in “belt and road” energy projects: A quantum game approach // Technological Forecasting and Social Change, vol. 204, 123416. DOI: 10.1016/j.techfore.2024.123416
- Petrova E., Tiunov E. et al. (2024). Fractal States of the Schwinger Model // Physical Review Letters. 132(5), 050401. DOI: 10.1103/PhysRevLett.132.050401
- Piacentini F., Adenier G. et al. (2015). Metrology for quantum communication // IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), pp. 1–5. DOI: 10.1109/GLOCOMW.2015.7413960
- Qing Zhong, Jiahao Liang et al. (2023). Analysis of large-scale power quality monitoring data based on quantum clustering // Electric Power Systems Research, Vol. 220, 109366. DOI: 10.1016/j.epsr.2023.109366.
- Raymer M., Monroe C. (2019). The US National Quantum Initiative. 2019 // Quantum Science and Technology, 4, 020504. DOI: 10.1088/2058-9565/ab0441
- Sarah E. Th., Wagner L. (2024). Deterministic storage and retrieval of telecom light from a quantum dot single photon source interfaced with an atomic quantum memory // Science Advances, 12 Apr., vol. 10, is. 15. DOI: 10.1126/sciadv.adi7346
- Sigov A., Ratkin L., Ivanov L. (2022). Quantum information technologies // Journal of Industrial Information Integration, vol. 28. 100365. DOI: 10.1016/j.jii.2022.100365
- Simon D.S., Jaeger G., Sergienko A.V. (eds.). (2017). Quantum Metrology, Imaging, and Communication. Hoboken: Springer International Publ., pp. 91–112. DOI: 10.1007/978-3-319-46551-7\_4
- Stanos S.P. (2017). National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM) // Pain Medicine, no. 18, pp. 1835–1836. DOI: 10.1093/pm/pnx224
- Tacchino F., Chiesa A. et al. (2019). Quantum computers as universal quantum simulators: state-of-the-art and perspectives. Advanced Quantum Technologies, December 19. DOI: 10.1002/qute.201900052
- Tanimura M. (2016). Descriptions of “Conceivable Governance” by Analogy with Physics: Innovating a Paradigm



of “Quantum Urban Governance”. Response to “Parallel Habitats”. Meijo Review, November, vol. 17, no. 2, pp. 27–46. URL: [https://wwwbiz.meijo-u.ac.jp/SEBM/ronso/no10\\_2/03\\_TANIMURA.pdf](https://wwwbiz.meijo-u.ac.jp/SEBM/ronso/no10_2/03_TANIMURA.pdf)

Vita Santa B., Caivano D. et al. (2024). Hybrid quantum architecture for smart city security // *Journal of Systems and Software*, vol. 217, 112161. DOI: 10.1016/j.jss.2024.112161

Wendt A. (2015). *Quantum Mind and Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9781316005163

Wolf R. (2017). The potential impact of quantum computers on society. *Ethics and Information Technology*, vol. 17, pp. 271–276. Dec. 19 (6). DOI: 10.1007/s10676-017-9439-z

Yates S., Rice R.E. (Eds.). (2020). *The Oxford Handbook of Digital Technology and Society*. Oxford: Oxford University Press.

Zomaya A. (2006). *Handbook of Nature-Inspired and Innovative Computing, Integrating Classical Models with Emerging Technologies*. New York (NY): Springer. DOI: 10.1007/0-387-27705-6

## REFERENCES

Bogdanova N.V. (2022). Quantum theory as a productive force – from Hamilton’s quaternion algebra to technologies of the 3rd millennium. *Economic and Social-Humanitarian Studies*, no. 4 (36), pp. 61–69. (In Russ.) DOI: 10.24151/2409-1073-2022-4-61-69

Borokh O.N., Lomanov A.V. (2024). Productive forces and Chinese relations. *Russia in Global Affairs*, no. 22(5), pp. 120–141. (In Russ.) DOI: 10.31278/1810-6439-2024-22-5-120-141

Gnatyuk V.I. (2023). *Quantum rank analysis in the management of electricity consumption of technocenosis*. Electronic text data. Kaliningrad. (In Russ.) URL: <http://gnatukvi.ru/index.files/kvarandin.pdf> (date of access 09/12/2024)

Gorelova G.V., Zakharova E.N., Ginis L.A. (2005). *Cognitive analysis and modeling of sustainable development of socio-economic systems*. Rostov-on-Don: Rostov University Publishing House. 288 p. (In Russ.)

Green B. (2021). *Until the End of Time: Consciousness, Matter, and the Search for the Meaning of Life in a Changing Universe*. Moscow: Alpina Non-Fiction. 548 p., p. 192. (In Russ.)

Domnikov A. Yu., Domnikova L.V. (2017). *Management of regional electric power industry development in the context of economic imbalances*. Yekaterinburg: FGAOU VO UrFU, RFBR, 360 p. (In Russ.)

Kazantsev A.K., Kiselev V.N. et al. (2012). *NBIC Technologies. Innovation Civilization of the 21st Century*. Moscow: INFRA-M. 384 p. (In Russ.)

Mokiy V.S. (2009). *Fundamentals of transdisciplinarity*. Nalchik: The state enterprise Republican Polygraph Plant named after the 1905 Revolution. 368 p. (In Russ.)

Nazaretyan A.P. (2020). Mysterious singularity of the 21st century in the light of mathematical history. In the collect.: *Evolution. Evolutionary facets of singularity*. Volgograd, pp. 80–101 (In Russ.)

Polikarpov V.S., Kuzminov A.N. et al. (2015). *Economy of the East and West: Methodological Approaches*. Rostov-on-Don: Southern Federal University. 180 p. (In Russ.)

Polikarpov V.S., Kureichik V.M. et al. (2010). *Philosophy of NBIC-technologies. Philosophical problems of the latest technologies*. Taganrog: Publishing house of TTI SFedU. 61 p. (In Russ.)

Polikarpov V.S., Paleev A.V. et al. (2020). *The Internet as a Cyber-Physical Weapon*. Rostov-on-Don, Taganrog: Southern Federal University Publ. House. 105 p. (In Russ.)

Polikarpova E.V. (2018). *Modern ICT and the “psychocosmos” of man*. Taganrog: Publishing house of TTI SFU, pp. 58–59 (In Russ.)

Piao Yangfan (2024). Accelerating the Development of New Quality Productive Forces and Promoting China’s High-Quality Development. *Sakhalin Media*. 07.05.2024. (In Russ.) URL: [http://vladivostok.china-consulate.gov.cn/rus/zlgdt\\_2/202405/t20240508\\_11301017.htm](http://vladivostok.china-consulate.gov.cn/rus/zlgdt_2/202405/t20240508_11301017.htm) (accessed: 01.06.2024).

Taleb N.N. (2009). *Black Swan. Under the sign of unpredictability*. Moscow: CoLibri, 525 p. (In Russ.)

Thom R. (2002). *Structural stability and morphogenesis*. Transl. from Engl. Moscow: Logos. 280 p. (In Russ.)

West J. (2018). *Scale: Universal laws of growth, innovation, sustainability and pace of life of organisms, cities, economic systems and companies*. Moscow: Azbuka-Business, Azbuka-Atticus. 512 p. (In Russ.)

Fufaev V.V. (2006). *Economic cenosis of organizations*. Moscow–Abakan. Center for systems research. 76 p. (In Russ.)

Khrennikov A. Yu. (2008). *Introduction to quantum information theory*. Moscow: Fizmatlit. 284 p., pp. 245–249 (In Russ.)

Chernikova I.V., Chernikova D.V. (2019). Methodological and structural transformations in the development of modern science. *Bulletin of Tomsk State University. Philosophy. Sociology. Political Science*, no. 49, pp. 60–68. (In Russ.) DOI: 10.17223/1998863X/49/7

Shing-Tung Yau, Nadis St. (2019). *Outline of Life. A Mathematician in Search of the Hidden Geometry of the Universe*. Moscow: Alpina Digital. 233 p. (In Russ.)

Bayerstadler A., Becquin G. et al. (2021). Industry quantum computing applications. *EPJ Quantum Technology*, no. 8, p. 25. DOI: 10.1140/epjqt/s40507-021-00114-x

Bettencourt L.M.A. (2013). The origins of scaling in cities. *Science*. Jun 21; no. 340(6139), pp. 1438–1441. DOI: 10.1126/science.1235823

Bonab A.B., Fedele M. et al. (2023). In complexity we trust: A systematic literature review of urban quantum technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 194, 122642. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122642

Broto V.C., Allen A. (2012). Rapport Interdisciplinary perspectives on urban metabolism. *Journal of Industrial Ecology*, no. 16, pp. 851–861. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00556

- Gamberini S.J., Rubin L. (2021). Quantum sensing's potential impacts on strategic deterrence and modern warfare. *Orbis*, no. 65(2), pp. 354–368. DOI: 10.1016/j.orbis.2021.03.012
- Gill S.S., Kumar A. et al. (2021). Quantum computing: A taxonomy, systematic review and future directions. *Software: Practice and Experience*, no. 52, pp. 66–114. DOI: 10.1002/spe.3039
- Huang M., Newman M., Szegedy A. (2020). Explicit lower bounds on strong quantum simulation. *IEEE Trans. Inf. Theory*, no. 66 (9), pp. 5585–560. DOI: 10.1109/TIT.2020.3004427
- Kaku M. (2023). *Quantum Supremacy. How the Quantum Computer Revolution Will Change Everything*. New York: Doubleday, 352 p. URL: <https://catalog.loc.gov/vwebv/search?searchCode=LCCN&searchArg=2022046826&searchType=1&permalink=y>
- Lyon D. (2010). Surveillance, power and everyday life. // P. Kalantzis-Cope, K. Gherab-Martin (Eds.). In: *Emerging Digital Spaces in Contemporary Society: Properties of Technology*. London (UK): Palgrave Macmillan, pp. 107–120. DOI: 10.1057/9780230299047\_18
- Macionis J., Parrillo V.N. (2017). *Cities and Urban Life*. Upper Saddle River (N.J.): Pearson/Prentice Hal. URL: <https://archive.org/details/citiesurbanlife00john/page/n5/mode/2up>
- Markna J., Palatia T. et al. (2023). Unveiling Advanced Computational Applications in Quantum Computing: A Comprehensive Review. *International Journal of Advanced Nano Computing and Analytics*, no. 2. DOI: 10.61797/ijanca.v2i2.284
- Ollitrault P.J., Miessen A., Tavernelli I. (2021). Molecular quantum dynamics: a quantum computing perspective. *Accounts of Chemical Research*, no. 54, pp. 4229–4238. DOI: 10.1021/acs.accounts.1c00514
- Peng Benhong, Nanjie Xu et al. (2024). Promoting green investment behavior in “belt and road” energy projects: A quantum game approach. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 204, 123416. DOI: 10.1016/j.techfore.2024.123416
- Petrova E., Tiunov E. et al. (2024). Fractal States of the Schwinger Model. *Physical Review Letters*. 132(5), 050401. DOI: 10.1103/PhysRevLett.132.050401
- Piacentini F., Adenier G. et al. (2015). Metrology for quantum communication. *IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, pp. 1–5. DOI: 10.1109/GLOCOMW.2015.7413960
- Qing Zhong, Jiahao Liang et al. (2023). Analysis of large-scale power quality monitoring data based on quantum clustering. *Electric Power Systems Research*, Volume 220, 109366. DOI: 10.1016/j.epsr.2023.109366.
- Raymer M., Monroe C. (2019). The US National Quantum Initiative. 2019. *Quantum Science and Technology*, 4, 020504. DOI: 10.1088/2058-9565/ab0441
- Sarah E. Th., Wagner L. (2024). Deterministic storage and retrieval of telecom light from a quantum dot single photon source interfaced with an atomic quantum memory. *Science Advances*, 12 Apr., vol. 10, is. 15. DOI: 10.1126/sciadv.adi7346
- Sigov A., Ratkin L., Ivanov L. (2022). Quantum information technologies. *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 28, 100365. DOI: 10.1016/j.jii.2022.100365
- Simon D.S., Jaeger G., Sergienko A.V. (eds.). (2017). *Quantum Metrology, Imaging, and Communication*. Hoboken: Springer International Publ., pp. 91–112. DOI: 10.1007/978-3-319-46551-7\_4
- Stanos S.P. (2017). National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). *Pain Medicine*, no. 18, pp. 1835–1836. DOI: 10.1093/pm/pnx224
- Tacchino F., Chiesa A. et al. (2019). Quantum computers as universal quantum simulators: state-of-the-art and perspectives. *Advanced Quantum Technologies*, December 19. DOI: 10.1002/qute.201900052
- Tanimura M. (2016). Descriptions of “Conceivable Governance” by Analogy with Physics: Innovating a Paradigm of “Quantum Urban Governance”. Response to “Parallel Habitats”. *Meijo Review*, November, vol. 17, no. 2, pp. 27–46. URL: [https://www.biz.meijo-u.ac.jp/SEBM/ronso/no10\\_2/03\\_TANIMURA.pdf](https://www.biz.meijo-u.ac.jp/SEBM/ronso/no10_2/03_TANIMURA.pdf)
- Vita Santa B., Caivano D. et al. (2024). Hybrid quantum architecture for smart city security. *Journal of Systems and Software*, vol. 217, 112161. DOI: 10.1016/j.jss.2024.112161
- Wendt A. (2015). *Quantum Mind and Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9781316005163
- Wolf R. (2017). The potential impact of quantum computers on society. *Ethics and Information Technology*, vol. 17, pp. 271–276. Dec. 19 (6). DOI: 10.1007/s10676-017-9439-z
- Yates S., Rice R.E. (Eds.). (2020). *The Oxford Handbook of Digital Technology and Society*. Oxford: Oxford University Press.
- Zomaya A. (2006). *Handbook of Nature-Inspired and Innovative Computing, Integrating Classical Models with Emerging Technologies*. New York (NY): Springer. DOI: 10.1007/0-387-27705-6